



**Wypracowanie metodologii oraz badanie stopnia dostosowania
wybranych przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia
czwarta fala rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0)**

Development of methodology and survey of the degree of adjustment
of selected enterprises to the economic requirements of the fourth wave
of the industrial revolution (Industry 4.0)

Numer ISSN:

Numer ISBN:



Unia Europejska
Fundusz Spójności





**Wypracowanie metodologii oraz badanie stopnia dostosowania
wybranych przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia
czwarta fala rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0)**

Development of methodology and survey of the degree of adjustment
of selected enterprises to the economic requirements of the fourth wave
of the industrial revolution (Industry 4.0)

Raport końcowy
Final Report

Główny Urząd Statystyczny Statistics Poland

Warszawa Warsaw 2020

Jednostka opracowująca raport

Report preparation

Centrum Badań i Edukacji Statystycznej GUS
Centre for Statistical Research and Education

Kierownik projektu

Research team supervisor

Magdalena Wegner

Zespół autorski

Editorial team

Mateusz Gumiński, Michał Huet, Mariola Kwiatkowska, Paweł Majda (Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki), Magdalena Orczykowska, Mirosław Pajor (Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki), Dominik Rozkrut

Prace redakcyjne

Editorial work

Elżbieta Klimaszewska

Skład i opracowanie graficzne

Typesetting and graphics

Maciej Rożek

Numer ISSN:

Numer ISBN:

Raport dostępny na <http://www.stat.gov.pl> Report available on <http://www.stat.gov.pl>

Przy publikowaniu danych GUS prosimy o podanie źródła

When publishing the Statistics Poland data – please indicate the source

Druk publikacji współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach projektu „Statystyka dla polityki spójności 2019–2020. Wsparcie systemu monitorowania i ewaluacji polityki spójności w perspektywie finansowej 2014–2020 oraz monitorowania i ewaluacji polityki spójności po 2020 r.”

Publication print co-financed by the European Union within the project "Statistics for Cohesion Policy 2019–2020. Support for the Monitoring System of Cohesion Policy in Financial Perspective 2014–2020 as well as Monitoring and Evaluation of Cohesion Policy after 2020"

Przedmowa

Dynamiczny rozwój technologii informacyjnych i komunikacyjnych oraz przełomowe innowacje w procesach technologicznych zapoczątkowały ideę czwartej rewolucji przemysłowej i koncepcję *Przemysłu 4.0*. Zastosowanie technologii sztucznej inteligencji, Internetu rzeczy, analizy dużych wolumenów danych (Big Data), czy też szybkiego prototypowania zrewolucjonizowały działalność produkcyjną.

Celem niniejszej pracy badawczej było opracowanie metodologii badania służącego ocenie stopnia dostosowania przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych czwartej rewolucji przemysłowej. Kolejnym celem badania było przetestowanie opracowanego podejścia badawczego oraz analiza zjawisk warunkujących postęp technologiczny wybranych przedsiębiorstw. W efekcie pozwoliło to na ocenę wyposażenia i zastosowania zaawansowanych technologii w przedsiębiorstwach oraz ich wpływu na badane jednostki.

Dyrektor
Urzędu Statystycznego
w Szczecinie



Magdalena Wegner

Warszawa, lipiec 2020 r.

Preface

The dynamic development of information and communication technologies and breakthrough innovations in technological processes have initiated the idea of the fourth industrial revolution and the concept of *Industry 4.0*. The use of artificial intelligence technology, the internet of things, the analysis of large data volumes (Big Data), or rapid prototyping have revolutionized production activity.

The purpose of this research work was to develop a methodology for a study to assess the degree of adaptation of enterprises to the economic requirements of the fourth industrial revolution. The next goal of the study was testing the developed research approach and to analyze phenomena conditioning the technological progress of selected enterprises. As a result, it is possible to evaluate the equipment and use of advanced technologies and how they influenced the surveyed enterprises.

Director
of the Statistical Office
in Szczecin



Magdalena Wegner

Warsaw, July 2020

Spis treści

Contents

Przedmowa	3
Preface.	4
Objaśnienia skrótów	11
Abbreviations	11
Objaśnienia znaków umownych	11
Symbols	11
Wstęp	13
Introduction.	15
Synteza	17
Executive summary.	19
1. Idea <i>Przemysłu 4.0</i>	21
1. Idea of <i>Industry 4.0</i>	21
1.1. Rys historyczny	21
1.1. Historical view.	21
1.2. Wyróżniki <i>Przemysłu 4.0</i>	23
1.2. Features of <i>Industry 4.0</i>	23
1.3. Trendy inteligentnej produkcji.	29
1.3. Trends of intelligent production.	29
1.4. Przyszłe perspektywy.	33
1.4. Future perspectives.	33
2. Metodologia badania	37
2. Survey methodology	37
2.1. Zakres czasowy, podmiotowy, przedmiotowy i terytorialny.	37
2.1. Time, unit, subject and territorial scope	37
2.2. Dobór jednostek	38
2.2. Unit selection	38
3. Analiza wyników badania pilotażowego	49
3. Analysis of pilot study results	49
3.1. Analiza krzyżowa zmiennych.	82
3.1. Cross analysis of variables.	82
4. Podsumowanie i rekomendacje	118
4. Summary and recommendations.	118
Spis załączników	120
List of annexes	120
Bibliografia	120
Bibliography.	120

Spis tablic

List of tables

Tablica 1.	Liczebność zbiorów wyodrębnionych w pierwszym etapie procesu doboru jednostek do badania.	39
Tablica 2.	Liczebność zbiorów z uwzględnieniem liczby pracujących, PKD oraz formy prawnej.	40
Tablica 3.	Procedura łączenia zbiorów utworzonych w pierwszym etapie procesu doboru jednostek do badania	41
Tablica 4.	Procedura łączenia zbiorów w drugim etapie procesu doboru jednostek do badania.	42
Tablica 5.	Liczebność zbiorów spełniających założone kryteria według działów składających się na sekcję C „Przetwórstwo przemysłowe” – podejście 1	43
Tablica 6.	Liczebność zbiorów spełniających założone kryteria według działów składających się na sekcję C „Przetwórstwo przemysłowe” – podejście 2.	44
Tablica 7.	Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według działów PKD	46
Tablica 8.	Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według szczególnych form prawnych.	47
Tablica 9.	Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według form własności	47
Tablica 10.	Przedsiębiorstwa wytwarzające ostateczny produkt oraz posiadające prawo własności do dokumentacji technologicznej według działów PKD	50
Tablica 11.	Przedsiębiorstwa korzystające z komponentów, podzespołów lub półproduktów według klas wielkości i działów PKD	51
Tablica 12.	Struktura organizacyjna przedsiębiorstw według posiadanych działów i województw.	56
Tablica 13.	Przedsiębiorstwa pozyskujące i dokonujące analiz danych typu Big Data według działów PKD	68
Tablica 14.	Przedsiębiorstwa wykorzystujące sztuczną inteligencję według działów PKD	72
Tablica 15.	Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom indywidualne komponowanie zamówienia według działów PKD	76
Tablica 16.	Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie <i>Przemysłu 4.0</i> według wykorzystania technologii <i>Przemysłu 4.0</i> – współwystępowanie technologii	82
Tablica 17.	Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie <i>Przemysłu 4.0</i> według pozycji w globalnym łańcuchu wartości	83
Tablica 18.	Przedsiębiorstwa znajdujące się na poszczególnych pozycjach w globalnym łańcuchu wartości według wykorzystanych technologii <i>Przemysłu 4.0</i>	86
Tablica 19.	Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie <i>Przemysłu 4.0</i> według udostępniania klientom możliwości komponowania indywidualnego zamówienia	87
Tablica 20.	Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie <i>Przemysłu 4.0</i> według działań ze zbioru obejmującego pełen cykl życia wyrobu realizowanych przez system ERP	87
Tablica 21.	Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie <i>Przemysłu 4.0</i> według produkcji maszyn i urządzeń	88
Tablica 22.	Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie <i>Przemysłu 4.0</i> według rodzajów zagrożeń wynikających z wykorzystywania tych technologii	89
Tablica 23.	Odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących daną technologię <i>Przemysłu 4.0</i> w określonym celu w relacji do przedsiębiorstw wykorzystujących daną technologię	91
Tablica 24.	Przedsiębiorstwa odnotowujące określone korzyści wynikające z zastosowania technologii <i>Przemysłu 4.0</i> w relacji do przedsiębiorstw wykorzystujących daną technologię	92

Tablica 25. Przedsiębiorstwa odnotowujące określone korzyści wynikające z zastosowania chmury obliczeniowej w relacji do przedsiębiorstw wykorzystujących chmurę obliczeniową w określonym celu.	93
Tablica 26. Przedsiębiorstwa odnotowujące określone korzyści wynikające z zastosowania Internetu rzeczy w relacji do przedsiębiorstw wykorzystujących Internet rzeczy w określonym celu	94
Tablica 27. Przedsiębiorstwa odnotowujące określone korzyści wynikające z zastosowania sztucznej inteligencji w relacji do przedsiębiorstw wykorzystujących sztuczną inteligencję w określonym celu.	94
Tablica 28. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom indywidualne komponowanie zamówienia według pozycji w globalnym łańcuchu wartości	101
Tablica 29. Przedsiębiorstwa realizujące poszczególne działania obejmujące cykl życia wyrobu poprzez system ERP według pozycji w globalnym łańcuchu wartości	105
Tablica 30. Przedsiębiorstwa realizujące poszczególne działania obejmujące cykl życia wyrobu poprzez system ERP według wykorzystania poszczególnych technologii <i>Przemysłu 4.0</i>	105
Tablica 31. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia według pozycji w globalnym łańcuchu wartości	108
Tablica 32. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia według wykorzystania poszczególnych technologii <i>Przemysłu 4.0</i>	109
Tablica 33. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów na technologie <i>Przemysłu 4.0</i> uległ zmianom według pozycji w globalnym łańcuchu wartości	111
Tablica 34. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów na technologie <i>Przemysłu 4.0</i> uległ zmianom według wykorzystania poszczególnych technologii <i>Przemysłu 4.0</i>	112
Tablica 35. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów na technologie <i>Przemysłu 4.0</i> uległ zmianom według umożliwiania klientom komponowania indywidualnego zamówienia	113
Tablica 36. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów na technologie <i>Przemysłu 4.0</i> uległ zmianom według produkcji maszyn i urządzeń	113

Spis wykresów

List of charts

Wykres 1. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według liczby pracujących	45
Wykres 2. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według podstawowej formy prawnej	46
Wykres 3. Przedsiębiorstwa będące poddostawcami/podwykonawcami części do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów według klas wielkości	53
Wykres 4. Przedsiębiorstwa będące poddostawcami/podwykonawcami części do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów według działów PKD	54
Wykres 5. Struktura organizacyjna przedsiębiorstw.	55
Wykres 6. Przedsiębiorstwa wykorzystujące technologie ERP i chmury obliczeniowej według klas wielkości	57
Wykres 7. Przedsiębiorstwa korzystające z chmury obliczeniowej według celu	59
Wykres 8. Przedsiębiorstwa odnoszące korzyści wynikające z zastosowania chmury obliczeniowej według rodzaju odniesionych korzyści.	59
Wykres 9. Przedsiębiorstwa, w których zaszyły zmiany kadrowe związane z zastosowaniem chmury obliczeniowej w określonych działach	60

Wykres 10. Przedsiębiorstwa, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów w związku z zastosowaniem chmury obliczeniowej	61
Wykres 11. Przedsiębiorstwa niekorzystające z chmury obliczeniowej z określonych powodów	61
Wykres 12. Przedsiębiorstwa wykorzystujące Internet rzeczy według klas wielkości	62
Wykres 13. Przedsiębiorstwa wykorzystujące Internet rzeczy według zastosowań	63
Wykres 14. Przedsiębiorstwa korzystające z Internetu rzeczy według celu	64
Wykres 15. Przedsiębiorstwa odnoszące korzyści wynikające z zastosowania Internetu rzeczy według rodzaju odniesionych korzyści.	64
Wykres 16. Przedsiębiorstwa, w których zaszły zmiany kadrowe związane z zastosowaniem Internetu rzeczy w określonych działach.	65
Wykres 17. Przedsiębiorstwa, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów w związku z zastosowaniem Internetu rzeczy	66
Wykres 18. Przedsiębiorstwa niekorzystające z Internetu rzeczy z określonych powodów	66
Wykres 19. Przedsiębiorstwa pozyskujące i dokonujące analiz danych typu Big Data według klas wielkości. . .	67
Wykres 20. Przedsiębiorstwa pozyskujące dane typu Big Data według rodzajów danych.	69
Wykres 21. Przedsiębiorstwa odnoszące korzyści wynikające z zastosowania analiz danych typu Big Data według rodzaju odniesionych korzyści	70
Wykres 22. Przedsiębiorstwa, w których zaszły zmiany kadrowe związane z wykonywaniem analiz danych typu Big Data w określonych działach	70
Wykres 23. Przedsiębiorstwa, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów w związku z wykonywaniem analiz danych typu Big Data	71
Wykres 24. Przedsiębiorstwa niewykonyujące analiz danych typu Big Data z określonych powodów.	71
Wykres 25. Przedsiębiorstwa wykorzystujące sztuczną inteligencję	72
Wykres 26. Przedsiębiorstwa korzystające ze sztucznej inteligencji według celu	73
Wykres 27. Przedsiębiorstwa odnoszące korzyści wynikające z wykorzystania sztucznej inteligencji według rodzaju odniesionych korzyści.	73
Wykres 28. Przedsiębiorstwa, w których zaszły zmiany kadrowe związane z wykorzystaniem sztucznej inteligencji w określonych działach.	74
Wykres 29. Przedsiębiorstwa, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów w związku z wykorzystaniem sztucznej inteligencji	75
Wykres 30. Przedsiębiorstwa niewykorzystujące sztucznej inteligencji z określonych powodów	75
Wykres 31. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom składanie indywidualnie komponowanego zamówienia według klas wielkości.	76
Wykres 32. Przedsiębiorstwa, których system ERP realizuje określone działania obejmujące cykl życia wyrobu	78
Wykres 33. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia	78
Wykres 34. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia według funkcjonalności	79
Wykres 35. Przedsiębiorstwa według zmiany poziomu nakładów związanych z wdrażaniem/utrzymaniem/rozbudową technologii Przemysłu 4.0 w ciągu 2 lat poprzedzających datę badania	80
Wykres 36. Przedsiębiorstwa identyfikujące zagrożenia wynikające z wykorzystania technologii Przemysłu 4.0 według klas wielkości.	80
Wykres 37. Przedsiębiorstwa według oceny poziomu pozycji konkurencyjnej w przedsiębiorstwach	81
Wykres 38. Przedsiębiorstwa planujące w ciągu najbliższych 2 lat inwestować i/lub kształcić wysoko wykwalifikowane zasoby ludzkie	81

Wykres 39. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie <i>Przemysłu 4.0</i>	82
Wykres 40. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie <i>Przemysłu 4.0</i> według liczby posiadanych działów w strukturze organizacyjnej	84
Wykres 41. Struktura przedsiębiorstw według liczby posiadanych działów w strukturze organizacyjnej	85
Wykres 42. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie <i>Przemysłu 4.0</i> według liczby cech produkowanych maszyn	88
Wykres 43. Struktura przedsiębiorstw według liczby cech produkowanych maszyn.	89
Wykres 44. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie według oceny konkurencyjności na rynku w skali kraju	90
Wykres 45. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie według oceny konkurencyjności na rynku w skali świata.	90
Wykres 46. Struktura przedsiębiorstw według zmian kadrowych	95
Wykres 47. Przedsiębiorstwa według zmian kadrowych	96
Wykres 48. Przedsiębiorstwa, w których zaszyły poszczególne zmiany kadrowe	96
Wykres 49. Przedsiębiorstwa, w których zaszyły poszczególne zmiany kadrowe według czasu wdrożenia danej technologii	97
Wykres 50. Powody niekorzystania przedsiębiorstw z poszczególnych technologii <i>Przemysłu 4.0</i>	98
Wykres 51. Powody niekorzystania przedsiębiorstw z chmury obliczeniowej według poszczególnych rodzajów zagrożeń wynikających z wykorzystania technologii <i>Przemysłu 4.0</i>	99
Wykres 52. Powody niekorzystania przedsiębiorstw z Internetu rzeczy według poszczególnych rodzajów zagrożeń wynikających z wykorzystania technologii <i>Przemysłu 4.0</i>	99
Wykres 53. Powody niedokonywania przez przedsiębiorstwa analiz danych typu Big Data według poszczególnych rodzajów zagrożeń wynikających z wykorzystania technologii <i>Przemysłu 4.0</i>	100
Wykres 54. Powody niekorzystania przedsiębiorstw ze sztucznej inteligencji według poszczególnych rodzajów zagrożeń wynikających z wykorzystania technologii <i>Przemysłu 4.0</i>	100
Wykres 55. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom indywidualne komponowanie zamówienia według wykorzystania poszczególnych technologii <i>Przemysłu 4.0</i>	102
Wykres 56. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom indywidualne komponowanie zamówienia według oceny konkurencyjności na rynku w skali kraju	103
Wykres 57. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom indywidualne komponowanie zamówienia według oceny konkurencyjności na rynku w skali świata	104
Wykres 58. Przedsiębiorstwa, których system ERP realizuje poszczególne działania obejmujące cykl życia wyrobu według oceny konkurencyjności na rynku w skali kraju	106
Wykres 59. Przedsiębiorstwa, których system ERP realizuje poszczególne działania obejmujące cykl życia wyrobu według oceny konkurencyjności na rynku w skali świata	107
Wykres 60. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia wraz z ich funkcjonalnościami według oceny konkurencyjności na rynku w skali kraju	110
Wykres 61. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia wraz z ich funkcjonalnościami według oceny konkurencyjności na rynku w skali świata	110
Wykres 62. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów związanych z wdrażaniem/utrzymaniem/rozbudową technologii <i>Przemysłu 4.0</i> w ciągu 2 lat poprzedzających datę badania uległ zmianom według oceny konkurencyjności na rynku w skali kraju	114
Wykres 63. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów związanych z wdrażaniem/utrzymaniem/rozbudową technologii <i>Przemysłu 4.0</i> w ciągu 2 lat poprzedzających datę badania uległ zmianom według oceny konkurencyjności na rynku w skali świata	114

Wykres 64. Średnia ocena konkurencyjności przedsiębiorstw istotnych dla <i>Przemysłu 4.0</i> na rynku według pozycji przedsiębiorstw w globalnym łańcuchu wartości	115
Wykres 65. Średnia ocena konkurencyjności przedsiębiorstw istotnych dla <i>Przemysłu 4.0</i> na rynku według wykorzystania poszczególnych technologii <i>Przemysłu 4.0</i>	116
Wykres 66. Średnia ocena konkurencyjności przedsiębiorstw istotnych dla <i>Przemysłu 4.0</i> na rynku według umożliwiania klientom indywidualnego komponowania zamówienia	116
Wykres 67. Średnia ocena konkurencyjności przedsiębiorstw istotnych dla <i>Przemysłu 4.0</i> na rynku według produkcji maszyn i urządzeń wraz z ich funkcjonalnościami	117
Wykres 68. Średnia ocena konkurencyjności przedsiębiorstw istotnych dla <i>Przemysłu 4.0</i> na rynku według zmian poziomu nakładów związanych z wdrażaniem/utrzymaniem/rozbudową technologii <i>Przemysłu 4.0</i> w ciągu 2 lat poprzedzających datę badania	117

Spis map

List of maps

Mapa 1. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według województw	48
Mapa 2. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według makroregionów (według NUTS 2016 – poziom 1)	48
Mapa 3. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według regionów (według NUTS 2016 – poziom 2)	49
Mapa 4. Przedsiębiorstwa wytwarzające ostateczny produkt według województw.	50
Mapa 5. Przedsiębiorstwa posiadające prawo własności do dokumentacji technologicznej według województw	51
Mapa 6. Przedsiębiorstwa będące poddostawcami/podwykonawcami części do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów według województw	55
Mapa 7. Przedsiębiorstwa wykorzystujące technologie ERP według województw	57
Mapa 8. Przedsiębiorstwa wykorzystujące chmurę obliczeniową według województw	58
Mapa 9. Przedsiębiorstwa niekorzystające z chmury obliczeniowej według województw	62
Mapa 10. Przedsiębiorstwa wykorzystujące Internet rzeczy według województw	63
Mapa 11. Przedsiębiorstwa niekorzystające z Internetu rzeczy według województw	67
Mapa 12. Przedsiębiorstwa pozyskujące dane typu Big Data według województw	68
Mapa 13. Przedsiębiorstwa dokonujące analiz danych typu Big Data według województw.	69
Mapa 14. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom składanie indywidualnie komponowanego zamówienia według województw	77
Mapa 15. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia według województw	79

Spis rysunków

List of pictures

Rysunek 1. Kolejne rewolucje przemysłowe gwałtownie zmieniające relacje społeczno-gospodarcze	21
Rysunek 2. Ramy <i>Przemysłu 4.0</i> IMS	34

Objaśnienia skrótów

Abbreviations

Skrót Abbreviation	Znaczenie Meaning
AGV	Pojazd autonomiczny Automatic Guided Vehicle
AI	Sztuczna inteligencja Artificial Intelligence
ANN	Sztuczne sieci neuronowe Artificial neural networks
AR	Rzeczywistość rozszerzona Augmented Reality
BDA	Analiza dużych zbiorów danych Big Data Analytics
CAD	Komputerowo wspomagane projektowanie Computer Aided Design
CAE	Inżynieria wspomagana komputerowo Computer Aided Engineering
CAM	Komputerowe wspomaganie wytwarzania Computer Aided Manufacturing
CNC	Komputerowe sterowanie numeryczne Computerized Numerical Control
CPS	System cyberfizyczny Cyber-Physical Systems
ERP	Oprogramowanie służące do planowania zasobów przedsiębiorstwa Enterprise Resource Planning Software
FL	Logika rozmyta Fuzzy Logic
FOF	Fabryka przyszłości Factory of the Future
GE	Algorytmy genetyczne Genetics Algorithm

Skrót Abbreviation	Znaczenie Meaning
ICT	Technologie informacyjne i komunikacyjne Information and Communications Technology
IMS	Inteligentny system produkcyjny Intelligent Manufacturing System
IoT	Internet rzeczy Internet of Things
IIC	Konsorcjum Internetu Przemysłowego Industrial Internet Consortium
IIoT	Przemysłowy Internet rzeczy Industrial Internet of Things
IT	Technologia informacyjna Information Technology
IVC	Przemysłowy łańcuch wartości Industrial Value Chain
ML	Uczenie maszynowe Machine Learning
OPC	Otwarty standard komunikacyjny OLE for Process Control
PKD	Polska Klasyfikacja Działalności Polish Classification of Activities
PLC	Programowalny sterownik logiczny Programmable Logic Controller
RFID	System identyfikacji radiowej Radio-Frequency Identification
VR	Rzeczywistość wirtualna Virtual Reality

Objaśnienia znaków umownych

Symbols

Symbol Symbol	Opis Description
Kreska (-)	zjawisko nie wystąpiło magnitude zero
Zero (0)	zjawisko istniało w wielkości mniejszej od 0,5 magnitude not zero, but less than 0,5 of a unit
(0,0)	zjawisko istniało w wielkości mniejszej od 0,05 magnitude not zero, but less than 0,05 of a unit
p.	punkt point

Wstęp

Niniejszy dokument jest raportem końcowym stanowiącym podsumowanie pierwszego oraz drugiego etapu pracy badawczej *Wypracowanie metodologii oraz badanie stopnia dostosowania wybranych przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia czwarta fala rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0)* realizowanej w ramach projektu *Statystyka dla polityki spójności 2019–2020. Wsparcie systemu monitorowania i ewaluacji polityki spójności w perspektywie finansowej 2014–2020 oraz monitorowania i ewaluacji polityki spójności po 2020 r.* współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014–2020.

Pierwszym celem badania jest opracowanie metodologii badania statystycznego służącego ocenie stanu dostosowania przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia czwarta fala rewolucji przemysłowej, a w szczególności pozyskanie informacji na temat:

- wykorzystania zaawansowanych technologii,
- zakresu realizacji nowych koncepcji związanych ze zjawiskiem *Przemysłu 4.0*,
- zmian w strukturze zatrudnienia,
- widocznych korzyści z wprowadzonych zmian,
- planów na przyszłość przedsiębiorców.

Drugim celem badania będzie przetestowanie opracowanego podejścia badawczego oraz analiza zjawisk warunkujących postęp technologiczny wybranych przedsiębiorstw, w szczególności wdrażanie, wykorzystanie i rozwój zaawansowanych technologii, cele i bariery wykorzystania zaawansowanych technologii, nakłady inwestycyjne, innowacje, strategie biznesowe, bezpieczeństwo cybernetyczne.

Dzięki postępowi w przemyśle, technologii i aplikacjach przemysłowych w minionych latach pojawiły się nowe koncepcje w procesie produkcji związane z czwartą falą rewolucji przemysłowej, zwanej dalej *Przemysłem 4.0*. Chociaż *Przemysł 4.0* jest obecnie głównym priorytetem dla wielu przedsiębiorstw, ośrodków badawczych i uniwersytetów, ogólnie przyjęte rozumienie tego pojęcia nie istnieje¹, a kryteria osiągnięć tej rewolucji przemysłowej nie są jednoznacznie określone. Ponadto poziom technologiczny, którym powinno charakteryzować się przedsiębiorstwo stosujące rozwiązania z zakresu *Przemysłu 4.0*, nadal nie jest precyzyjnie określony zarówno w przemyśle, jak i w ośrodkach naukowych.

Technologie informatyczne zaadoptowane na grunt automatyki przemysłowej wyznaczyły nowe kierunki rozwoju: środków produkcji, technologii wytwarzania oraz metod zarządzania procesami produkcyjnymi. Podłączenie maszyn wytwórczych do globalnych sieci komputerowych otworzyło nowe możliwości bezpośredniego włączenia w szeroko pojęty proces wytwarzania dóbr konsumpcyjnych nowych grup zawodowych (konstruktorów, technologów, dostawców surowców i materiałów, podwykonawców komponentów, dystrybutorów, logistyków, serwisantów) oraz bezpośrednich konsumentów, do których adresowany jest produkt. Poszczególne grupy mają różne poziomy oddziaływania na procesy produkcyjne. Powyższe zmiany wywołane są przemianami społecznymi oraz ekonomicznymi. Do głównych zmian społecznych zalicza się powszechny dostęp do globalnej sieci internetowej i szybko wzrastającą liczbę jej użytkowników. W zakresie ekonomii następuje bardzo silny wzrost konkurencyjności, co mocno stymuluje wdrażanie innowacyjnych rozwiązań produktów i technologii produkcyjnych z obszarów „technologii zaawansowanych”. Zmieniają się również oczekiwania grupy konsumenckiej, ze szczególnym naciskiem na indywidualizację dóbr konsumpcyjnych i ich dopasowania do upodobań pojedynczych konsumentów.

W powszechnie dostępnych źródłach wiedzy na temat *Przemysłu 4.0* brak jest badania, które dostarcza kompleksowych informacji dotyczących jego wpływu na przedsiębiorstwa. Jednocześnie na poziomie statystyki polskiej i europejskiej do tej pory nie wypracowano metodologii pomiaru stopnia dostosowania przedsiębiorstw

¹ Hermann M., T. Pentek, B. Otto, Design principles for Industrie 4.0 scenarios, 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (2016), str. 3928-3937.

do wymogów *Przemysłu 4.0*. Ponadto podejście przedsiębiorstw do zmieniającej się rzeczywistości gospodarczej stanowi wciąż obszar nieznany. Koniecznym jest podjęcie zadania konceptualizacji badania tego obszaru i w efekcie opracowanie rekomendacji metodologicznych oraz wykonanie badania pilotażowego pomiaru stopnia dostosowania przedsiębiorstw do wymogów nowoczesnej gospodarki dla potrzeb polskiej statystyki publicznej.

Raport końcowy składa się z czterech rozdziałów. W rozdziale pierwszym przedstawiono rys historyczny, wyróżniono technologie charakterystyczne dla *Przemysłu 4.0*, przybliżono również międzynarodowe trendy związane z tzw. inteligentną produkcją oraz przedstawiono przyszłe perspektywy. Rozdział drugi zawiera opis metodologii badania pilotażowego. W rozdziale trzecim zaprezentowano analizę wyników badania pilotażowego. Rozdział czwarty zawiera najważniejsze konkluzje z przeprowadzonej pracy badawczej oraz rekomendacje do dalszych działań dla statystyki publicznej. Nieodłączną częścią opracowania jest zestaw tablic wynikowych zawierających wskaźniki pozyskane w rezultacie przeprowadzonego badania (załącznik 6). Uzupełnienie opracowania stanowi formularz badawczy (załącznik 1) oraz słownik pojęć (załącznik 2).

Introduction

This document is an final report summarizing the first and second stage of the research work entitled *Development of methodology and examination of the degree of adjustment of selected enterprises to economic requirements set by the fourth wave of the industrial revolution (Industry 4.0)* implemented as part of the project *Support of monitoring cohesion policy in financial perspective 2014–2020 as well as programming and monitoring cohesion policy after 2020*, co-financed by European Union with funds of Operational Program Technical Assistance 2014–2020.

Development of the statistical survey methodology to assess the state of enterprises adjustment to the economic requirements of the fourth wave of the industrial revolution, is the first goal of the study aiming to obtain information on:

- use of advanced technologies,
- the scope of implementation of new concepts related to the Industry 4.0 phenomenon,
- changes in the employment structure,
- visible benefits of the introduced changes,
- plans for the future of entrepreneurs.

The second goal will be to test the developed research approach and to analyze determinants of the technological progress of selected enterprises, mainly: implementation, use and development of advanced technology, gross domestic expenditures, innovations, business strategies and cyber security.

Thanks to the progress in industry, technology and industrial applications, many new concepts in production have emerged over the years. To stress the new industrial revolution, the term Industry 4.0 was adopted. Although Industry 4.0 is currently the main priority for many companies, research centers and universities, the generally accepted understanding of this term does not exist. Criteria for the achievements of this industrial revolution are still uncertain. In addition, the technological level that should be characterized by a company that uses the Industry 4.0 solutions is still not clearly formulated in industry or research centers.

IT technologies adopted on the ground of industrial automation have set new development directions of: production means, production technology and production process management methods. The connection of manufacturing machines to global computer networks has opened new opportunities for direct inclusion in the broadly understood process of manufacturing consumer goods new professions such as: constructors, technologists, suppliers of raw materials and materials, component subcontractors, distributors, logistics, service technicians and direct consumers to whom the product is addressed. Individual groups have different levels of impact on production processes. The above changes are caused by social and economic changes. The main social changes include universal access to the global Internet network and a rapidly growing number of users of this network. In terms of economy, there is a very strong increase in competitiveness, which strongly stimulates the implementation of innovative solutions of products and production technologies from the areas of "advanced technologies". The expectations of a consumer group are also changing, with particular emphasis on the individualization of consumer goods and their adjustment to the preferences of individual consumers.

There is no research available in commonly available sources of knowledge about Industry 4.0, which provides comprehensive information on its impact on enterprises. At the same time, so far no methodology has been developed to measure the phenomenon of Industry 4.0 at the level of Polish and European statistics. Moreover, the approach of enterprises to the changing economic reality is still unknown. It is necessary to undertake the task of conceptualizing the study of this area and, as a result, to develop a recommendation and to carry out a pilot survey measuring the degree of adjustment of enterprises to the requirements of modern economy for the purpose of Polish official statistics.

The final report consists of four chapters. The first chapter presents a historical outline, distinguished technologies specific to Industry 4.0. International trends related to the so-called intelligent production and future perspectives. Chapter Two describes the methodology of the pilot study. The third chapter presents the analysis of the results of the pilot study. Chapter four contains the most important conclusions from the research work carried out and recommendations for further actions for official statistics. An inseparable part of the study is a set of result tables containing indicators obtained as a result of the tests (Annex 6). The study is supplemented with a research form (Annex 1) and a glossary of terms (Annex 2).

Synteza

Niniejsza praca badawcza *Wypracowanie metodologii oraz badanie stopnia dostosowania wybranych przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia czwarta fala rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0)* miała za zadanie osiągnięcie dwóch celów. Jednym z nich było opracowanie metodologii badania statystycznego służącego ocenie stanu dostosowania przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia czwarta fala rewolucji przemysłowej, a w szczególności pozyskanie informacji na temat:

- wykorzystania zaawansowanych technologii,
- zakresu realizacji nowych koncepcji związanych ze zjawiskiem *Przemysłu 4.0*,
- zmian w strukturze zatrudnienia,
- widocznych korzyści z wprowadzonych zmian,
- planów na przyszłość przedsiębiorców.

Drugim celem było przetestowanie opracowanego podejścia badawczego oraz analiza zjawisk warunkujących postęp technologiczny. Testowanie odbyło się poprzez wykorzystanie formularza badawczego na celowo dobranej grupie przedsiębiorstw. Oba cele zostały zrealizowane.

Pracę badawczą podzielono na dwa etapy. Prace metodologiczne wykonane w ramach realizacji etapu pierwszego polegały na wyodrębnieniu cech charakterystycznych dla *Przemysłu 4.0*, przeglądzie trendów międzynarodowych w zakresie inteligentnej produkcji, przedstawieniu perspektyw rozwoju przemysłu w przyszłości oraz rozpoznaniu branż, w których czwarta rewolucja przemysłowa ma potencjał do rozwoju. Realizacja tych zadań odbyła się przy współpracy pracowników naukowych Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego posiadających wiedzę i praktyczne doświadczenie w kwestii analizowanych zagadnień. Rezultatem prac metodologicznych był opracowany zakres przedmiotowy formularza badawczego. Przy definiowaniu zakresu podmiotowego oprócz rekomendacji pracowników naukowych Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego wykorzystano także informacje zawarte w źródłach danych będących w posiadaniu Głównego Urzędu Statystycznego. Badaniem pilotażowym objęto 5515 przedsiębiorstw zlokalizowanych na terytorium całej Polski. Większość pytań w formularzu odnosiła się do 2019 r.

Drugi etap związany był z realizacją badania pilotażowego i analizą jego wyników. Proces zbierania danych przeprowadzono z wykorzystaniem formularza elektronicznego off-line. Udział w badaniu nie był obowiązkowy. Z pozyskanych danych wynikało, że:

- 58,3% badanych przedsiębiorstw wykorzystywało co najmniej jedną z technologii takich jak: chmura obliczeniowa, Internet rzeczy, analiza danych typu Big Data, sztuczna inteligencja, przy czym najczęściej wykorzystywaną technologią był Internet rzeczy (43,2% badanych przedsiębiorstw);
- powody wykorzystania technologii były uzależnione od ich rodzaju. Chmurę obliczeniową wykorzystywano najczęściej w celu podniesienia bezpieczeństwa (57,8% spośród przedsiębiorstw wykorzystujących chmurę). Wykorzystanie rozwiązań Internetu rzeczy głównie służyło integracji procesów wewnątrz przedsiębiorstwa (dla 53,3% spośród przedsiębiorstw wykorzystujących Internet rzeczy). Zastosowanie rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji przeważnie miało na celu podniesienie wydajności produkcji (65,4% spośród przedsiębiorstw wykorzystujących sztuczną inteligencję);
- najczęściej jako powód niekorzystania z opisywanych technologii podawano brak potrzeby. Odsetek przedsiębiorstw wskazujących ten powód oscylował na poziomie 70% niezależnie od rodzaju technologii;

- spośród podmiotów korzystających z co najmniej jednej technologii zaledwie 18,5% deklarowało wpływ jej zastosowania na stan zatrudnienia, przy czym 6,2% wykazało redukcję liczby etatów, 9,2% – wzrost liczby etatów, a 8,5% – zatrudnienie nowych wysoko wykwalifikowanych specjalistów. Zjawisko wzrostu liczby etatów oraz zatrudniania wysoko wykwalifikowanych specjalistów występowało najczęściej w przedsiębiorstwach prowadzących analizy Big Data (12,3% spośród przedsiębiorstw prowadzących analizy Big Data);
- składanie klientom indywidualnie komponowanego zamówienia poprzez stronę internetową lub aplikację umożliwiło 17,5% badanych przedsiębiorstw, 4,0% przedsiębiorstw udostępniało wizualizację indywidualnie zamawianego wyrobu, a 3,7% oferowało śledzenie zamówienia on-line;
- w linii produkcyjnej przetwarzające indywidualnie komponowane zamówienia bez udziału człowieka wyposażonych było 2,0% badanych przedsiębiorstw, natomiast 0,4% posiadało linię produkcyjną, na której zbrojenie maszyn w celu realizacji indywidualnie komponowanego zamówienia w trybie produkcji seryjnej odbywało się bez udziału człowieka;
- spośród badanych przedsiębiorstw 16,1% produkowało maszyny i urządzenia, w tym 2,2% maszyny lub urządzenia wyposażone w interfejs wykorzystujący technologie rozszerzonej czy wirtualnej rzeczywistości;
- większość badanych jednostek (47,4%) wskazała, że poziom nakładów na inwestycje związane z technologiami charakterystycznymi dla *Przemysłu 4.0* pozostał w ciągu ostatnich 2 lat na podobnym poziomie. Zwiększenie poziomu nakładów deklarowało 28,3% przedsiębiorstw, a 2,4% ich redukcję;
- Wśród badanych przedsiębiorstw swoją pozycję konkurencyjną wyżej oceniali przedsiębiorstwa korzystające z technologii *Przemysłu 4.0*.

Ze względu na ograniczony budżet pracy badawczej przeprowadzenie badania reprezentatywnego nie było możliwe. Pozyskane w ramach badania pilotażowego dane nie stanowią podstawy do wnioskowania na temat całej populacji przedsiębiorstw. Przedstawiają jednak obraz potencjału, jaki drzemie w branżach kluczowych dla rozwoju *Przemysłu 4.0*. Na ich podstawie można dokonać analizy współzależności badanych zjawisk. Opracowana metodologia może stanowić podstawę konceptualizacji dalszych badań. Modułowy charakter zdefiniowanych zagadnień pozwala na ich dalsze wykorzystanie w różnych kombinacjach i w różnych domenach statystycznych, a po odpowiednim dostosowaniu wypracowany formularz może być również zastosowany do badania przedsiębiorstw spoza sektora przemysłu. Sektor przemysłu jest „sercem” czwartej rewolucji przemysłowej, jednak prawdziwa zmiana jakościowa wynikająca z zastosowania technologii *Przemysłu 4.0* uwidacznia się dopiero podczas horyzontalnej współpracy pomiędzy sektorem przemysłu, a sektorem usług.

Executive summary

This research work *Developing a methodology and examining the degree of adaptation of selected enterprises to economic requirements set by the fourth wave of the industrial revolution (Industry 4.0)* was aimed at achieving two goals. One of them was the development of a statistical survey methodology to assess the state of adaptation of enterprises to economic requirements posed by the fourth wave of the industrial revolution, and in particular to obtain information on:

- the use of advanced technologies,
- the scope of implementation of new concepts related to the phenomenon of Industry 4.0,
- changes in the employment structure,
- visible benefits of the changes introduced,
- plans for the future of entrepreneurs.

The second goal was to test the developed research approach and to analyze phenomena conditioning technological progress. Testing took place through the use of a research form on a purposely selected group of companies. Both goals have been achieved.

The research work was divided into two stages. The methodological work carried out as part of the implementation of the first stage consisted in recognizing the characteristics of Industry 4.0, reviewing international trends in the field of intelligent production, presenting prospects for industrial development in the future and identifying activities in which the fourth industrial revolution has the potential to develop. The implementation of these tasks was carried out in cooperation with academic staff of the West Pomeranian University of Technology who have knowledge and practical experience in the issues analyzed. The result of the methodological work was the scope of the research form developed. While defining group of enterprises to participate in the study, in addition to the recommendations of scientific employees of the West Pomeranian University of Technology, information contained in data sources held by the National Statistical Institute was also used. The pilot survey covered 5,515 enterprises located throughout Poland. Most of the questions on the form referred to 2019.

The second stage was related to the implementation of the pilot survey and analysis of its results. The data collection process was carried out using an off-line electronic form. Participation in the survey was not mandatory. The obtained data showed that:

- 58.3% of the surveyed enterprises used at least one of the technologies such as cloud computing, the Internet of Things, Big Data analysis, artificial intelligence, with the Internet of Things being the most frequently used technology (43.2% of the surveyed enterprises);
- the reasons for using the technology depended on their type. Cloud computing was most often used to increase security (57.8% of enterprises using the cloud). The use of Internet of Things solutions mainly served to integrate processes within the enterprise (for 53.3% of enterprises using the Internet of Things). The use of solutions based on artificial intelligence was usually aimed at increasing production efficiency (65.4% from enterprises using artificial intelligence);
- most often, “not needed” was given as a reason for not using the described technologies. The percentage of enterprises indicating this reason was around 70% regardless of the type of technology;
- among entities using at least one technology, only 18.5% declared the impact of its application on the employment level, where 6.2% showed reduction of employment, 9.2% – an increase of employment, and 8.5% – employment of highly qualified specialists. The phenomenon of the increase in the total employment and the employment of highly qualified specialists occurred most often in enterprises conducting Big Data analyzes (12.3% among enterprises conducting Big Data analyzes);

- 17.5% of enterprises surveyed made it possible to place clients individually composed orders via a website or application, 4.0% of enterprises provided visualization of individually ordered products, and 3.7% offered on-line order tracking;
- 2.0% of the surveyed enterprises were equipped with production lines processing individually composed orders without human intervention, while 0.4% had a production line on which the machine was reinforced in order to carry out individually composed orders in the series production mode without human intervention;
- among the surveyed enterprises, 16.1% produced machines and devices, including 2.2% of machines or devices equipped with an interface using augmented or virtual reality technologies;
- the majority of the surveyed entities (47.4%) indicated that the level of expenditure on investments related to technologies specific to Industry 4.0 remained at a similar level over the past two years. An increase in the level of outlays was declared by 28.3% of enterprises, and 2.4% their reduction;
- Among the surveyed enterprises, enterprises using Industry 4.0 technology rated their competitive position higher.

Due to the limited budget of the research work, a representative survey was not possible. Data obtained as part of the pilot study do not constitute grounds for inferences about the entire population of enterprises. However, they present a picture of the potential that lies in key industries for the development of Industry 4.0. On their basis, it is possible to analyze the correlations. The developed methodology may be the basis for the conceptualization of further research. The modular nature of the defined issues allows their further use in various combinations and in various statistical domains, and after appropriate adjustment, the developed form can also be used to survey enterprises from outside the industry sector. The industry sector is the "heart" of the fourth industrial revolution, but the real qualitative change resulting from the application of Industry 4.0 technology is only evident in the horizontal cooperation between the industry sector and the service sector.

1. Idea Przemysłu 4.0

1. Idea of Industry 4.0

Wyróżniki technologiczne to odkrycia i nowe technologie, które uważa się za kluczowe dla zapoczątkowania określonej rewolucji przemysłowej. W pierwszej rewolucji technologicznej takim wyróżnikiem było skonstruowanie maszyny parowej, w drugiej – zbudowanie silnika elektrycznego i odkrycia w dziedzinie elektryczności. W trzeciej rewolucji przemysłowej jako jeden z wyróżników przyjęto skonstruowanie programowalnego sterownika logicznego (PLC). Czwarta rewolucja przemysłowa ma również swoje wyróżniki. Kontrola poziomu zastosowania technologii traktowanych jako wyróżniki technologiczne może posłużyć jako wskaźnik do oceny stopnia zaawansowania przemian technologicznych zachodzących w ramach rewolucji przemysłowej *Przemysł 4.0*.

1.1. Rys historyczny

1.1. Historical view

Rozwój ludzkości jest bezpośrednio powiązany z rozwojem środków produkcji. Produkcja dóbr konsumpcyjnych bezpośrednio stymuluje proces osiągania kolejnych poziomów rozwoju cywilizacyjnego ludzkości i jest źródłem wielu przemian społeczno-gospodarczych. W dotychczasowej historii przemysłu wprowadzenie nowych technologii już trzykrotnie spowodowało fundamentalne zmiany społeczno-gospodarcze. Na rysunku 1 przedstawiono kolejne przemiany w obszarze produkcji, które przyjęto nazywać rewolucjami przemysłowymi z uwagi na zainicjowanie procesów gwałtownych przemian społeczno-gospodarczych.



Rysunek 1. Kolejne rewolucje przemysłowe gwałtownie zmieniające relacje społeczno-gospodarcze.

Źródło: opracowanie własne.

Rozwój procesów produkcyjnych jest bezpośrednio powiązany z ilością energii, jaką człowiek jest w stanie zaangażować w proces produkcyjny. Ilość zaangażowanej energii wpływa na wydajność procesu produkcyjnego, co przekłada się na koszty produkcji oraz na dostępność wytwarzanych dóbr konsumpcyjnych. W czasach przedprzemysłowych (oznaczonych na rysunku 1 ikoną *Przemysł 0.0*) wytwarzanie dóbr konsumpcyjnych było realizowane ręcznie w sposób rzemieślniczy. Wydajność takiej produkcji była niewielka, a ceny wyrobów wysokie, co ograniczało powszechność ich dostępu.

Przemysł 1.0 – pierwsza rewolucja przemysłowa

Przyjmuje się, że pierwsza rewolucja przemysłowa nastąpiła pod koniec XVIII wieku. Zapoczątkowało ją wynalezienie maszyny parowej. Maszyna parowa umożliwiła zaangażowanie znacznej energii w proces produkcyjny. Była to tzw. era mechanizacji, w której jako napędy stosowano silniki parowe, a sterowanie maszynami odbywało się drogą mechaniczną (zwykle z zastosowaniem mechanizmów krzywkowych). W okresie tym nastąpił silny rozwój przemysłu tekstylnego.

Przemysł 2.0 – druga rewolucja przemysłowa

Druga rewolucja przemysłowa dokonała się na przełomie XIX i XX wieku. Zapoczątkowały ją odkrycia w dziedzinie elektryczności. Była to era elektryfikacji, gdzie silniki elektryczne wyparły silniki parowe i zapewniły większą wydajność procesów produkcyjnych. Po raz pierwszy zastosowano produkcję seryjną na linii produkcyjnej. Nastąpił rozwój przemysłu motoryzacyjnego, a sukcesy odnosił Henry Ford. Pojawiło się sterowanie z zastosowaniem kart perforowanych.

Przemysł 3.0 – trzecia rewolucja przemysłowa

Lata siedemdziesiąte XX wieku były początkiem trzeciej rewolucji przemysłowej. Przyjmuje się, że pojawienie się programowalnych układów logicznych było początkiem powyższych przemian. Była to era automatyzacji, gdzie na liniach produkcyjnych pojawiły się roboty przemysłowe. Do sterowania maszyn zastosowano mikrokontrolery, wzrósł poziom automatyzacji produkcji. Pojawiły się systemy IT do planowania i kontroli produkcji.

Przemysł 4.0 – czwarta rewolucja przemysłowa

Czwarta rewolucja przemysłowa rozpoczęła się na początku XXI wieku. Jest ona wynikiem pojawienia się Internetu i rozwoju globalnych sieci komputerowych. Jest to era cyfryzacji produkcji, gdzie maszyny łączą się w sieć z zastosowaniem standardów internetowych. Maszyny mogą samodzielnie komunikować się i przekazywać sobie dane. Do sterowania maszyn zastosowano zaawansowane algorytmy informatyczne z możliwością wykorzystania tzw. sztucznej inteligencji i samodoskonalenia się systemu. Przepływ informacji realizowany jest w pionie od działu technologii informacyjnych (IT) do maszyn oraz od maszyn do działu IT. Ponadto wprowadza się drugi przepływ informacji w poziomie pomiędzy maszynami zaangażowanymi w proces produkcyjny a systemem produkcyjnym z zastosowaniem technologii Internetu rzeczy (IoT).

Dokonujące się na przestrzeni dziejów rewolucje przemysłowe były załącznikiem intensywnych przemian społeczno-gospodarczych. Zmieniały się schematy funkcjonowania otoczenia gospodarczego. Niejednokrotnie zachodziły zmiany w strukturze własności. Każda z rewolucji była źródłem większej wydajności produkcji, a tym samym wzrostu dostępności dóbr konsumpcyjnych. Cechą charakterystyczną jest to, że kolejne rewolucje przemysłowe dokonywały się w coraz krótszych odstępach czasowych. Fakt ten świadczy o wzroście tempa rozwoju ludzkości. Ostatnia czwarta rewolucja przemysłowa wprowadziła nowe paradygmaty rządzące procesem wytwarzania. Jesteśmy świadkami tych przemian i aktywnie możemy je kreować i kontrolować. Jej głównym wyróżnikiem jest cyfryzacja procesu produkcyjnego. Dostępne nowe technologie i narzędzia z obszaru IT mają dominujący wpływ na kształtowanie nowych kierunków rozwoju maszyn i środków produkcji. *Przemysł 4.0* oznacza unifikację świata rzeczywistego maszyn produkcyjnych z wirtualnym światem Internetu i technologii informatycznych. Dzięki internetowej wymianie danych przedsiębiorcy mogą szybciej reagować na zindywidualizowane potrzeby klientów. Powszechność mobilnych systemów IT zapewnia globalną komunikację i swobodny przepływ informacji na niespotykaną dotychczas skalę.

1.2. Wyróżniki Przemysłu 4.0

1.2. Features of Industry 4.0

Technologia chmury Cloud Computing

Technologia chmury to nowa technologia z obszaru informatycznego. Jest to nowe podejście do organizacji wirtualnych przestrzeni serwerowych. Podmioty dostarczające usługi w zakresie przetwarzania i gromadzenia danych na serwerach komputerowych podłączają farmy serwerów do tzw. wirtualnej chmury. Takie podejście ułatwia dostęp do danych dla każdego użytkownika usług serwerowych. Praktycznie z każdego miejsca z zastosowaniem urządzeń mobilnych takich jak smartfony, desktopy czy laptopy użytkownik może się podłączyć do swoich zasobów i efektywnie nimi zarządzać. Coraz bardziej rozpowszechnia się rozwiązanie, w którym podmioty z obszaru IT nie udostępniają oprogramowania w formie do instalacji na konkretnym komputerze użytkownika, ale jako usługę w sieci informatycznej dostępną z poziomu chmury. Użytkownik wykupuje dostęp do usługi i korzysta z niej poprzez sieć internetową. Poza przestrzenią dyskową serwery umieszczone w chmurze udostępniają również moce obliczeniowe, z których może skorzystać każdy użytkownik podłączony do chmury. Jest to jedna z kluczowych technologii informatycznych, która jest głównym wyróżnikiem rewolucji przemysłowej Przemysł 4.0.

Rzeczywistość wirtualna i rozszerzona

W ostatnich latach obserwuje się szybki rozwój urządzeń wizyjnych umożliwiających zanurzenie się (tzw. imersję) w świat wirtualny generowany przez odpowiednie oprogramowanie komputerowe. Urządzenia te powszechnie nazywa się goglami (okularami) wizyjnymi. Rozwiązania te były już znane wcześniej, jednak jakość generowanych obrazów i szybkość ich przetwarzania powodowała silne niekorzystne oddziaływanie na użytkownika (choroba lokomocyjna). Ten stan rzeczy spowodował zahamowanie rozwoju tej technologii. Obecny stan techniki pozwala na projekcję w goglach wizyjnych wysokiej rozdzielczości obrazów z dużą prędkością, co minimalizuje niekorzystne reakcje organizmu użytkownika. Technologia ta bardzo intensywnie rozwija się i staje się coraz powszechniej stosowana. Do tej pory głównym obszarem jej zastosowań były gry komputerowe, ale obecnie zauważono również jej ogromny potencjał wdrożeniowy w praktyce przemysłowej. Na rynku istnieją wyspecjalizowane przedsiębiorstwa dostarczające na masową skalę urządzenia w formie gogli wizyjnych, np. Oculus, Microsoft, HTC. Można wyróżnić dwa rozwiązania: pierwsze to okulary nieprzeziernie z monitorami do projekcji obrazów (rozwiązania Oculus, HTC), drugie – okulary przeziernie, na których szklach realizowana jest projekcja obrazu wirtualnego (Microsoft HoloLens). Oba rozwiązania mają różne obszary zastosowań. Pierwszy z nich to imersja w rzeczywistość całkowicie wirtualną (tzw. Virtual Reality VR) w całości generowaną przez komputer. Drugie z tych rozwiązań umożliwia imersję w rzeczywistość rozszerzoną (tzw. Augmented Reality AR), w której na obraz rzeczywistego świata nakładane są dodatkowe obrazy wirtualne generowane przez komputer. Zastosowanie technologii VR i AR ma ogromny potencjał w obszarze budowy zaawansowanych, interaktywnych interfejsów człowiek-maszyna.

Integracja systemów

W Przemysle 4.0 zakłada się zastosowanie sterowania rozproszonego. Praktycznie każde urządzenie, wybrany fragment linii produkcyjnej czy cała maszyna może mieć własne inteligentne komponenty automatyki zdolne do komunikacji i lokalnego przetwarzania danych. Rozproszone komponenty automatyki samodzielnie kontrolują stany sterowanych przez siebie urządzeń i jedynie reagują na polecenia z zewnętrznych systemów sterowania. Im więcej funkcji jest przeniesionych do poziomu oprogramowania w lokalnych układach automatyki, tym bardziej elastyczny staje się cały system. Łączenie maszyn w linie technologiczne i ich przystosowanie do nowych warunków wymaga jedynie poleceń programowych z centralnego systemu sterowania, bez konieczności mechanicznej ingerencji operatora. Zastosowanie rozwiązań z zakresu inteligencji rozproszonej wymusza korzystanie z otwartych standardów w obszarach komunikacji i oprogramowania. Obecnie często standardy

komunikacji są własnością poszczególnych producentów. *Przemysł 4.0* dąży do odejścia od takich praktyk, co oznacza koniec stosowania zamkniętych standardów komunikacyjnych. Silnie wspierany jest rozwój otwartych technologii, czego przykładem jest standard OPC czy Ethernet, które są podstawowymi technologiami komunikacyjnymi nie tylko w świecie IT, ale też pomiędzy nimi, a warstwą maszyn i automatyki przemysłowej. Integracja systemów produkcyjnych jest jednym z kluczowych zagadnień rewolucji przemysłowej *Przemysł 4.0*.

Symulacje procesów

Wraz z rozwojem nowej dziedziny wiedzy jaką jest mechatronika, pojawiły się systemy komputerowe do symulacji procesów roboczych zaawansowanych urządzeń mechatronicznych. Oprogramowanie symulacyjne obejmuje różne obszary działania takich urządzeń. Często są to symulacje różnych obszarów fizycznych (tzw. metafizyczne) zintegrowane w jednej aplikacji. Urządzenie mechatroniczne może bowiem wymagać synergicznej symulacji oddziaływań mechanicznych, sterowania elektrycznego i np. zjawisk z obszaru hydrauliki. Na rynku dostępne są systemy do prowadzenia tego typu badań symulacyjnych.

Konieczność realizacji tego typu symulacji podyktowana jest względami ekonomicznymi. Producent zaawansowanych rozwiązań mechatronicznych dla potrzeb *Przemysłu 4.0* nie może sobie pozwolić na budowę kosztownych prototypów tylko po to, aby przetestować dane rozwiązanie. Wszelkie testy i działanie algorytmów sterowania realizuje się na drodze symulacyjnej. Zastosowanie narzędzi do symulacji komputerowych w procesie projektowania urządzeń mechatronicznych dla *Przemysłu 4.0* jest wyróżnikiem obecnej rewolucji przemysłowej. Na etapie projektowania badaniom symulacyjnym można poddawać całe linie produkcyjne i oceniać ich efektywność i prawidłowość działania w różnych warunkach produkcyjnych.

Internet rzeczy (IoT)

W związku z przyjęciem przez *Przemysł 4.0* koncepcji rozproszonych systemów automatyki, w których poszczególne komponenty mogą samodzielnie gromadzić i przetwarzać dane, nieodzownym elementem działania takich systemów jest wzajemna komunikacja. Technologia chmury umożliwia dołączenie do globalnej sieci internetowej nie tylko komputerów, ale również innych urządzeń zdolnych do transmisji i przetwarzania danych. W sposób naturalny pojawiła się koncepcja transmisji danych przez sieć internetową bez pośrednictwa człowieka tylko pomiędzy maszynami bądź urządzeniami podłączonymi do globalnej sieci internetowej.

Taka technologia może mieć wiele innowacyjnych zastosowań. Można bowiem sobie wyobrazić inteligentne urządzenia w gospodarstwie domowym zamawiające przez Internet brakujące produkty do funkcjonowania gospodarstwa domowego. W warunkach przemysłowych technologia IoT ma również duży potencjał aplikacyjny. Na liniach produkcyjnych pracujących w reżimie produkcji seryjnej jednakże realizujących krótkie zindywidualizowane serie, bardzo interesujący jest model zarządzania produkcją, w którym to maszyny będą zgłaszały gotowość do wykonania określonych zabiegów technologicznych i wymieniały te dane z systemem produkcyjnym albo pomiędzy poszczególnymi maszynami tego systemu. Planowanie produkcji będzie wówczas odbywało się w sposób dynamiczny bez pośrednictwa człowieka. Technologia ta może mieć również zastosowanie w obszarze integracji rozproszonych komponentów automatyki pilotowanych centralnym systemem sterowania. W celu rozpoznawania komponentów systemu produkcyjnego rozwijana jest technologia identyfikacji falami radiowymi (RFID), która umożliwia łatwą identyfikację w czasie rzeczywistym wszystkich komponentów systemu produkcyjnego od maszyn i robotów do produkowanych elementów. Internet rzeczy jest to jeden z ważniejszych wyróżników rewolucji przemysłowej *Przemysł 4.0*.

Technologia „Big Data”

Wielkoskalowe przetwarzanie danych tzw. Big Data jest jedną z bardzo szybko rozwijających się technologii informatycznych. W odniesieniu do *Przemysłu 4.0* można wyróżnić dwa obszary zastosowania tej technologii.

Obszar tradycyjny jest szeroko stosowany do przeszukiwania rozproszonych baz danych w globalnej sieci internetowej. Zwykle przeszukiwane są dane dla celów ustalenia preferencji indywidualnych użytkowników Internetu (potencjalnych klientów) pod kątem dystrybucji wybranych towarów lub usług. Działania takie mają również kontekst marketingowy. Zastosowanie algorytmów Big Data może mieć również zastosowanie w procesie poszukiwania poddostawców komponentów i usług oraz analizy istniejących rozwiązań konkurencyjnych wybranej technologii czy opracowanej konstrukcji.

Drugim obszarem zastosowania algorytmów Big Data jest obszar diagnostyki procesów produkcyjnych i samodiagnostyki maszyn wytwórczych (jako złożonych urządzeń mechatronicznych). Realizacja postulatu zwiększenia liczby sensorów nadzorujących pracę maszyny prowadzi do produkcji bardzo dużych ilości danych, z których na obecną chwilę często jeszcze nie można wyodrębnić informacji identyfikujących działanie określonej maszyny. Przetwarzanie tego typu danych z zastosowaniem algorytmów Big Data z elementami uczenia maszynowego (opisanego później) daje bardzo duży potencjał opracowania inteligentnych systemów diagnostyki, monitorujących np. procesy zużycia maszyny. W zakresie procesów produkcyjnych wielkoskalowe zbieranie danych o wskaźnikach monitorujących jakość realizowanego procesu technologicznego może być wykorzystane do ciągłego doskonalenia jakości realizowanego procesu. Narzędziem do analizy tego typu danych są również algorytmy Big Data.

Cyberbezpieczeństwo

Zgodnie z najważniejszym paradygmatem rewolucji przemysłowej *Przemysł 4.0* maszyny produkcyjne podłączone będą do Internetu w technologii IoT, co oznacza, że będą zdolne do przetwarzania i przesyłania danych. Zaawansowane systemy automatyki są wysoko wyspecjalizowanymi komputerami, na których przechowywane są strategiczne dane produkcyjne, np. opisy technologii wykonania części, dokumentacja techniczna wyrobu, programy obróbkowe, projekty oprzyrządowania. Maszyny wytwórcze mogą zatem stać się potencjalnym obiektem ataku cybernetycznego. Atak taki naraża przedsiębiorstwo na utratę strategicznych danych. Skutkiem ataku może być również destabilizacja procesu produkcyjnego narażająca producenta na wysokie straty finansowe.

Konsekwencją takiego stanu rzeczy jest konieczność stosowania zabezpieczeń maszyn przed atakiem cybernetycznym. Kwestie bezpieczeństwa cybernetycznego odgrywają bardzo ważną rolę, a technologie ochrony zasobów cybernetycznych dynamicznie są rozwijane. Przedsiębiorca, który decyduje się na zastosowanie rozwiązań sieciowych w systemach produkcyjnych, musi dbać w szczególności o poziom bezpieczeństwa cybernetycznego poprzez stosowanie najnowszych narzędzi do zabezpieczania systemów informatycznych przed cyberatakiem.

Technologie przyrostowe 3D

Przemysł 4.0 preferuje jako model produkcyjny zindywidualizowaną produkcję seryjną. Współczesne maszyny produkcyjne charakteryzują się wysoką elastycznością produkcji. Elastyczność ta wynika w dużym stopniu z zastosowania systemów komputerowego sterowania urządzeniami numerycznymi (CNC), dzięki którym maszyny łatwo poddają się przeprogramowywaniu. Analizując różne rodzaje technik wytwarzania można zauważyć, że jedne są bardziej podatne na szybką zmianę parametrów procesu produkcyjnego, inne zaś są mniej elastyczne, ponieważ zmiana parametrów procesu często wymaga fizycznej ingerencji operatora. Rozwijane są nowe technologie wytwarzania, które z założenia preferowane są do produkcji zindywidualizowanej. Jedną z takich technologii wytwarzania części jest technologia przyrostowa tzw. drukowanie 3D. Maszyny do druku 3D są to urządzenia sterowane systemami (CNC) i mają dużą elastyczność w zakresie wykonywania złożonych geometrycznie części. Obecnie istnieje wiele rodzajów technologii przyrostowych umożliwiających wykonywanie elementów z tworzyw sztucznych, materiałów ceramicznych oraz metali. Technologię tą można połączyć z narzędziami do wizyjnego skanowania geometrii elementów i zastosować technikę inżynierii odwrotnej do wytwarzania elementów. Systemy

wizyjnego skanowania dostarczają odpowiednie modele geometryczne niezbędne do wydrukowania części. Na bazie tych modeli można efektywnie zaprojektować program druku zeskanowanego elementu. Technologia druku 3D ma duży potencjał rozwojowy i szczególnie preferowana jest w produkcji zindywidualizowanych części składowych.

Sztuczna inteligencja

Sztuczna inteligencja maszynowa jest pojęciem dość szerokim. Powiązana jest z zastosowaniem algorytmów sztucznej inteligencji do projektowania, sterowania urządzeń mechatronicznych oraz budowy interfejsów komunikacyjnych człowiek-maszyna. Do algorytmów tych zalicza się: sztuczne sieci neuronowe (ANN), logikę rozmytą (FL) oraz algorytmy genetyczne (GE). Algorytmy te powstały na drodze obserwacji rozwiązań biologicznych i zostały zaadoptowane na grunt techniki. Są one stosowane w warstwie informatycznej.

Innym symptomem sztucznej inteligencji jest wyposażanie maszyn w coraz większą liczbę sensorów umożliwiających maszynie śledzenie świata i rejestrację własnych procesów dynamicznych zachodzących podczas pracy maszyny. Śmiało można powiedzieć, że maszyny wyposażane są w „zmysły” i upodabniają się do form biologicznych. Celem takich działań jest zapewnienie możliwości pracy maszynie w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem (maszyny takie nazywa się cobotami). Poprzez zaawansowane układy diagnostyczne przetwarzające informację z sensorów inżynierowie dążą również do wyposażenia maszyn w procedury samodiagnozowania. Obecnie silnie rozwijane są: systemy widzenia maszynowego, komunikacji głosowej, interakcji dotykowej z siłowym sprzężeniem zwrotnym, diagnostyki drganiowej maszyn, diagnostyki termicznej, kompensacji błędów wolumetrycznych. Systemy diagnostyczne rozwijają się w kierunku przetwarzania dużej ilości danych rejestrowanych na maszynie z zastosowaniem algorytmów Big Data.

Uczenie maszynowe

Uczenie maszynowe (ML) to technologia bardzo pokrewna ze sztuczną inteligencją i często jest łączona z tą tematyką. Rozwój diagnostyki idzie w kierunku samodzielnego (przez maszynę) diagnozowania poziomu zużycia i awarii oraz przeciwdziałania niekorzystnym zjawiskom dynamicznym towarzyszącym procesowi roboczemu. Uczenie maszynowe za cel stawia nie tylko samodiagnostykę, ale również samodoskonalenie się maszyn (np. poprzez ustawiczne monitorowanie i przetwarzanie danych o realizowanym procesie roboczym, maszyna doskonali jego parametry w celu poprawy jakości i wydajności). W procesach uczenia maszynowego często stosowane są technologie z obszaru sztucznej inteligencji. Do technologii tych przede wszystkim zaliczają się sztuczne sieci neuronowe.

Inteligentne systemy produkcyjne (Intelligent Manufacturing System IMS)

Inteligentne systemy produkcyjne in. inteligentne wytwarzanie to szeroka koncepcja produkcji mająca na celu optymalizację transakcji produkcyjnych i produktów poprzez pełne wykorzystanie zaawansowanych technologii informacyjnych i produkcyjnych². Jest to nowy model produkcyjny oparty na nauce i inteligentnej technologii, który znacznie ulepsza projektowanie, produkcję, zarządzanie i integrację całego cyklu życia typowego produktu. Cały cykl życia produktu można monitorować za pomocą różnych inteligentnych czujników, adaptacyjnych modeli podejmowania decyzji, zaawansowanych materiałów, inteligentnych urządzeń i analizy danych³. Dzięki temu poprawia się wydajność produkcji, jakość produktu i poziom usług⁴. Konkurencyjność przedsiębiorstwa produkcyjnego można zwiększyć dzięki jego zdolności do sprostania dynamice i fluktuacjom rynku światowego.

2 A. Kusiak, (1990), Intelligent manufacturing systems, Prentice Hall Press, Old Tastr.an.

3 B. Li, B. Hou, W. Yu, X. Lu, C. Yang, (2017), Alications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: A review, Front Inform Tech El, 18 (1), str. 86-96.

4 J. Davis, T. Edgar, J. Porter, J. Bernaden, M. Sarli, (2012), Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance, Comput Chem Eng, 47, str. 145-156.

Jedną z form realizacji tej koncepcji jest inteligentny system produkcyjny (IMS), który jest uważany za system produkcyjny nowej generacji. Uzyskuje się go przez przyjęcie nowych modeli, nowych form i nowych metodologii w celu przekształcenia tradycyjnego systemu produkcyjnego w inteligentny system. W erze *Przemysłu 4.0* IMS korzysta z architektury zorientowanej na usługi za pośrednictwem Internetu w celu zapewnienia użytkownikom końcowym wspólnych, spersonalizowanych, elastycznych i konfigurowalnych usług, umożliwiając w ten sposób realizację wysoce zintegrowanego systemu produkcji człowiek-maszyna⁵. Ta wysoka integracja współpracy człowiek-maszyna ma na celu ustanowienie ekosystemu różnych elementów produkcyjnych zaangażowanych w IMS tak, by można było bezproblemowo połączyć poziomy organizacyjne, zarządcze i techniczne.

Sztuczna inteligencja (Artificial Intelligence AI) odgrywa istotną rolę w IMS, zapewniając typowe funkcje: uczenie się, rozumowanie i działanie. Za pomocą technologii AI można zminimalizować zaangażowanie człowieka w IMS (np. materiały i komponenty produkcyjne mogą być rozmieszczane automatycznie, a procesy produkcyjne i operacje produkcyjne mogą być monitorowane i kontrolowane w czasie rzeczywistym⁶). Ponieważ *Przemysł 4.0* nadal się intensywnie rozwija, autonomiczne wykrywanie, inteligentne połączenia, inteligentna analiza uczenia się i inteligentne podejmowanie decyzji zostaną ostatecznie zrealizowane⁷ (np. inteligentny system planowania może umożliwiać planowanie zadań w oparciu o techniki AI i rozwiązywanie problemów oraz może być oferowany innym użytkownikom jako usługi na platformie z dostępem do Internetu⁸).

System cyberfizyczny (Cyber Physical System CPS)

System cyberfizyczny (CPS) jest mechanizmem, dzięki któremu fizyczne obiekty i oprogramowanie (czyli ich odpowiedniki cyfrowe, cybernetyczne, wirtualne) są ze sobą ściśle powiązane, umożliwiając różnym komponentom interakcję ze sobą na wiele sposobów wymiany informacji⁹. CPS obejmuje dużą liczbę transdyscyplinarnych metodologii, takich jak teoria cybernetyki, inżynieria mechaniczna i mechatronika, projektowanie i nauka o procesach, systemy produkcyjne i informatyka. Jedną z kluczowych metod technicznych są systemy wbudowane, które umożliwiają wysoce skoordynowane i połączone relacje między obiektami fizycznymi a ich elementami obliczeniowymi (wirtualnymi odpowiednikami)¹⁰. System z obsługą CPS, w przeciwieństwie do tradycyjnego systemu zawiera interakcje sieciowe, które są projektowane i rozwijane z fizyczną obsługą wejść i wyjść, wraz z ich cyber odpowiednikami, takimi jak algorytmy sterowania, wirtualne maszyny technologiczne czy pomiarowe. Realizowanie fizycznych połączeń obiektów rzeczywistych z ich wirtualnymi odpowiednikami wiąże się z dużą liczbą czujników, które odgrywają ważną rolę w CPS. Wiele urządzeń sensorycznych takich jak ekrany dotykowe, czujniki światła i czujniki siły jest powszechnie stosowanych w CPS w celu osiągnięcia różnych celów. Jednak integracja kilku różnych podsystemów jest czasochłonna i kosztowna, a cały system musi być sprawny i funkcjonalny. Różnorodność i złożoność aplikacyjna CPS wiąże się z wyzwaniami przy opracowywaniu i projektowaniu niezawodnych, bezpiecznych i certyfikowanych systemów i metodologii kontroli¹¹.

5 A.B. Feeney, S.P. Frechette, V. Srinivasan, (2015), A Portrait of an ISO STEP Tolerancing Standard as an Enabler of Smart Manufacturing Systems, J. Comput. Inf. Sci. Eng., 15 (2): 021001, [data dostępu: 15 czerwiec 2015], strona [www: https://www.researchgate.net/publication/283501261_A_Portrait_of_an_ISO_STEP_Tolerancing_Standard_as_an_Enabler_of_Smart_Manufacturing_Systems](https://www.researchgate.net/publication/283501261_A_Portrait_of_an_ISO_STEP_Tolerancing_Standard_as_an_Enabler_of_Smart_Manufacturing_Systems)

6 Y. Koren, W. Wang, X. Gu, (2017), Value creation through design for scalability of reconfigurable manufacturing systems, Int J Prod Res, 55 (5), p. 1227-1242 and E. Oztemel, (2010), Intelligent manufacturing systems, L. Benyoucef, B. Grabot (Eds.), Artificial intelligence techniques for networked manufacturing enterprises management, Springer, London, str. 1-41.

7 Y. Ray Zhong, X. Xu, E. Klotz, S.T. Newman, (2017), Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review, Engineering, Vol. 3, Issue 5, str. 616-630.

8 J. Barbosa, P. Leitão, E. Adam, D. Trentesaux, (2015), Dynamic self-organization in holonic multi-agent manufacturing systems: The ADACOR evolution, Comput Ind, 66, str. 99-111.

9 E.A. Lee, (2008), Cyber physical systems: Design challenges. In: Proceedings of the 11th IEEE Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing; 2008 May 5-7, Orlando, FL, USA. Piscataway: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., str. 363-369.

10 Y. Tan, S. Goddard, L. C Pérez, (2008), A prototype architecture for cyber-physical systems, ACM SIGBED Rev, 5 (1), str. 26.

11 P. Derler, E.A. Lee, A. S. Vincentelli, (2012), Modeling cyber-physical systems, Proc IEEE, 100 (1), str. 13-28.

Wiele branż zainicjowało projekty w dziedzinie CPS. Przykładowo Festo Motion Terminal to standardowa platforma, która w pełni wykorzystuje inteligentne połączenie mechaniki, elektroniki, wbudowanych czujników, sterowania oraz oprogramowania (aplikacji)¹². Cyfrowa pneumatyka pozwala na samodzielne i samodosadowujące się podsystemy¹³. Typowe aplikacje CPS pojawiają się w postaci wykorzystania autonomicznych systemów opartych na różnego rodzaju sensorach. Ogromna liczba bezprzewodowych sieci sensorów może nadzorować aspekty środowiskowe, aby informacje ze środowiska mogły być centralnie kontrolowane i użyte do podejmowania decyzji¹⁴.

Technologie informacyjne i komunikacyjne (Information and Communications Technology ICT)

Technologie informacyjne i komunikacyjne (ICT) odnoszą się do ujednoliconej integracji z telekomunikacją, jak również innych technologii, które są zdolne do przechowywania, przesyłania i przetwarzania danych i informacji¹⁵. Są to narzędzia pozwalające na komunikację między ludźmi. Technologie ICT, nazywane też technologiami informacyjnymi (IT), są technologiami związanymi ze zbieraniem, przechowywaniem, przetwarzaniem, przesyłaniem, rozdzielaniem i prezentacją informacji (tj. tekstów, obrazów, dźwięku). ICT obejmują szeroki zakres technik informatyki i przetwarzania sygnałów, takich jak systemy bezprzewodowe, oprogramowanie pośrednie dla przedsiębiorstw i systemy audiowizualne. Koncentrują się na przekazywaniu informacji za pośrednictwem różnych mediów elektronicznych, takich jak standardy komunikacji przewodowej lub bezprzewodowej. ICT mają wyraźny wpływ na organizację przedsiębiorstwa, ponieważ lepsze ICT dla kierowników zakładów i pracowników wpływają na większą autonomię i szerszy zakres kontroli¹⁶. ICT są uważane za jeden z ważniejszych czynników w europejskich kompetencjach produkcyjnych, ponieważ pomagają przedsiębiorstwom poprawić sprawność, elastyczność i produktywność¹⁷. W przypadku małych i średnich przedsiębiorstw okazało się, że ICT są niezbędne dla podniesienia konkurencyjności, ponieważ umożliwiają szybkie reagowanie na dynamiczne zmiany rynku. Wykorzystanie ICT ułatwia obsługę zasobów informacyjnych i skutkuje redukcją kosztów oraz polepszeniem zgodności osiągniętych i zdefiniowanych przez klienta wymagań¹⁸. W erze nowoczesnej produkcji miliardy urządzeń cyfrowych mają dostęp do sieci internetowej. Ta sytuacja spowodowała, że ICT stały się podstawą systemów produkcyjnych, w których szybkie i adaptacyjne projektowanie, produkcja i dostarczanie wysoce dostosowanych produktów jest możliwe dzięki wsparciu z cyfrowymi (wirtualnymi) narzędziami do produkcji, modelowania, symulacji i prezentacji¹⁹.

12 Digitised pneumatics: The first valve to be controlled using apps, Esslingen: Festo AG & Co. KG, [data dostępu 20 marzec 2017], strona www: <https://www.festo.com/vtem/en/cms/10169.htm>.

13 E. Klotz, J. Duwe, (2017), A pneumatic revolution in automation?, Control Engineering Europe, [data dostępu 3 maj 2017], strona www: <https://www.controlengeneurope.com/article/133141/A-pneumatic-revolution-in-automation.aspx>

14 S. Ali, S. B. Qaisar, H. Saeed, M.F. Khan, M. Naeem, A. Anpalagan, (2015), Network challenges for cyber physical systems with tiny wireless devices: A case study on reliable pipeline condition monitoring, Sensors (Basel), 15 (4), str. 7172-7205.

15 J. Hashim, (2007), Information communication technology (ICT) adoption among SME owners in Malaysia, Int J Bus Inform, 2 (2), str. 221-240.

16 N. Bloom, L. Garicano, R. Sadun, J. Van Reenen, (2014), The distinct effects of information technology and communication technology on firm organization, Manage Sci, 60 (12), str. 2859-2885.

17 Y. Ray Zhong, X. Xu, E. Klotz, S.T. Newman, (2017), Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review, Engineering, Vol. 3, Issue 5, str. 616-630.

18 M. Colin, R. Galindo, O. Hernández, (2015), Information and communication technology as a key strategy for efficient supply chain management in manufacturing SMEs, Procedia Comput Sci, 55, str. 833-842.

19 E. Ketteni, C. Kottaridi, T.P. Mamuneas, (2015), Information and communication technology and foreign direct investment: Interactions and contributions to economic growth, Empir Econ, 48 (4), str. 1525-1539.

1.3. Trendy inteligentnej produkcji

1.3. Trends of intelligent production

Rozdział zawiera przegląd najważniejszych bieżących planów inteligentnych produkcji i projektów na całym świecie w kontekście *Przemysłu 4.0*.

Unia Europejska

W 2013 r. w Niemczech uruchomiono plan *Industry 4.0*. Jego nazwa odnosi się do czwartej rewolucji przemysłowej, w której przemysł wytwórczy wyposażony w inteligentne maszyny i produkty tworzy inteligentne systemy i sieci mogące komunikować się autonomicznie²⁰. Niemcy koncentrują się na badaniach podstawowych technologii dla producentów, takich jak inteligentne czujniki, bezprzewodowe sieci czujników i CPS. Przykładowo platforma Sinalytics²¹ do cyfrowej usługi w chmurze przedsiębiorstwa Siemens może zapewnić bezpieczną komunikację i integrację oraz analizę dużych zbiorów danych generowanych przez maszynę, poprawiając tym samym możliwości monitorowania i optymalizacji różnych obiektów (np. turbin gazowych i systemów medycznych). Platforma ta jest dobrym przykładem produktu realizującego koncepcje IMS, ICT, BDA, CPS i obliczeń w chmurze działając w czasie rzeczywistym, analizując dane i generując informacje zwrotne.

W ramach *Przemysłu 4.0* IMS są w stanie generować ogromne ilości danych w czasie rzeczywistym. Takie dane są niezbędne do realizacji inteligentnej analizy i podejmowania decyzji w celu przekształcenia trybu produkcji w inteligentną produkcję, opartą na chmurze współpracę produkcyjną i produkcję zindywidualizowaną. Celem *Przemysłu 4.0* jest osiągnięcie „inteligentnej fabryki” poprzez pełne wykorzystanie technologii i zasad CPS (np. maszyny produkcyjne będą miały możliwość wykrywania anomalii w czasie rzeczywistym dzięki integracji różnych czujników z precyzyjną kontrolą procesu). Do zarządzania produkcją wykorzystuje się szereg technologii, takich jak IoT lub przetwarzanie w chmurze. Technologie te stanowią chmurę usług i zapewniają fizyczny sprzęt z percepcją informacji, komunikacją sieciową, precyzyjną kontrolą i zdalnymi możliwościami koordynacji²². Silne normalizacyjne starania we wszystkich tych działaniach stanowią rdzeń niemieckiej inicjatywy, które obejmują wysiłki ZVEI na modelu RAMI 4.0 lub „administration shell” na urządzeniach²³.

W związku z niemiecką inicjatywą *Industry 4.0* Unia Europejska rozpoczęła swój największy w historii program badań i innowacji *Horyzont 2020*, realizowany w latach 2014–2020, na który przeznaczono prawie 80 mld EUR. W ramach programu *Horyzont 2020* nowe umowne partnerstwo publiczno-prywatne dotyczące fabryk przyszłości (FoF) będzie opierać się na sukcesach siódmego programu ramowego Unii Europejskiej w zakresie badań i rozwoju technologicznego (7PR 2007–2013). Wieloletnia mapa drogowa FoF na lata 2014–2020 określa wizję i wyznacza drogi prowadzące do wysokiej wartości dodanej technologii produkcyjnych dla fabryk przyszłości, które będą czyste, wydajne, przyjazne dla środowiska i zrównoważone społecznie. Te priorytety zostały uzgodnione w ramach szeroko zakrojonych konsultacji społecznych i zainteresowanych stron z całej Europy.

20 H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig, (2013), National Academy of Science and Engineering. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group, National Academy of Science and Engineering, Munich.

21 Siemens AG. Sinalytics: The new Siemens platform for digital services, [data dostępu 30 marzec 2017], strona [www: https://indico.cern.ch/event/524996/contributions/2193648/attachments/1287431/1915652/SiemensSinalytics-Roshchin.pdf](https://indico.cern.ch/event/524996/contributions/2193648/attachments/1287431/1915652/SiemensSinalytics-Roshchin.pdf)

22 R.Y. Zhong, G.Q. Huang, Q.Y. Dai, T. Zhang, (2014), Mining SOTs and dispatching rules from RFID-enabled real-time shopfloor production data, *J Intell Manuf*, 25 (4), str. 825–843.

23 P. Adolphs, S. Auer, H. Bedenbender, M. Billmann, M. Hankel, R. Heide, et al., Struktur der verwaltungsschale: Fortentwicklung des referenzmodells für die Industrie 4.0-komponente [Interent], Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin (2016), [data dostępu 20 marzec 2017], strona [www: https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/ Publikation/struktur-der-verwaltungsschale.html](https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/ Publikation/struktur-der-verwaltungsschale.html) und M. Hoffmeister, R. Grahle, DIN SPEC 91345:2016-04 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0) 2016, [data dostępu 20 marzec 2017].

Polska

Zaawansowane idee *Przemysłu 4.0* są nadal w sferze planowania celów do realizacji w Polsce, która na obecnym etapie jest głównie użytkownikiem gotowych rozwiązań z zakresu *Przemysłu 4.0*, a nie ich dostawcą. Szybki postęp w zakresie elektroniki i informatyki (np. technologie Big Data i Deep Learning) daje jednak przedsiębiorstwom polskim duże szanse na wejście do grona producentów zaawansowanych urządzeń dla potrzeb *Przemysłu 4.0*. Z roku na rok pojawiają się nowe komponenty elektroniczne i informatyczne, które mogą stanowić bazę do rozwoju nowych rozwiązań i wypełniania niszy technologicznych dotychczas nie opanowanych przez globalnych graczy na rynku nowoczesnych technologii. Odpowiedzią na zwiększenie konkurencyjności polskich przedsiębiorstw i ich rozwój w kierunku *Przemysłu 4.0* jest ustawa o powołaniu *Fundacji Platforma Przemysłu Przyszłości*, która weszła w życie 9 marca 2019 r. Utworzenie fundacji jest konsekwencją realizacji projektu „Polska Platforma Przemysłu 4.0” zawartego w „Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)”. Zadania fundacji obejmować będą m.in. doradztwo strategiczne i budowanie sieci kooperacyjnych, proponowanie rozwiązań biznesowych, dbanie o otoczenie prawno-regulacyjne czy wreszcie dawanie impulsu do podnoszenia poziomu zaawansowania technologicznego polskich przedsiębiorstw tak, aby wzmocniły swój potencjał rynkowy. W ramach realizacji jednego z głównych celów Fundacji, którym jest wzmacnianie integracji polskiego ekosystemu *Przemysłu 4.0*, uruchomiono projekt wspierający powstawanie Hubów Innowacji Cyfrowych (ang. Digital Innovation Hub). Kluczowe działania hubów obejmować będą utworzenie punktów kompleksowej obsługi, które pomogą przedsiębiorstwom stawać się bardziej konkurencyjnymi poprzez zastosowanie technologii cyfrowych.

Stany Zjednoczone

W 2012 r. General Electric wprowadziło koncepcję *Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT)* sugerując, że inteligentne maszyny, zaawansowana analityka i ludzie połączeni są kluczowymi elementami przyszłej produkcji, które umożliwią mądrzejsze podejmowanie decyzji przez ludzi i maszyny. Trzy główne elementy IIoT to: inteligentne urządzenia, inteligentne systemy i inteligentne podejmowanie decyzji. Najważniejszą organizacją identyfikowaną z IIoT jest *Industrial Internet Consortium (IIC)*, która powstała w 2014 r. przy wsparciu GE, AT&T, Cisco, Intel i IBM. Celem IIC jest zapewnienie zasobów, pomysłów, projektów pilotażowych i działań dotyczących technologii IIoT oraz bezpieczeństwa tych technologii.

IIoT to obieg danych, sprzętu, oprogramowania i inteligencji, które umożliwiają ich interakcję poprzez przechowywanie, analizowanie i wizualizację danych uzyskanych przez inteligentne maszyny i sieci w celu ostatecznego inteligentnego podejmowania decyzji²⁴. Maksymalny potencjał Internetu Przemysłowego będzie realizowany przez holistyczną integrację jego trzech komponentów: inteligentnego sprzętu, inteligentnych systemów i inteligentnego podejmowania decyzji. Dzięki sieci maszyn, materiałów, pracowników i systemów IIoT ostatecznie osiągnie inteligentną fabrykę w *Przemysle 4.0*.

W Stanach Zjednoczonych nacisk kładzie się przede wszystkim na aspekty informatyczne najwyższej warstwy, takie jak przetwarzanie w chmurze, BDA i wirtualną rzeczywistość (VR). Predix, platforma IIoT (tj. platforma oparta na chmurze jako usługi), została opracowana przez General Electric. Uważa się, że umożliwia ona analizę na skalę przemysłową zarządzania wydajnością aktywów i optymalizację operacji, zapewniając standardowy sposób łączenia maszyn, danych i osób. Zbudowany w oparciu o technologię otwartego źródła (ang. open source) Cloud Foundry, Predix zapewnia model dostarczania oparty na mikroserwisach z rozproszoną architekturą (chmura na komputerze). Obejmuje cztery podstawowe części: monitorowanie bezpieczeństwa zasobów sieciowych, zarządzanie danymi przemysłowymi, analizę danych przemysłowych oraz aplikacje w chmurze i mobilność. Części te łączą wszystkie typy urządzeń przemysłowych i dostawców z chmurą, zapewniając tym samym usługi zarządzania wydajnością aktywów i optymalizacji operacji²⁵.

24 X. Qiu, H. Luo, G. Xu, R.Y. Zhong., G.Q. Huang, (2015), Physical assets and service sharing for IoT-enabled Sustr.ly Hub in Industrial Park (SHIP), *Int J Prod Econ*, 159, str. 4-15.

25 L. Winig, GE's big bet on data and analytics. MIT Sloan Manag Rev. 2016, [data dostępu 30 marzec 2017]; 57(3), strona [www: https://sloanreview.mit.edu/case-study/ge-big-bet-on-data-and-analytics/](https://sloanreview.mit.edu/case-study/ge-big-bet-on-data-and-analytics/)

Japonia

W 2015 r. Japonia rozpoczęła inicjatywę *Industrial Value Chain* (IVI), która odpowiada niemieckiej inicjatywie *Industry 4.0* i miała na celu połączenie przedsiębiorstw za pośrednictwem Internetu. Trzydzieści japońskich przedsiębiorstw, w tym Mitsubishi Electric, Fujitsu, Nissan Motor i Panasonic stanowi część inicjatywy. IVI to forum do projektowania nowego społeczeństwa przez połączenie technologii produkcyjnych i informacyjnych oraz stworzenie przestrzeni, w której przedsiębiorstwa mogą współpracować. W celu urzeczywistnienia połączonych fabryk i powiązanej produkcji przedstawiciele przedsiębiorstw członkowskich IVI przedstawiają aktualne sytuacje w rzeczywistych scenach przemysłowych i po zdiagnozowaniu danego modelu poddają go dyskusji. Po zidentyfikowaniu problemów określają idealne sytuacje, do których należy dążyć²⁶. Forum aktywnie omawia, w jaki sposób produkcja zorientowana na człowieka zmieni się wraz z IoT. IVI odkłada przewagę konkurencyjną poszczególnych przedsiębiorstw i ma na celu zbudowanie wzajemnie połączonej architektury systemu opartej na scenariuszach, w których podmioty naturalnie współpracują. Opiera się na dwóch zasadach: połączonej produkcji i luźno zdefiniowanym standardzie. Pierwsza z nich dzięki cyfrowo połączonym przedsiębiorstwom i fabrykom ma na celu usunięcie marnotrawstwa i nierówności oraz stworzenie inteligentnych łańcuchów wartości opartych na automatyzacji i ludzkich zdolnościach. Druga z zasad promuje adaptowalny, a nie sztywny model. Przyjmuje pragmatyczne podejście oparte na rzeczywistości i zaczyna od aktualnego stanu wiedzy w celu opracowania następnego poziomu produkcji, zwiększając tym samym wartość każdego przedsiębiorstwa za pomocą cyberfizycznych systemów produkcyjnych²⁷.

Niemcy

W 2013 r. Niemcy, wiodący światowy kraj uprzemysłowiony, opublikował swój plan strategiczny *Industry 4.0*. Obecność wielu prestiżowych marek (Volkswagen, BMW, Siemens, SAP, Mercedes) oraz innych wiodących niemieckich branż podkreśla jego innowacyjną siłę. *Industry 4.0* to kolejny przykład niemieckiej strategii produkcji, która ma konkurować w nowej rundzie światowej rewolucji przemysłowej. Koncentruje się ona na integracji przemysłowej, integracji informacji przemysłowych, digitalizacji produkcji, rozwoju systemów cyberfizycznych CPS, Internetu rzeczy (IoT) i sztucznej inteligencji (AI). Siedem podmiotów jest motorem niemieckiego PKB i źródłem dochodów przedsiębiorstw. Trzy z siedmiu gigantycznych przedsiębiorstw to Volkswagen (największa korporacja w Niemczech), Daimler (drugi co do wielkości w Niemczech) i BMW. Wszystkie trzy słyną z projektowania samochodów. Każdy z nich ma znaczący eksport i rynki globalne. Niemiecki program *Industry 4.0* koncentruje się na koncepcji inteligentnych systemów fabrycznych i cyberfizycznych. Integruje ona zaawansowane technologie, takie jak automatyzacja, wymiana danych w technologii produkcji, drukowanie 3D, przetwarzanie w chmurze, Internet rzeczy (przedmiotów), towary i ludzie. Ten rodzaj integracji przemysłowej obejmuje szeroki zakres aktualnych koncepcji, w tym systemy cyberfizyczne, inteligentne fabryki, zdecentralizowaną samoorganizację, nowe systemy w dystrybucji i zaopatrzeniu, systemy produktów i usług, które będą zindywidualizowane i społeczną odpowiedzialność biznesu²⁸. Podstawową koncepcją *Industry 4.0* jest integracja fizycznego systemu podstawowego i systemu oprogramowania z innymi gałęziami i sektorami gospodarki oraz z innymi branżami i rodzajami przemysłu²⁹. W tym sensie *Industry 4.0* jest interpretowany jako nowy poziom organizacji i kontroli całego łańcucha cyklu życia produktów³⁰.

26 An outline of smart manufacturing scenarios 2016 [Internet]. Tokyo: Industrial Value Chain Initiative, 2017 Feb 23 [data dostępu 30 marzec 2017], strona [www: https://www.innovation4.cn/library/r15134](https://www.innovation4.cn/library/r15134)

27 U. Dressler, Internet of Things in Japan: Quietly, systematically plowing ahead, 2016 Apr 25 [data dostępu 30 marzec 2017], strona [www: https://www.japanindustrynews.com/2016/04/internet-things-japan-quietly-systematically-plowing-ahead/](https://www.japanindustrynews.com/2016/04/internet-things-japan-quietly-systematically-plowing-ahead/)

28 H. Lasi, P. Fettke, H.-G. Kemper, T. Feld, M. Hoffmann, (2016), "Industry 4.0", Business & Information Systems Engineering, vol. 6, no. 4, str. 239-242.

29 P. Fettke, (2013), Big Data, Industrie 4.0 und Wirtschaftsinformatik. Vortrag vom 25. Oktober 2013 anlässlich der Ernennung zum DFKI Research Fellow, [data dostępu czerwiec 2014], strona [www: https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11576-014-0424-4](https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11576-014-0424-4)

30 J. Ganzarain, N. Errasti, (2016), Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0, J. Ind. Eng. Manag., 9 (5), str. 1119-1128.

Chiny

W odpowiedzi na globalną falę reindustrializacji i niemiecką strategię *Industry 4.0* w maju 2015 r. Rada Państwa Chin ogłosiła plan *Made in China 2025*. Plan ten określił strategiczne cele rozwoju gospodarczego na następne 10 lat (od 2016 r. do 2025 r.). Projekt został opracowany wspólnie przez Chińską Krajową Komisję ds. Rozwoju i Reform oraz przez Ministerstwo Nauki i Technologii, z dodatkowymi informacjami od Ministerstwa Przemysłu i Technologii Informacyjnych oraz innych organizacji rządowych³¹. Plan *Made in China 2025* to główny plan rozwoju przemysłu w Chinach. Plan sygnalizuje chęć Chin do rozpoczęcia przemysłowej transformacji z produkcji pracochłonnej do produkcji opartej na wiedzy i pobudza wzrost gospodarczy. *Made in China 2025* to pierwszy etap „trójfazowego” planu. Koncentruje się on na poprawie jakości produktów wytwarzanych w Chinach, tworzeniu własnych marek, budowaniu solidnych zdolności produkcyjnych poprzez rozwijanie najnowocześniejszych zaawansowanych technologii, badaniu nowych materiałów oraz produkcji kluczowych części i komponentów głównych produktów. Priorytetowo wprowadzenie powyższych zmian przyjęto dla dziesięciu branż: technologii informacyjnych, wysokiej klasy obrabiarek sterowanych numerycznie (CNC) i automatyki, sprzętu lotniczego i kosmicznego, sprzętu inżynierii morskiej i produkcji zaawansowanych technologicznie statków, sprzętu kolejowego, energooszczędnych pojazdów, sprzętu elektrycznego, nowych materiałów, biomedycyny i wysokowydajnej aparatury medycznej oraz sprzętu rolniczego.

Plan *Made in China 2025* ma zostać rozszerzony na trzy fazy. Faza pierwsza obejmuje lata 2015–2025; w tym okresie Chiny zakładają, że znajdą się na liście krajów o globalnej mocy produkcyjnej. Faza druga przypadnie na lata 2026–2035; w tym czasie Chiny będą aspirować do osiągnięcia średniego poziomu światowej produkcji wyrobów. Faza trzecia (lata 2036–2049) ma wykreować ten kraj na wiodącą potęgę produkcyjną na świecie³².

Zarówno *Industry 4.0*, jak i *Made in China 2025* koncentrują się na nowym etapie rewolucji przemysłowej i wykorzystują cyfryzację produkcji, CPS, IoT oraz inteligentną produkcję. Trzonem *Industry 4.0* jest cyberfizyczny system (CPS) i integracja w dynamicznych sieciach tworzenia wartości. *Made in China 2025*, oprócz planu działania *Internet Plus Industry*, ma szerszy zakres konsolidacji istniejących gałęzi przemysłu³³ poprzez promowanie różnorodności i poszerzanie gamy różnych branż, wzmacnianie regionalnej współpracy, korzystanie z IoT do realizacji produkcji bez granic, innowacje nowych produktów i poprawę jakości produktów. Jednym ze wspólnych priorytetów zarówno *Industry 4.0* jak i *Made in China 2025* jest przyspieszenie automatyzacji i opracowanie współpracujących (wspólnych) robotów przemysłowych. Zaawansowane roboty są formą złożonych maszyn, które wspierają i odciążają człowieka, poprawiają wydajność, zwiększają elastyczność, redukują koszty i zwiększają bezpieczeństwo pracy. Współpracujące roboty przemysłowe są dobrymi urządzeniami do stosowania przy montażu małych części i sortowaniu materiałów³⁴. Kolejnym priorytetem obu planów jest Internet rzeczy, Internet usług, Internet mediów, duże zbiory danych i analiza danych.

Nowe innowacje technologiczne, takie jak systemy CPS, IoT i wirtualizacja cyklu życia produktu, o których mowa w *Przemysle 4.0* i *Made in China 2025*, doprowadziły już do zmian społeczno-gospodarczych w gospodarkach wschodzących. Wspólny wpływ i wartość prawna patentów oraz badań i rozwoju (B+R) w krajach rozwiniętych i gospodarkach wschodzących wykazały pozytywny wpływ na lepsze wyniki badań i rozwoju, ponieważ zróżnicowana wiedza i komplementarne kompetencje z różnych krajów generują wynalazki, które mogą nie zdarzyć się w jednym kraju³⁵. Ponadto współpraca badawczo-rozwojowa promuje prawdopodobieństwo komercjalizacji produktów i międzynarodowych działań handlowych.

Wdrożenie *Przemysłu 4.0* wymaga cyfrowej transformacji, która doprowadzi do znaczących innowacji. Druk 3D, ważny element przyszłości wytwarzania przyrostowego, jest jednym z przykładów systemów CPS. Stosując technologię druku 3D, producenci będą mogli zarządzać produkcją części zamiennych za pomocą różnych metod.

31 State Council of People Republic of China, Building a World Manufacturing Power-premier and 'Made in China 2025' Strategy (2017).

32 L. Li, (2018), China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of "Made in China 2025" and "Industry 4.0", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 135, str. 66-74.

33 A. Gorkhali, L. Xu, (2016), Enterprise application integration in industrial integration: a literature review, *J. Ind. Integr. Manag.*, 1.

34 M. Yang, (2017), China and Germany Cooperate on Collaborative Robots, *Chinadaily.com.cn.*, [data dostępu 16 styczeń 2017], strona http://www.chinadaily.com.cn/m/liaoning/investinshenyang/2017-01/16/content_27968638.htm

35 L. Li, (2018), China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of "Made in China 2025" and "Industry 4.0", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 135, str. 66-74.

Niewielka ilość lub jednostkowa produkcja takich części może być wytworzona z użyciem technologii 3D w lokalnym miejscu w pobliżu użytkownika końcowego, podczas gdy duże serie i krytyczne części będą produkowane w fabryce³⁶. Wykonywanie części zamiennych przy użyciu technologii przyrostowej uprości logistykę i zmieni obecną konfigurację sieci łańcucha dostaw, co może wpłynąć na strukturę społeczną i gospodarczą w gospodarkach wschodzących, które obecnie stanowią główne centrum produkcji dla krajów uprzemysłowionych. Koncentracja na 3D może pomóc w zmniejszeniu zasobów magazynowych, aby zwiększyć wydajność i zmniejszyć koszty dystrybucji. Produkcja w chmurze, jako pierwsza próba nowej formy inteligentnej produkcji, została po raz pierwszy zaproponowana w Chinach. Jej osiągnięcia zostały szeroko określone i zastosowane w wielu pracach akademickich. Ponadto w pewnych określonych obszarach inteligentnej produkcji, takich jak: wysokiej klasy obrabiarki sterowanie numeryczne (CNC), roboty przemysłowe i inteligentne urządzenia, Chiny wnoszą znaczący wkład w ustaleniu poziomu odniesienia do zdefiniowania inteligentnego systemu standardowej produkcji³⁷. Dzięki rozwojowi inteligentnego przemysłu wytwórczego w Chinach infrastruktura sieciowa osiągnęła wyższy poziom niż w innych regionach świata. Pozwoliło to na stworzenie przełomowych rozwiązań w dziedzinie wysokowydajnych systemów obliczeniowych, sieciowych urządzeń komunikacyjnych, inteligentnych terminali i oprogramowania, a także umożliwiło rozwój mobilnego Internetu, BDA oraz wzrost znaczenia przedsiębiorstw oferujących przetwarzanie w chmurze. Wszystkie wymienione obszary wspierają rozwój inteligentnej produkcji⁴⁷.

1.4. Przyszłe perspektywy

1.4. Future perspectives

Uważa się, że przyszłe perspektywy badawcze w zakresie inteligentnego wytwarzania w erze *Przemysłu 4.0* dotyczą następujących obszarów: ogólne ramy dla inteligentnego wytwarzania, inteligentne modele produkcji oparte na danych, IMS, współpraca człowiek-maszyna oraz zastosowanie inteligentnej produkcji.

Ogólne ramy inteligentnej produkcji

Biorąc pod uwagę głęboką integrację *Przemysłu 4.0* ważne są ogólne ramy dla inteligentnej produkcji, ponieważ w przyszłości nauka i technologia produkcji, technologie informacyjno-komunikacyjne i technologia czujników będą w wysokim stopniu zintegrowane. Ta ogólna struktura obejmie duże obszary, które będą wykorzystywane w różnych przedsiębiorstwach, aby można było kierować i standaryzować wdrażanie inteligentnej produkcji. W tej strukturze zostaną umieszczone typowe technologie, takie jak: zaawansowane czujniki, standardy komunikacji bezprzewodowej, modele i algorytmy przetwarzania dużych danych oraz aplikacje. Inteligentna architektura hierarchiczna zostanie opracowana jako podstawa dla *Przemysłu 4.0*. Jednym z takich obszarów będzie inteligentna sieć zaprojektowana jako ekosystem, w którym w celu podwyższenia skuteczności pracy³⁸ różne elementy będą mogły być intensywnie łączone.

W celu pełnego wdrożenia inteligentnej produkcji, należy skupić się na tzw. technologiach platformy, czyli sieci i IoT, technologii wirtualizacji i usług oraz technologii inteligentnych obiektów/zasobów, ponieważ coraz większa liczba niestandardowych wymagań klientów zwiększa koszty produkcji. Technologia platformy jest w stanie obniżyć koszty, wykorzystując w pełni elastyczne i rekonfigurowalne systemy produkcyjne poprzez inteligentne projektowanie, produkcję, logistykę i zarządzanie łańcuchem dostaw. Technologia platformy Multiplex, szczególnie w zakresie projektowania i rozwoju, zapewni nowe rozwiązania wysoce dostosowane do indywidualnych potrzeb³⁹. Aby zintegrować wspólne wysiłki w zakresie produkcji dla dodatkowych działań na

36 R. Jiang, R. Kleer, F.T. Piller, (2017), Predicting the future of additive manufacturing: a Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030, Technol. Forecast. Soc. Chang., 117, str. 84-97.

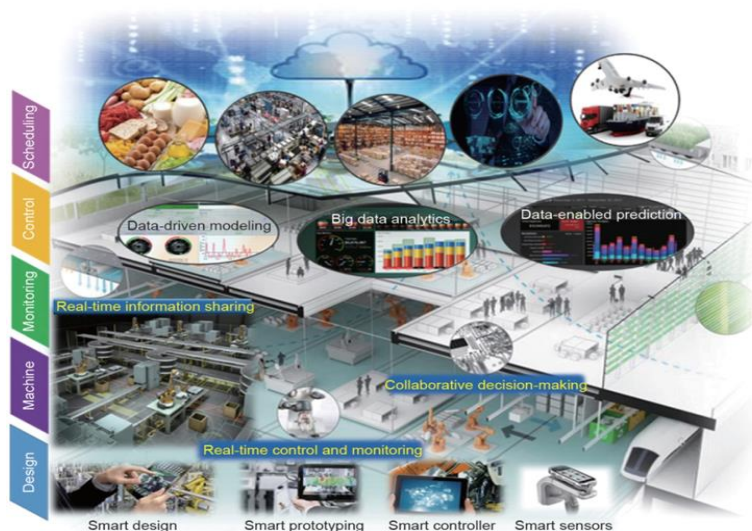
37 J. Posada, C. Toro, I. Barandiaran, D. Oyarzun, D. Stricker, R. de Amicis, et al., (2015), Visual computing as a key enabling technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet, IEEE Comput Graph Appl., 35 (2), str. 26-40.

38 B. Jiang, Y. Fei, (2015), Smart home in smart microgrid: A cost-effective energy ecosystem with intelligent hierarchical agents, IEEE Trans Smart Grid, 6 (1), str. 3-13.

39 T.W. Simpson, J.R. Jiao, Z. Siddique, K. Hölttä-Otto, (2014), Advances in product family and product platform design: Methods & applications, Springer-Verlag, New York.

rynku niższego i wyższego szczebla niezbędne są bardziej otwarte ramy innowacyjne. Dlatego koncepcje zorientowane na usługi inteligentnej produkcji będą kluczowymi elementami w *Przemyśle 4.0*. rysunek 2 przedstawia strukturę *Przemysłu 4.0* IMS, w której tematy badawcze są podzielone na:

- Inteligentne projekty: wraz z szybkim rozwojem nowych technologii, takich jak wirtualna rzeczywistość (VR) i rzeczywistość rozszerzona (AR), tradycyjny projekt zostanie zmodernizowany i wejdzie w „inteligentną erę”. Oprogramowanie do projektowania, takie jak CAD, CAM, CAE, będzie w stanie współdziałać z fizycznymi inteligentnymi systemami prototypowymi w czasie rzeczywistym, umożliwiając trójwymiarowe drukowanie prototypów i produktów końcowych (3D) zintegrowanych z CPS i AR;
- Inteligentne maszyny: w *Przemyśle 4.0* inteligentne maszyny będzie można uzyskać za pomocą inteligentnych robotów i różnych innych inteligentnych obiektów, które będą zdolne do wykrywania w czasie rzeczywistym i wzajemnego oddziaływania (np. inteligentne narzędzia maszynowe z obsługą CPS są w stanie przechwytywać dane w czasie rzeczywistym i wysyłać je do systemu centralnego w chmurze, dzięki czemu obrabiarki i ich usługi bliźniacze mogą być synchronizowane w celu zapewnienia inteligentnych rozwiązań produkcyjnych);
- Inteligentne monitorowanie: monitorowanie jest ważnym aspektem dla operacji, konserwacji i optymalnego planowania systemów produkcyjnych *Przemysłu 4.0*. Szerokie zastosowanie różnych typów czujników umożliwi osiągnięcie inteligentnego monitorowania (np. dane i informacje dotyczące różnych czynników produkcji, takich jak temperatura, zużycie energii elektrycznej, drgania i prędkość, można uzyskać w czasie rzeczywistym);
- Inteligentna kontrola: w *Przemyśle 4.0* adaptacyjna kontrola produkcji o wysokiej rozdzielczości (tj. inteligentna kontrola) może zostać osiągnięta poprzez rozwój cyberfizycznych systemów kontroli produkcji. Inteligentne sterowanie jest wykonywane głównie w celu fizycznego zarządzania różnymi inteligentnymi maszynami lub narzędziami za pośrednictwem platformy obsługującej chmurę. Użytkownicy końcowi będą w stanie przełączyć, wyłączyć maszynę lub robota za pośrednictwem swoich smartfonów;
- Inteligentne planowanie: warstwa inteligentnego planowania obejmuje głównie zaawansowane modele i algorytmy do pobierania danych z czujników. Techniki oparte na danych i zaawansowanej architekturze decyzyjnej mogą być wykorzystywane do inteligentnego planowania (np. aby uzyskać niezawodne planowanie i wykonanie w czasie rzeczywistym, można zastosować rozproszone inteligentne modele z hierarchiczną interaktywną architekturą).



Rysunek. 2. Ramy Przemysłu 4.0 IMS.

Źródło danych: *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0*, R.Y. Zhong, X. Xu, E. Klotz, S.T. Newman, 2017 Engineering.

Inteligentne modele produkcji oparte na danych

Wraz z dużym wzrostem liczby urządzeń cyfrowych wyposażonych w technologię RFID i/lub inteligentne czujniki w produkcji, generowane będą ogromne ilości danych. Takie dane zawierają bogatą informację lub wiedzę, którą można wykorzystać w różnych sytuacjach decyzyjnych⁴⁰. Dlatego efektywne wykorzystanie danych wymaga nie tylko poprawy wydajności produkcji, ale także zwiększa sprawność i pogłębia integrację z innymi podmiotami, takimi jak podmioty logistyczne i podmioty zarządzające łańcuchem dostaw. Przykładowo producent chipów Intel wykorzystał podejście do analizy danych w swoich danych z urządzeń produkcyjnych, aby przewidzieć problemy z jakością. To użycie znacznie zmniejszyło liczbę testów jakości i poprawiło wydajność produkcji. Model oparty na danych wykorzystuje 5 TB danych maszynowych na godzinę w celu opracowania prognoz jakości.

Dynamika w systemie produkcyjnym znacząco wpłynie na jakość i wydajność. Modele oparte na danych mogą w pełni wykorzystywać dane historyczne lub dane w czasie rzeczywistym do diagnozowania lub prognozowania systemu w oparciu o integrację informacji lub wiedzy, eksplorację i analizę danych⁴¹. Przykładowo, dwustopniową strukturę podtrzymania z zastosowaniem podejścia opartego na danych wykorzystano do degradacji prognozowania w produkcji półprzewodników⁴². Oczywiście jest, że w przyszłości modele i usługi oparte na danych lub oparte na wiedzy zostaną w dużej mierze przyjęte do inteligentnej produkcji. Jednym z kluczowych obszarów badań jest integracja usług w chmurze z zarządzaniem wiedzą na platformie, która jest w stanie świadczyć takie usługi dla przedsiębiorstw jak inteligentny projekt i produkcja, modelowanie i symulacja produkcji oraz logistyka i zarządzanie łańcuchem dostaw. Platforma po zgromadzeniu ogromnej ilości danych produkcyjnych z różnych obiektów produkcyjnych wyposażonych w inteligentne czujniki lub urządzenia cyfrowe, będzie mogła połączyć człowieka, logikę maszyn, materiałów, pracy i produkcji. Inteligentne centrum obsługi warsztatów nad chmurą może wykorzystywać modele samouczące się do tworzenia bardziej zaawansowanych lub inteligentnych modeli i algorytmów do zaawansowanego podejmowania decyzji w systemach produkcyjnych.

Inteligentne systemy produkcyjne (IMS)

Projektowanie i rozwój systemów IMS wymaga coraz większej współpracy w całej gamie przedsiębiorstw i przemysłu. Współpracujące modele lub mechanizmy produkcyjne oparte na chmurze będą centralnie sterować dużą różnorodnością obiektów produkcyjnych, dzięki czemu IMS będą mogły działać prawidłowo i skutecznie⁴³. W kontekście *Przemysłu 4.0* IMS są podstawą dla każdego przedsiębiorstwa, które zamierza wdrożyć zaawansowane technologie do tworzenia nowych procesów i usług o wartości dodanej, jak wykazano przy digitalizacji z obszarów pneumatyki⁴⁴. Kluczowy obszar badań w przyszłości obejmuje zdecentralizowane usługi kontroli, skąd każdy inteligentny element systemu może podejmować decyzje samodostosowujące się. Przykładowo, aby utrzymać zsynchronizowany rytm produkcji, inteligentne komponenty działające na każdym etapie linii montażowej będą mogły bezproblemowo współpracować z ruchomymi elementami i innymi liniami.

Autonomiczne inteligentne jednostki produkcyjne są bardzo ważne dla IMS. Są one oparte na bardziej zaawansowanych wbudowanych układach scalonych lub czujnikach, które mogą automatycznie rozpoznawać komponenty, monitorować obiekty on-line i przenosić przedmioty obrabiane. Wykonania produkcyjne oparte na tym systemie będą bardziej wydajne dzięki zaawansowanym autonomicznym urządzeniom bezzałogowym, takim jak pojazdy z przewodnikiem automatycznym (AGV). Kluczowe badania w przyszłości mogą koncentrować się na technologiach wspomagających dla IMS, takich jak AR i VR, dla bezpieczniejszego zakładu produkcyjnego⁴⁵.

40 R.Y. Zhong, S.T. Newman, G.Q. Huang, S. Lan, (2016), Big Data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: Challenges, opportunities, and future perspectives, *Comput Ind Eng*, 101, str. 572-591.

41 J. Zou, Q. Chang, J. Arinez, G. Xiao, Y. Lei, (2017), Dynamic production system diagnosis and prognosis using model-based data-driven method, *Expert Syst Appl*, 80, p. 200-209 and R.Y. Zhong, G.Q. Huang, S. Lan, Q.Y. Dai, T. Zhang, C. Xu, (2015), A two-level advanced production planning and scheduling model for RFID-enabled ubiquitous manufacturing, *Adv Eng Inform*, 29 (4), str. 799-812.

42 M. Luo, H.C. Yan, B. Hu, J.H. Zhou, C.K. Pang, (2015), A data-driven two-stage maintenance framework for degradation prediction in semiconductor manufacturing industries, *Comput Ind Eng*, 85, str. 414-422.

43 R.Y. Zhong, G.Q. Huang, S. Lan, Q.Y. Dai, X. Chen, T. Zhang, (2015), A big data approach for logistics trajectory discovery from RFID-enabled production data, *Int J Prod Econ*, 165, str. 260-272.

44 Digital pneumatics: The first valve to be controlled using apps [Internet]. Esslingen: Festo AG & Co. KG; [data dostępu 20 marzec 2017], strona www: <https://www.festo.com/vtem/en/cms/10169.htm> and E. Klotz, J. Duwe, A pneumatic revolution in automation. *Control Eng Europe* 2017 Apr: 34-35.

45 A.W.W. Yew, S.K. Ong, A.Y.C. Nee, (2016), Towards a griddable distributed manufacturing system with augmented reality interfaces, *Robot Com-Int Manuf*, 39, str. 43-55.

Zaawansowane procesy produkcyjne i usługi będą łatwo zintegrowane z IMS, więc otwarta platforma będzie korzystna dla przedsiębiorstw produkcyjnych, a zwłaszcza małych i średnich przedsiębiorstw.

Współpraca człowiek-maszyna

W ramach *Przemysłu 4.0* ludzie i maszyny będą współpracować przy użyciu technologii poznawczych w środowiskach przemysłowych. Inteligentne maszyny będą w stanie pomóc ludziom w wykonywaniu większości ich pracy za pomocą rozpoznawania mowy, widzenia komputerowego, uczenia maszynowego i zaawansowanych modeli synchronizacji⁴⁶. Dlatego też zaawansowane modele uczenia maszyn są ważne, aby ludzie wraz z maszynami rozwijali umiejętności, które uzupełniają się w różnych warunkach pracy. Jednym z przyszłych kierunków badań jest podejście do uczenia maszynowego „człowiek w pętli”, które umożliwi ludziom skuteczną i efektywną interakcję z modelami decyzyjnymi. Przykładem są tradycyjne systemy uczenia maszynowego lub algorytmy, które mogą być wtrącane w wiedzę ludzką, dzięki czemu rzeczywisty system wykrywania może pomóc w ulepszeniu interakcji człowiek-maszyna i komunikacji. Przykładowo sieć Bionic Learning Network Festo znalazła wiele aplikacji, takich jak chwytak do nauki, który wykorzystywał sztuczną inteligencję do algorytmów samouczących się⁴⁷, a projekt Bionic ANT zastosował systemy wieloagentowe umożliwiające robotom łączenie się w zespoły w celu rozwiązania danego zadania⁴⁸.

Inteligencja maszyn odgrywa ważną rolę we wspieraniu współpracy człowiek-maszyna, ponieważ maszyny będą zapewniać pomoc w każdym zadaniu i wszystkim, co dzieje się w zakładach produkcyjnych, w których występują sytuacje dynamiczne⁴⁹. Kwestie bezpieczeństwa mogą być kluczowym tematem badawczym, ponieważ maszyny wyposażone w inteligentne systemy sterowania zaczynają zachowywać się jak ludzie w rzeczywistych zakładach produkcyjnych. Takie maszyny mogą łatwo komunikować się z pracownikami poprzez procedury samokształcenia i ewolucyjne. Inteligentna integracja człowiek-maszyna do automatyzacji projektowania może być realizowana z ontologii opartych na zarządzaniu wiedzą z lokalnego do globalnego przejścia i oparta na epistemologii spiralnego procesu poznawczego połączonych ideologii i projektowania⁵⁰. Dlatego inteligentne interakcje człowiek-maszyna mogą być wdrażane w złożonym środowisku produkcyjnym, aby ostatecznie uzyskać inteligencję produkcyjną w przyszłości.

Zastosowanie inteligentnej produkcji

Inteligentne aplikacje produkcyjne dla przedsiębiorstw lub całych branż są znaczące w *Przemysle 4.0*, ponieważ mogą one korzystać z najnowocześniejszych technologii. Oparta na agentach (program komputerowy wykorzystywany w programowaniu agentowym) struktura IMS, będzie odpowiednim rozwiązaniem problemu planowania i planowania produkcji, ponieważ działalność przedsiębiorstw produkcyjnych może obejmować wiele różnych elementów, takich jak planowanie i planowanie procesów produkcyjnych, monitorowanie i kontrola jakości oraz zarządzanie magazynem. Implementacja oparta na agentach jest w stanie zdefiniować przepływy pracy i postępować zgodnie z logiką produkcji, dzięki czemu proces decyzyjny związany z tymi elementami może być skutecznie ułatwiony⁵¹. Technologie wieloagentowe mogą być wykorzystane do równoległego sterowania robotami, które są obsługiwane przez architekturę opartą na agentach rozproszonych, aby ułatwić wdrażanie inteligentnej produkcji⁵².

46 V. Antrobus, G. Burnett, C. Krehl, (2017), Driver-passenger collaboration as a basis for human-machine interface design for vehicle navigation systems, *Ergonomics*, 60 (3), str. 321-332.

47 Learning Gripper: Gripping and positioning through independent learning [Internet]. Esslingen: Festo AG & Co. KG; 2013 Apr [data dostępu 30 marzec 2017].

48 BionicANTs: Cooperative behaviour based on natural model [Internet]. Esslingen: Festo AG & Co. KG; 2015 Apr [data dostępu 30 marzec 2017], strona www: https://www.festo.com/PDF_Flip/corp/Festo_BionicANTs/en/#8/z.

49 X. Xu, (2017), Machine Tool 4.0 for the new era of manufacturing, *Int J Adv Manuf Tech*, 92 (5-8), str. 1893-1900.

50 Y.H. Yin, A.Y.C. Nee, S.K. Ong, J.Y. Zhu, P.H. Gu, L.J. Chen, (2015), Automating design with intelligent human-machine integration, *CIRP Ann-Manuf Tech*, 64 (2), str. 655-677.

51 W.M. Shen, Q. Hao, S. Wang, Y. Li, H. Ghenniwa, (2007), An agent-based service-oriented integration architecture for collaborative intelligent manufacturing, *Robot Com-Int anuf*, 23 (3), str. 315-325.

52 R. Priego, N. Iriondo, U. Gangoiti, M. Marcos, (2017), Agent-based middleware architecture for reconfigurable manufacturing systems, *Int J Adv Manuf Tech*, 92 (5-8), str. 1579-1590.

Innym przyszłym wdrożeniem inteligentnej produkcji są rozwiązania oparte na chmurze. Wykorzystują one przetwarzanie w chmurze do udostępniania lub rozpowszechniania zasobów produkcyjnych. Aby w pełni korzystać z IMS zostanie ustanowionych kilka różnych platform chmurowych. Umożliwi to udostępnianie zasobów produkcyjnych na żądanie użytkownikowi końcowemu. Kluczowe przyszłe badania obejmują modelowanie zasobów produkcyjnych w erze *Przemysłu 4.0*, ponieważ typowe zasoby z zaawansowanymi czujnikami są wyposażone w inteligencję i mogą reagować, wyczuwać, a nawet „myśleć”, biorąc pod uwagę różne wymagania produkcyjne lub sytuacje. Odpowiedź na pytanie, jak konwertować takie zasoby na usługi i umieszczać je w platformie opartej na chmurze jest obecnie dużym wyzwaniem.

2. Metodologia badania

2. Survey methodology

Niniejsza praca badawcza realizowana była w dwóch etapach. W pierwszym etapie opracowano metodologię badania, która obejmowała organizację badania, zakres podmiotowy i metodę doboru jednostek do badania pilotażowego, zakres przedmiotowy, zakres czasowy oraz terytorialny. Sporządzono graficzną wersję formularza badania pilotażowego. W drugim etapie przygotowano formularz off-line, założenia do kontroli logiczno-rachunkowej formularza, zaprojektowano i wytworzono System Informatyczny Badania, przeprowadzono badanie pilotażowe oraz kontrolę, analizę i opracowanie wyników badania. Podkreślić, należy, że badanie pilotażowe przeprowadzone zostało na celowo dobranej grupie przedsiębiorstw.

2.1. Zakres czasowy, podmiotowy, przedmiotowy i terytorialny

2.1. Time, unit, subject and territorial scope

Poniżej przedstawiono zakres czasowy, podmiotowy, przedmiotowy i terytorialny pracy badawczej:

a) czasowy:

Badanie obejmowało 2019 r. i zostało zrealizowane w IV kwartale 2019 r.

b) podmiotowy:

Podmioty o liczbie pracujących 10 osób i więcej, które prowadzą działalność gospodarczą zaklasyfikowaną według Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD 2007) do sekcji C *Przetwórstwo Przemysłowe* do następujących działów:

- 10 – Produkcja artykułów spożywczych
- 16 – Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania
- 18 – Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji
- 20 – Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych
- 22 – Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych
- 23 – Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych
- 25 – Produkcja metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń
- 26 – Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych
- 27 – Produkcja urządzeń elektrycznych
- 28 – Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana
- 29 – Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli
- 30 – Produkcja pozostałego sprzętu transportowego (obejmującego m.in. produkcję statków i łodzi, lokomotyw i taboru kolejowego, statków kosmicznych i powietrznych, wojskowych pojazdów bojowych)
- 31 – Produkcja mebli

c) przedmiotowy:

- pozycja przedsiębiorstwa w globalnym łańcuchu wartości,
- wykorzystanie w przedsiębiorstwie oprogramowania typu ERP,
- wykorzystanie w przedsiębiorstwie technologii chmury obliczeniowej (ang. Cloud Computing),
- wykorzystanie w przedsiębiorstwie rozwiązań z zakresu internetu rzeczy (ang. Internet of Things),
- analiza dużych wolumenów danych (ang. Big Data prowadzone w przedsiębiorstwie),
- zastosowanie w przedsiębiorstwie technologii wykorzystujących sztuczną inteligencję,
- cele wykorzystania w przedsiębiorstwie technologii *Przemysłu 4.0*,
- korzyści z wdrożenia w przedsiębiorstwie technologii *Przemysłu 4.0*,
- zmiany w strukturze zatrudnienia w przedsiębiorstwie, będące wynikiem wdrożenia *Przemysłu 4.0*,
- powody niekorzystania w przedsiębiorstwie z technologii *Przemysłu 4.0*,
- zastosowanie w przedsiębiorstwie rozwiązań indywidualizacji produkcji,
- poprodukcyjny monitoring życia produktu w przedsiębiorstwie,
- produkcja maszyn i urządzeń *Przemysłu 4.0* w przedsiębiorstwie,
- dynamika poziomu nakładów inwestycyjnych w przedsiębiorstwie,
- ocena pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstwa w obszarze prowadzonej działalności,
- zagrożenia związane z wykorzystaniem zaawansowanych technologii w przedsiębiorstwie.

d) terytorialny:

badanie ogólnopolskie na poziomie województw oraz makroregionów (NUTS1) i regionów (NUTS2) według klasyfikacji NUTS 2016.

2.2. Dobór jednostek

2.2. Unit selection

Z informacji pozyskanych w trakcie konsultacji z ekspertami z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie wynikało, że przemiany inicjowane rewolucją *Przemysłu 4.0* mogą zachodzić w wielu branżach, zarówno w obszarze produkcji, jak i usług. Często branże pozaprodukcyjne mają większy udział w nowo kreowanym łańcuchu wartości w zestawieniu z branżami produkcyjnymi. Jednak to właśnie w branżę produkcyjnej następuje kumulacja przemian technologicznych będących symptomami nowej rewolucji przemysłowej. Powyższą tezę potwierdzają również międzynarodowe trendy inteligentnej produkcji.

Eksperci rekomendowali, aby badaniem objąć gałęzie przemysłu najbardziej predysponowane do transformacji technologicznej, takie jak:

- przemysł elektromaszynowy (produkcja części maszyn i ich podzespołów, oprzyrządowania i urządzeń technologicznych, automatyki przemysłowej, maszyn i obrabiarek – dla potrzeb obróbki metali oraz drewna);
- przemysł motoryzacyjny (producenci części i podzespołów pojazdów, kompletnych pojazdów);
- przemysł lotniczy – szereg firm z doliny lotniczej (producentów części i podzespołów, maszyn latających);
- produkcja AGD (producenci części oraz oprzyrządowania produkcyjnego, producentów gotowych wyrobów).

W dalszej części opracowania określa się je jako istotne dla *Przemysłu 4.0*. Dobór jednostek do badania został więc oparty o podmioty z zakresu działalności produkcyjnej. Zespół badawczy nie dysponował jednak algorytmem, który określiłby cechy badanych jednostek. Wobec tego podjęto decyzję, aby w pierwszej kolejności przeszukać zasoby informacyjne GUS. Dokonano inwentaryzacji statystycznych źródeł danych wskazanych w szczegółowym opisie przedmiotu zamówienia do niniejszej pracy badawczej, które byłyby istotne z punktu widzenia badanych zagadnień. Do analizy wykorzystano sprawozdania PNT-01 *Sprawozdanie o działalności badawczej i rozwojowej (B + R)*, PNT-02 *Sprawozdanie o innowacjach w przemyśle*, SSI-01 *Sprawozdanie o wykorzystaniu technologii informacyjno-komunikacyjnych w przedsiębiorstwach* oraz statystyki dotyczące wyrobów wysokiej techniki⁵³. Wyselekcjonowane zostały podmioty, które:

- w sprawozdaniu PNT-01 za 2018 r. udzieliły przynajmniej jednej pozytywnej odpowiedzi na pytania: *Czy w 2018 r. prowadzili Państwo działalność badawczą lub rozwojową (B+R)? Czy w 2018 r. finansowali Państwo ze środków wewnętrznych wykonanie prac badawczych lub rozwojowych (B+R) przez inny podmiot?* – zbiorowość ta oznaczona została jako zbiór 1;
- w sprawozdaniu PNT-02 za lata 2012-2014 wykazały wyposażenie w środki automatyzacji procesów produkcyjnych (linie produkcyjne, centra obróbkowe, obrabiarki do metali, roboty i manipulatory przemysłowe lub komputery do sterowania procesami technologicznymi) – zbiór 2;
- w sprawozdaniu SSI-01 za 2018 r. udzieliły pozytywnej odpowiedzi na pytanie: *Czy w 2017 r. przedsiębiorstwo wykorzystywało w swojej działalności drukowanie 3D z wykorzystaniem drukarek 3D będących we własnym posiadaniu?* – zbiór 3;
- w sprawozdaniu SSI-01 za 2018 r. udzieliły pozytywnej odpowiedzi na pytanie: *Czy w 2018 r. przedsiębiorstwo wykorzystywało w swojej działalności roboty przemysłowe lub usługowe?* – zbiór 4;
- wykazały eksport produktów wysokiej techniki w zgłoszeniu celnym lub deklaracji Intrastat – zbiór 5;
- zaklasyfikowane zostały jako producenci wyrobów wysokiej techniki – zbiór 6.

Ponadto dokonano przeglądu następujących pozastatystycznych źródeł danych:

- lista beneficjentów otrzymujących wsparcie z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju na realizację projektów badawczo-rozwojowych – zbiór 7;
- lista beneficjentów uczestniczących w programie „Doktorat wdrożeniowy” – edycja I i II – zbiór 8.

Na potrzeby analizy wygenerowano także zbiór 9, który zawierał wszystkie podmioty ze zbiorów 1-8 (bez duplikatów)⁵⁴.

Tablica 1. Liczebność zbiorów wyodrębnionych w pierwszym etapie procesu doboru jednostek do badania

Zbiory	Liczba podmiotów	Kod zmiennej
1	5638	BR
2	4861	SA
3	479	DRUK
4	1422	ROB
5	7266	WT_EKS
6	658	WT_PKD
7	3626	NCBiR
8	587	DW
9 (bez duplikatów) ⁵⁵	16062	

Źródło: opracowanie własne.

⁵³ Listę produktów wysokiej techniki przedstawiono w załączniku 3.

⁵⁴ W przypadku, gdy ten sam podmiot występował w więcej niż w jednym zbiorze dopilnowano, aby w zbiorze 9 w takiej sytuacji podmiot występował tylko raz.

⁵⁵ Usunięto 8475 duplikatów.

W drugim etapie:

- wyeliminowano podmioty o liczbie pracujących poniżej 10 osób;
- wyeliminowano podmioty zaklasyfikowane zgodnie z PKD 2007 do sekcji A – Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo rybactwo, B – Górnictwo i wydobywanie, O – Administracja publiczna, obrona narodowa, obowiązkowe zabezpieczenia społeczne, P – Edukacja, Q – Opieka zdrowotna i pomoc społeczna, R – Działalność związana z kulturą rozrywką i rekreacją, U – Organizacje i zespoły eksterytorialne;
- pozostawiono podmioty zaklasyfikowane według:
 - podstawowej formy prawnej jako: osoba prawna, jednostka organizacyjna niemająca osobowości prawnej, osoba fizyczna prowadząca działalność gospodarczą,
 - szczególnej formy prawnej jako: spółka partnerska, spółka akcyjna, spółka z ograniczoną odpowiedzialnością, spółka jawna, spółka cywilna, spółka komandytowa, spółka komandytowo-akcyjna, spółka przewidziana w przepisach innych ustaw niż kodeks spółek handlowych i kodeks cywilny, przedsiębiorstwo państwowe, spółdzielnia, oddział przedsiębiorstwa zagranicznego, państwowa jednostka organizacyjna, gminna samorządowa jednostka organizacyjna, powiatowa samorządowa jednostka organizacyjna, wojewódzka samorządowa jednostka organizacyjna, przedsiębiorstwo bez szczególnej formy prawnej,
- w zbiorach 7 i 8 pozostawiono jedynie podmioty, których projekty związane były z tematyką *Przemysłu 4.0*;
- po kontroli stanu aktywności prawnej i ekonomicznej na podstawie aktualnych informacji zawartych w Bazie Jednostek Statystycznych w zbiorach pozostawiono podmioty prowadzące działalność.

Powstałą liczebność przedstawia tablica 2.

Tablica 2. Liczebność zbiorów z uwzględnieniem liczby pracujących, PKD oraz formy prawnej

Zbiory	Liczba podmiotów	Kod zmiennej
1	3743	BR
2	4595	SA
3	476	DRUK
4	1401	ROB
5	4332	WT_EKS
6	658	WT_PKD
7	52	NCBiR
8	56	DW
9 (bez duplikatów) ⁵⁶	11025	

Źródło: opracowanie własne.

W trzecim etapie opracowano sześć wariantów łączenia zbiorów (szczegółowy ich opis zaprezentowano w tablicy 3). Przeprowadzona analiza pozwoliła uzyskać ogólne rozeznanie na temat liczebności zbiorów spełniających określone kryteria.

⁵⁶ Usunięto 4288 duplikatów.

Tablica 3. Procedura łączenia zbiorów utworzonych w pierwszym etapie procesu doboru jednostek do badania

Wariant	Kryteria	Algorytm	Liczba jednostek
1	Przedsiębiorstwa wykorzystujące wszystkie z niżej wymienionych technologii: • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji	DRUK=1 AND ROB=1 AND SA=1	143
2	Przedsiębiorstwa wykorzystujące przynajmniej jedną z niżej wymienionych technologii: • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji	DRUK=1 OR ROB=1 OR SA=1	5540
3	Przedsiębiorstwa, które wykorzystują przynajmniej jedną z niżej wymienionych technologii: • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji lub: – eksportują wyroby wysokiej techniki – są producentami wyrobów wysokiej techniki	DRUK=1 OR ROB=1 OR SA=1 OR WT_EKS=1 OR WT_PKD=1	9055
4	Przedsiębiorstwa, które wykorzystują przynajmniej jedną z niżej wymienionych technologii: • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji lub ponoszą nakłady na działalność B+R	DRUK=1 OR ROB=1 OR SA=1 OR BR=1	7989
5	Przedsiębiorstwa, które wykorzystują przynajmniej jedną z niżej wymienionych technologii: • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji lub: – eksportują wyroby wysokiej techniki – są producentami wyrobów wysokiej techniki – ponoszą nakłady na działalność B+R	DRUK=1 OR ROB=1 OR SA=1 OR WT_EKS=1 OR WT_PKD=1 OR BR=1	11006
6	Przedsiębiorstwa, które wykorzystują przynajmniej jedną z niżej wymienionych technologii : • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji lub: – eksportują wyroby wysokiej techniki – są producentami wyrobów wysokiej techniki – ponoszą nakłady na działalność B+R – otrzymały dotację z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju lub Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na projekty związane z Przemysłem 4.0	DRUK=1 OR ROB=1 OR SA=1 OR WT_EKS=1 OR WT_PKD=1 OR BR=1 OR NCBiR=1 OR DW=1	11025

Źródło: opracowanie własne.

Po analizie powyższych wariantów zespół autorski uznał, że najbardziej adekwatnym zbiorem do badania pilotażowego byłby wariant 6, jednak ze względu na zbyt dużą liczbę jednostek w następnym etapie procesu doboru jednostek do badania analizie poddano tylko przedsiębiorstwa przemysłowe (sekcja C).

W dalszej kolejności dokonano procedury łączenia nowo powstałego zbioru ze zbiorami utworzonymi na podstawie sześciu wariantów zdefiniowanych w drugim etapie. W wariantcie uwzględniającym wszystkie przesłanki mogące wskazywać na występowanie *Przemysłu 4.0* liczebność wyniosła 6711 jednostek.

Tablica 4. Procedura łączenia zbiorów w drugim etapie procesu doboru jednostek do badania

Wariant	Kryteria	Algorytm	Liczba jednostek
1	Przedsiębiorstwa zaklasyfikowane do działów 10–33 wykorzystujące wszystkie z niżej wymienionych technologii: • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji	PKD_C=1 AND DRUK=1 AND ROB=1 AND SA=1	142
2	Przedsiębiorstwa zaklasyfikowane do działów 10–33 wykorzystujące przynajmniej jedną z niżej wymienionych technologii: • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji	PKD_C=1 AND (DRUK=1 OR ROB=1 OR SA=1)	4527
3	Przedsiębiorstwa zaklasyfikowane do działów 10–33, które wykorzystują przynajmniej jedną z niżej wymienionych technologii: • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji lub: – eksportują wyroby wysokiej techniki – są producentami wyrobów wysokiej techniki	PKD_C=1 (DRUK=1 OR ROB=1 OR SA=1 OR WT_EKS=1 OR WT_PKD=1)	5953
4	Przedsiębiorstwa zaklasyfikowane do działów 10–33, które wykorzystują przynajmniej jedną z niżej wymienionych technologii: • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji lub ponoszą nakłady na działalność B+R	PKD_C=1 AND (DRUK=1 OR ROB=1 OR SA=1 OR BR=1)	5559
5	Przedsiębiorstwa zaklasyfikowane do działów 10–33, które wykorzystują przynajmniej jedną z niżej wymienionych technologii: • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji lub: – eksportują wyroby wysokiej techniki – są producentami wyrobów wysokiej techniki – ponoszą nakłady na działalność B+R	PKD_C=1 AND (DRUK=1 OR ROB=1 OR SA=1 OR WT_EKS=1 OR WT_PKD=1 OR BR=1)	6707
6	Przedsiębiorstwa zaklasyfikowane do działów 10–33, które wykorzystują przynajmniej jedną z niżej wymienionych technologii: • drukarki 3D • roboty • środki automatyzacji lub: – eksportują wyroby wysokiej techniki – są producentami wyrobów wysokiej techniki – ponoszą nakłady na działalność B+R – otrzymały dotację z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju lub Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na projekty związane z Przemysłem 4.0	PKD_C=1 AND (DRUK=1 OR ROB=1 OR SA=1 OR WT_EKS=1 OR WT_PKD=1 OR BR=1 OR NCBiR=1 OR DW=1)	6711

Źródło: opracowanie własne.

W celu uzyskania pełniejszego obrazu struktur zbiorów wyodrębnionych w drugim i trzecim etapie dokonano analizy ich rozkładów według działów składających się na sekcję C „Przetwórstwo przemysłowe (w tablicy 5 zaprezentowano ich liczebność). O ile pierwotnie wytypowano jako najbardziej adekwatny do badania zbiór obejmujący działy: 16, 26, 27, 28, 29, 30, 31 (tablica 5), o tyle sporządzone zestawienie wskazało kolejne, istotne działy (tablica 6).

Największy ich odsetek wystąpił w wariantcie 1 obejmującym przedsiębiorstwa posiadające własne drukarki 3D, roboty oraz środki automatyzacji. Spośród 142 podmiotów prowadzących działalność w zakresie przetwórstwa przemysłowego spełniających ten warunek, 57% zaklasyfikowano do rekomendowanych działów. W przypadku pozostałych wariantów udział podmiotów zaklasyfikowanych do rekomendowanych działów nie przekroczył 50%. Na podstawie analizy niniejszych danych eksperci wskazali dodatkowe działy:

- 10 – Produkcja artykułów spożywczych
- 18 – Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji
- 20 – Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych
- 22 – Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych
- 23 – Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych
- 25 – Produkcja metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń

jako te, w których z dużym prawdopodobieństwem występują technologie z obszaru *Przemysłu 4.0*. W tablicy 6 zaprezentowano liczebności zbiorów analogicznie jak w tablicy 5, podkreślając znaczenie dodatkowych działów rekomendowanych przez ekspertów w drugim podejściu. Z przedstawionych danych wynikało, że udział działów rekomendowanych po rozszerzeniu przekraczał 80% całej sekcji C w każdym z wariantów. Ostatecznie zdecydowano, że badaniem objęte zostaną zarówno przedsiębiorstwa zaklasyfikowane do działów rekomendowanych w pierwszym i drugim podejściu – w sumie 5515 podmiotów.

Tablica 5. Liczebność zbiorów spełniających założone kryteria według działów składających się na sekcję C „Przetwórstwo przemysłowe” – podejście 1

Kod działu	Działy PKD	Warianty					
		1	2	3	4	5	6
10	Produkcja artykułów spożywczych	4	538	555	608	623	623
11	Produkcja napojów	–	71	71	73	73	73
12	Produkcja wyrobów tytoniowych	–	6	6	6	6	6
13	Produkcja wyrobów tekstylnych	1	84	98	102	115	115
14	Produkcja odzieży	–	66	76	74	81	81
15	Produkcja skór i wyrobów ze skór wyprawionych	–	38	42	40	44	44
16	Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze stomy i materiałów używanych do wyplatania	–	210	220	237	245	245
17	Produkcja papieru i wyrobów z papieru	1	152	159	177	184	184
18	Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji	–	92	112	112	127	127
19	Wytwarzanie i przetwarzanie koksu i produktów rafinacji ropy naftowej	–	17	18	23	23	23
20	Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	1	196	266	273	325	325
21	Produkcja podstawowych substancji farmaceutycznych oraz leków i pozostałych wyrobów farmaceutycznych	1	50	124	67	124	124
22	Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych	16	445	563	545	645	645

Źródło: opracowanie własne.

Tablica 5. Liczebność zbiorów spełniających założone kryteria według działów składających się na sekcję C „Przetwórstwo przemysłowe” – podejście 1 (dok.)

Kod działu	Działy PKD	Wariant					
		1	2	3	4	5	6
23	Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych	6	268	283	312	325	325
24	Produkcja metali	3	140	157	157	172	172
25	Produkcja metalowych wyrobów gotowych z wyłączeniem maszyn i urządzeń	20	704	892	848	1017	1018
26	Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych	14	138	478	205	478	478
27	Produkcja urządzeń elektrycznych	18	207	312	268	352	353
28	Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana	8	354	515	512	624	624
29	Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli	31	270	299	308	331	331
30	Produkcja pozostałego sprzętu transportowego	5	75	123	99	130	130
31	Produkcja mebli	5	241	272	263	291	291
32	Pozostała produkcja wyrobów	5	95	152	133	174	174
33	Naprawa, konserwacja i instalowanie maszyn i urządzeń	3	70	160	117	198	200
Suma wszystkich działów		142	4527	5953	5559	6707	6711
Suma działów rekomendowanych		81	1495	2219	1892	2451	2452
Udział działów rekomendowanych w całej sekcji (w %)		57,0	33,0	37,3	34,0	36,5	36,5

Źródło: opracowanie własne.

Tablica 6. Liczebność zbiorów spełniających założone kryteria według działów składających się na sekcję C „Przetwórstwo przemysłowe” – podejście 2

Kod działu	Działy PKD	Wariant					
		1	2	3	4	5	6
10	Produkcja artykułów spożywczych	4	538	555	608	623	623
11	Produkcja napojów	–	71	71	73	73	73
12	Produkcja wyrobów tytoniowych	–	6	6	6	6	6
13	Produkcja wyrobów tekstylnych	1	84	98	102	115	115
14	Produkcja odzieży	–	66	76	74	81	81
15	Produkcja skór i wyrobów ze skór wyprawionych	–	38	42	40	44	44
16	Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze stomy i materiałów używanych do wyplatania	–	210	220	237	245	245
17	Produkcja papieru i wyrobów z papieru	1	152	159	177	184	184
18	Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji	–	92	112	112	127	127
19	Wytwarzanie i przetwarzanie koksu i produktów rafinacji ropy naftowej	–	17	18	23	23	23
20	Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	1	196	266	273	325	325
21	Produkcja podstawowych substancji farmaceutycznych oraz leków i pozostałych wyrobów farmaceutycznych	1	50	124	67	124	124

Źródło: opracowanie własne.

Tablica 6. Liczebność zbiorów spełniających założone kryteria według działów składających się na sekcję C „Przetwórstwo przemysłowe” – podejście 2 (dok.)

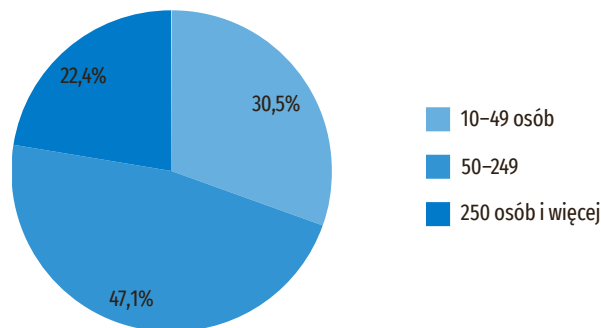
Kod działu	Działy PKD	Wariant					
		1	2	3	4	5	6
22	Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych	16	445	563	545	645	645
23	Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych	6	268	283	312	325	325
24	Produkcja metali	3	140	157	157	172	172
25	Produkcja metalowych wyrobów gotowych z wyłączeniem maszyn i urządzeń	20	704	892	848	1017	1018
26	Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych	14	138	478	205	478	478
27	Produkcja urządzeń elektrycznych	18	207	312	268	352	353
28	Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana	8	354	515	512	624	624
29	Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli	31	270	299	308	331	331
30	Produkcja pozostałego sprzętu transportowego	5	75	123	99	130	130
31	Produkcja mebli	5	241	272	263	291	291
32	Pozostała produkcja wyrobów	5	95	152	133	174	174
33	Naprawa, konserwacja i instalowanie maszyn i urządzeń	3	70	160	117	198	200
Suma wszystkich działów		142	4527	5953	5559	6707	6711
Suma działów rekomendowanych po rozszerzeniu		128	3738	4890	4590	5513	5515
Udział działów rekomendowanych w całej sekcji (w %)		90,1	82,6	82,1	82,6	82,2	82,2

Źródło: opracowanie własne.

Przy doborze jednostek posłużono się metodą ekspercką. Eksperti wiodący projektu wytypowali branże określone jako istotne dla *Przemysłu 4.0*, które według ich wiedzy i doświadczenia stanowią największy potencjał w kontekście transformacji technologicznej. Kryterium doboru stanowiło z jednej strony wyższe niż przeciętnie prawdopodobieństwo wykorzystywania technologii i świadczenia usług charakteryzujących *Przemysł 4.0* oraz z drugiej strony istotność danej gałęzi przemysłu dla polskiej gospodarki mimo mniejszego potencjału transformacyjnego – przykładem może być tu branża meblarska. Przeprowadzona analiza struktur miała na celu potwierdzić słuszność wyboru.

W zbiorowości 5515 celowo dobranych jednostek blisko połowę stanowiły przedsiębiorstwa o liczbie pracujących 50–249 osób, prawie jedną trzecią przedsiębiorstwa o liczbie pracujących 10–49 osób, a pozostałą część – o liczbie pracujących 250 osób i więcej. Pod względem rodzaju prowadzonej działalności największy odsetek dotyczył przedsiębiorstw zajmujących się produkcją metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń – 18,5%, wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych – 11,7%, artykułów spożywczych oraz maszyn i urządzeń gdzie indziej nie sklasyfikowanych – po 11,3%.

Wykres 1. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według liczby pracujących (w % badanych jednostek)



Źródło: opracowanie własne.

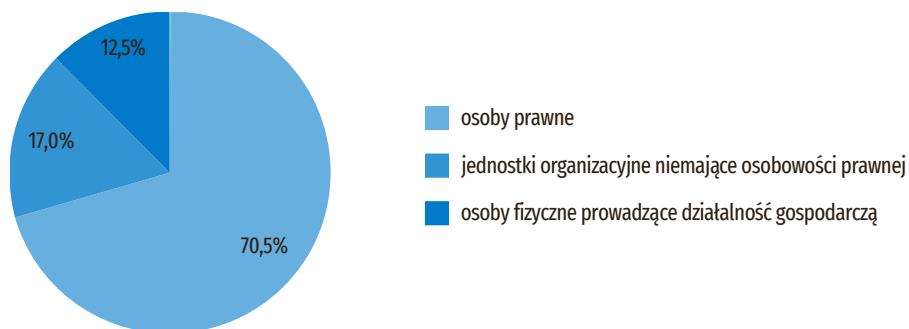
Tablica 7. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według działów PKD

Kod działu	Działy PKD	Podmioty	
		liczba	%
	Ogółem	5515	100,0
10	Produkcja artykułów spożywczych	623	11,2
16	Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania	245	4,4
18	Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji	127	2,3
20	Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	325	5,9
22	Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych	645	11,7
23	Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych	325	5,9
25	Produkcja metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń	1018	18,5
26	Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych	478	8,7
27	Produkcja urządzeń elektrycznych	353	6,4
28	Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana	624	11,3
29	Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli	331	6,0
30	Produkcja pozostałego sprzętu transportowego	130	2,4
31	Produkcja mebli	291	5,3

Źródło: opracowanie własne.

Prawie trzy czwarte zbiorowości tworzyły osoby prawne (70,5%), w tym ponad połowę – spółki z ograniczoną odpowiedzialnością (57,0%), a przeszło 10% – osoby fizyczne prowadzące działalność gospodarczą.

Wykres 2. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według podstawowej formy prawnej (%)



Źródło: opracowanie własne.

Tablica 8. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według szczególnych form prawnych

Szczególna forma prawna	Podmioty	
	liczba	%
Ogółem	5515	100,0
Spółka cywilna	100	1,8
Osoba fizyczna prowadząca działalność gospodarczą	690	12,5
Spółka akcyjna	631	11,4
Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością	3143	57,0
Spółka jawna	442	8,0
Spółka komandytowa	371	6,7
Spółka komandytowo-akcyjna	16	0,3
Przedsiębiorstwo państwowe	1	0,0
Spółdzielnia	112	2,0
Oddział zagranicznego przedsiębiorcy	8	0,1
Państwowa jednostka organizacyjna	1	0,0

Źródło: opracowanie własne.

Niemal cały zbiór objął przedsiębiorstwa sektora prywatnego (98,9%), a prawie dwie trzecie to przedsiębiorstwa, w których własność krajowa stanowiła większość lub ponad połowę udziałów w strukturze właścicielskiej.

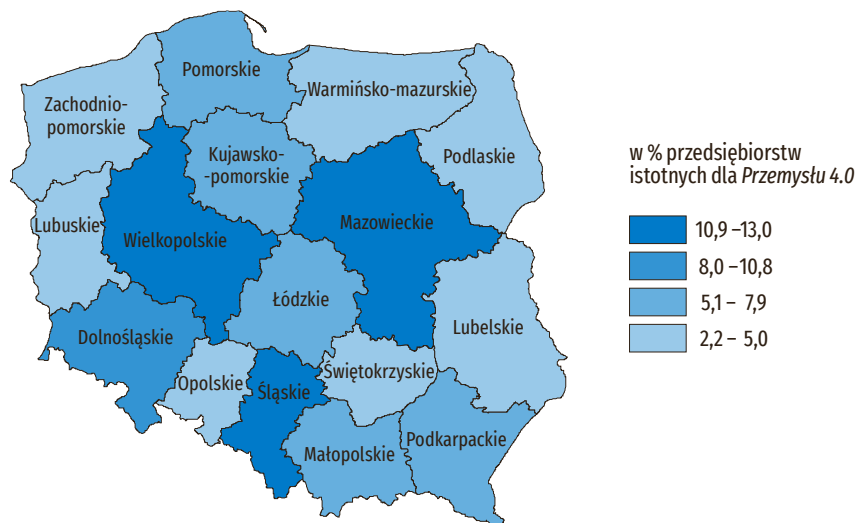
Tablica 9. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według form własności

Sektory	Podmioty	
	liczba	%
Publiczny	62	1,1
własność:		
państwowa	29	0,5
w tym Skarb Państwa	16	0,3
samorządowa	2	0,0
mieszana	31	0,6
Prywatny	5453	98,9
własność:		
krajowa	3474	63,0
zagraniczna	1242	22,5
mieszana	737	13,4

Źródło: opracowanie własne.

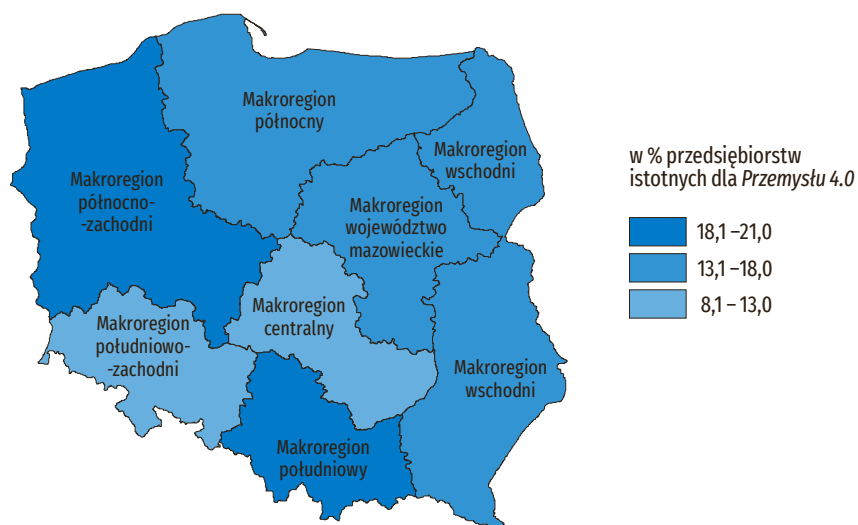
Pod względem podziału terytorialnego największym odsetkiem podmiotów biorących udział w badaniu pilotażowym charakteryzowały się przedsiębiorstwa z województw: mazowieckiego i śląskiego – po 12,8% oraz wielkopolskiego – 12,0%.

Mapa 1. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według województw



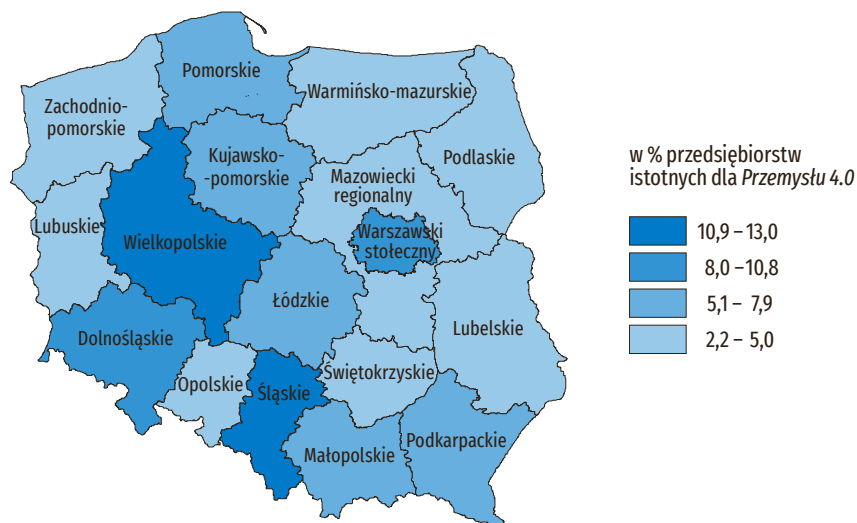
Źródło: opracowanie własne.

Mapa 2. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według makroregionów (według NUTS 2016 – poziom 1)



Źródło: opracowanie własne.

Mapa 3. Jednostki biorące udział w badaniu pilotażowym według regionów (według NUTS 2016 – poziom 2)



Źródło: opracowanie własne.

3. Analiza wyników badania pilotażowego

3. Analysis of pilot study results

W niniejszym rozdziale przedstawiono analizę wyników badania pilotażowego przeprowadzonego na celowo dobranej grupie przedsiębiorstw istotnych z punktu widzenia *Przemysłu 4.0* w Polsce. Prezentowane wskaźniki nie odnoszą się do ogółu przedsiębiorstw w kraju lecz do ogółu badanej grupy przedsiębiorstw. Zaprezentowane poniżej wyniki badania dotyczą zagadnień związanych z *Przemysłem 4.0*, które opisano w rozdziale pierwszym.

Pozycja przedsiębiorstwa w globalnym łańcuchu wartości

Łańcuch wartości to ciąg powiązanych ze sobą czynności, realizowanych w ramach procesu wytwarzania finalnego produktu lub usługi, które umożliwiają uzyskiwanie wartości dodanej⁵⁷. W dobie rozwoju globalnej gospodarki oraz postępującej automatyzacji procesów produkcyjnych kwestia pozycji przedsiębiorstw w globalnym łańcuchu wartości nabiera coraz większego wpływu na siłę danej gospodarki.

Spośród zbadanych przedsiębiorstw 70,4% wytwarzało ostateczny produkt trafiający bezpośrednio do klienta końcowego, a ponad połowa posiadała prawo własności do dokumentacji technologicznej, na podstawie której był on produkowany (55,4%). Biorąc pod uwagę klasę wielkości przedsiębiorstw pomimo niewielkich różnic w odsetkach najwyższą wartością cechowały się jednostki małe (71,4%), natomiast prawo własności do dokumentacji technologicznej posiadały najczęściej podmioty duże (58,7%).

Wyniki badania potwierdzają, że przedsiębiorstwa z działu *Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana* należą do najliczniejszej grupy podmiotów, których ostateczny produkt trafiał bezpośrednio do klienta końcowego (84,2% podmiotów), podobnie jak przedsiębiorstwa posiadające prawo własności do dokumentacji technologicznej (76,9%). Najmniej liczną grupę podmiotów wytwarzających ostateczny produkt odnotowano w dziale *Produkcja pozostałego sprzętu transportowego*⁵⁸ (60,0%), natomiast prawo własności do dokumentacji, na podstawie której wytwarzano produkt, najrzadziej posiadały przedsiębiorstwa zajmujące się *Poligrafiami i reprodukcją zapisanych nośników informacji* (26,1%).

⁵⁷ S. Wrycza, *Informatyka ekonomiczna. Podręcznik akademicki*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2010.

⁵⁸ Obejmującego m.in. produkcję statków i łodzi, lokomotyw i taboru kolejowego, statków kosmicznych i powietrznych, wojskowych pojazdów bojowych.

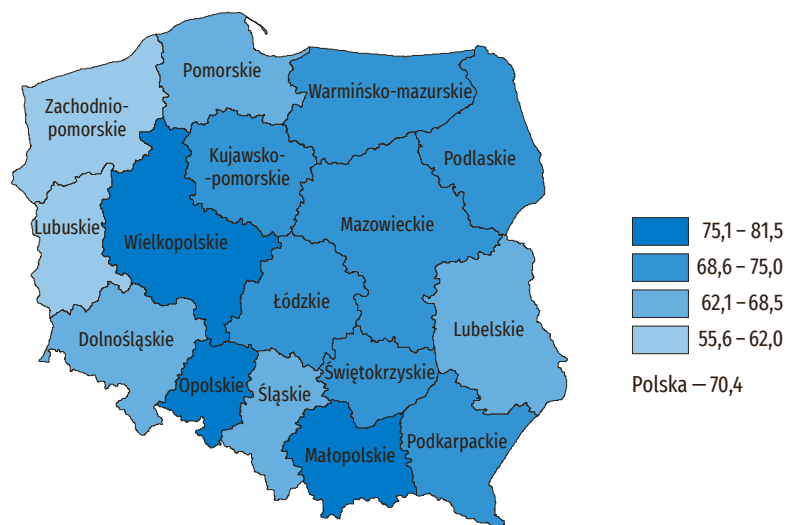
Tablica 10. Przedsiębiorstwa wytwarzające ostateczny produkt oraz posiadające prawo własności do dokumentacji technologicznej według działów PKD (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)

Kod działu	Działy PKD	Odsetek przedsiębiorstw	
		których produkt trafił do klienta końcowego	posiadających prawo własności do dokumentacji technologicznej
10	Produkcja artykułów spożywczych	75,5	58,8
16	Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania	71,3	44,7
18	Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji	60,9	26,1
20	Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	66,2	58,7
22	Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych	61,4	46,5
23	Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych	82,8	63,9
25	Produkcja metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń	65,9	50,8
26	Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych	68,3	56,5
27	Produkcja urządzeń elektrycznych	74,5	57,7
28	Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana	84,2	76,9
29	Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli	62,1	47,6
30	Produkcja pozostałego sprzętu transportowego	60,0	49,1
31	Produkcja mebli	72,7	52,5

Źródło: opracowanie własne.

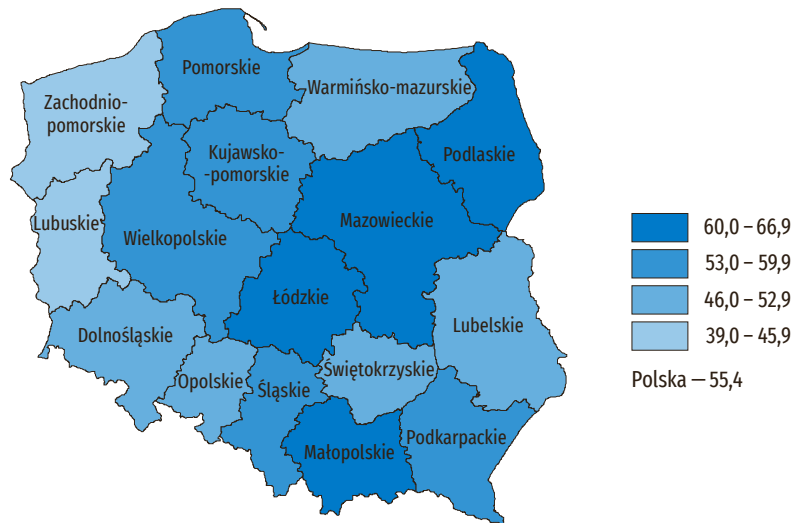
Pod względem lokalizacji przedsiębiorstw najwyższy odsetek jednostek wytwarzających ostateczny produkt odnotowano w województwie opolskim (81,3%), a najniższy – w lubuskim (55,9%), które cechował również najmniejszy udział przedsiębiorstw posiadających prawo własności do dokumentacji technologicznej (39,0%). Natomiast najczęściej posiadanie prawa własności do dokumentacji technologicznej deklarowano w województwie małopolskim (66,2% przedsiębiorstw ogółem).

Mapa 4. Przedsiębiorstwa wytwarzające ostateczny produkt według województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Mapa 5. Przedsiębiorstwa posiadające prawo własności do dokumentacji technologicznej według województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Wśród przedsiębiorstw wytwarzających produkt końcowy średnia ocena pozycji konkurencyjnej w skali kraju w pięciostopniowej skali była nieznacznie wyższa od średniej jednostek badanych ogółem (3,73 wobec 3,68), natomiast średnia pozycji konkurencyjnej w skali świata w przypadku tych podmiotów była nieco niższa niż średnia ogółem (2,83 wobec 2,85).

Analizując sposób zaopatrywania się przedsiębiorstw w komponenty, podzespoły lub półprodukty/surowce zauważyć można, że najwięcej przedsiębiorstw dostarczało je częściowo korzystając z własnych zasobów, a częściowo przez poddostawców/podwykonawców (68,2%). Najczęściej ten sposób zaopatrywania się podmiotów był stosowany w jednostkach dużych (75,6%). Jedna czwarta przedsiębiorstw korzystała z komponentów, podzespołów lub półproduktów/surowców dostarczanych wyłącznie przez poddostawców/podwykonawców. Niecałe 7% przedsiębiorstw używało wyłącznie komponentów własnych, a wśród nich najliczniejszą grupę stanowiły przedsiębiorstwa małe.

Tablica 11. Przedsiębiorstwa korzystające z komponentów, podzespołów lub półproduktów według klas wielkości i działów PKD (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)

PRZEDSIĘBIORSTWA DZIAŁY PKD	Odsetek przedsiębiorstw korzystających z komponentów, podzespołów lub półproduktów/surowców dostarczanych przez		
	wyłącznie samo przedsiębiorstwo	częściowo samo przedsiębiorstwo a częściowo poddostawców/podwykonawców	wyłącznie poddostawców/podwykonawców
OGÓŁEM	6,8	68,2	25,1
Według klas wielkości			
małe	7,2	64,5	28,3
średnie	6,6	66,9	26,5
duże	6,6	75,6	17,8

Tablica 11. Przedsiębiorstwa korzystające z komponentów, podzespołów lub półproduktów według klas wielkości i działów PKD (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0) (dok.)

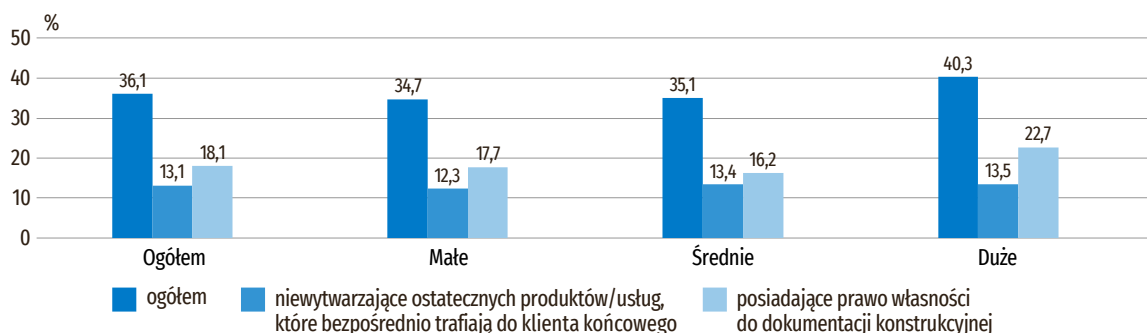
Przedsiębiorstwa Działy PKD		Odsetek przedsiębiorstw korzystających z komponentów, podzespołów lub półproduktów/surowców dostarczanych przez		
		wyłącznie samo przedsię- biorstwo	częściowo samo przedsię- biorstwo a częściowo poddostawców/ podwykonaw- ców	wyłącznie poddostawców/ podwykonaw- ców
Według działów PKD				
10	Produkcja artykułów spożywczych	11,2	45,1	43,8
16	Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania	16,0	62,8	21,3
18	Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji	10,9	50,0	39,1
20	Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	4,5	51,9	43,6
22	Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych	7,5	62,7	29,9
23	Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych	9,0	51,6	39,3
25	Produkcja metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń	6,2	76,1	17,7
26	Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych	3,7	69,6	26,7
27	Produkcja urządzeń elektrycznych	5,8	76,6	17,5
28	Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana	2,1	88,9	9,0
29	Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli	4,8	78,2	16,9
30	Produkcja pozostałego sprzętu transportowego	5,5	87,3	7,3
31	Produkcja mebli	7,1	75,8	17,2

Źródło: opracowanie własne.

Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania to branża, w której skupionych było najwięcej przedsiębiorstw korzystających z komponentów, podzespołów lub półproduktów/surowców dostarczanych wyłącznie przez samo przedsiębiorstwo (16,0%). Najmniej takich przedsiębiorstw odnotowano w dziale *Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana* (2,1%). Wśród przedsiębiorstw, które częściowo przez samo przedsiębiorstwo, a częściowo przez poddostawców/podwykonawców korzystało z dostaw komponentów, podzespołów lub półproduktów/surowców, najliczniejszą grupę tworzyły podmioty z działu *Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana* (88,9%), natomiast najmniejszą – podmioty z działu *Produkcja artykułów spożywczych* (45,1%). W przypadku przedsiębiorstw korzystających z komponentów, podzespołów lub półproduktów/surowców dostarczanych wyłącznie przez poddostawców/podwykonawców najliczniejszą grupę zaobserwowano wśród podmiotów z działu *Produkcja artykułów spożywczych* (43,8%), a najmniejszą – z działu *Produkcja pozostałego sprzętu transportowego* (7,3%).

Ponad jedną trzecią przedsiębiorstw stanowili poddostawcy/podwykonawcy części/komponentów do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów, a 18,1% posiadało prawo własności do dokumentacji konstrukcyjnej, na podstawie której wytwarzało komponenty do maszyn/urządzeń/systemów innych producentów. Spośród przedsiębiorstw będących poddostawcami 36,2% nie wytwarzało ostatecznych produktów/usług, które trafiały bezpośrednio do klienta końcowego. Największą grupę przedsiębiorstw będących poddostawcami tworzyły jednostki duże (40,3%).

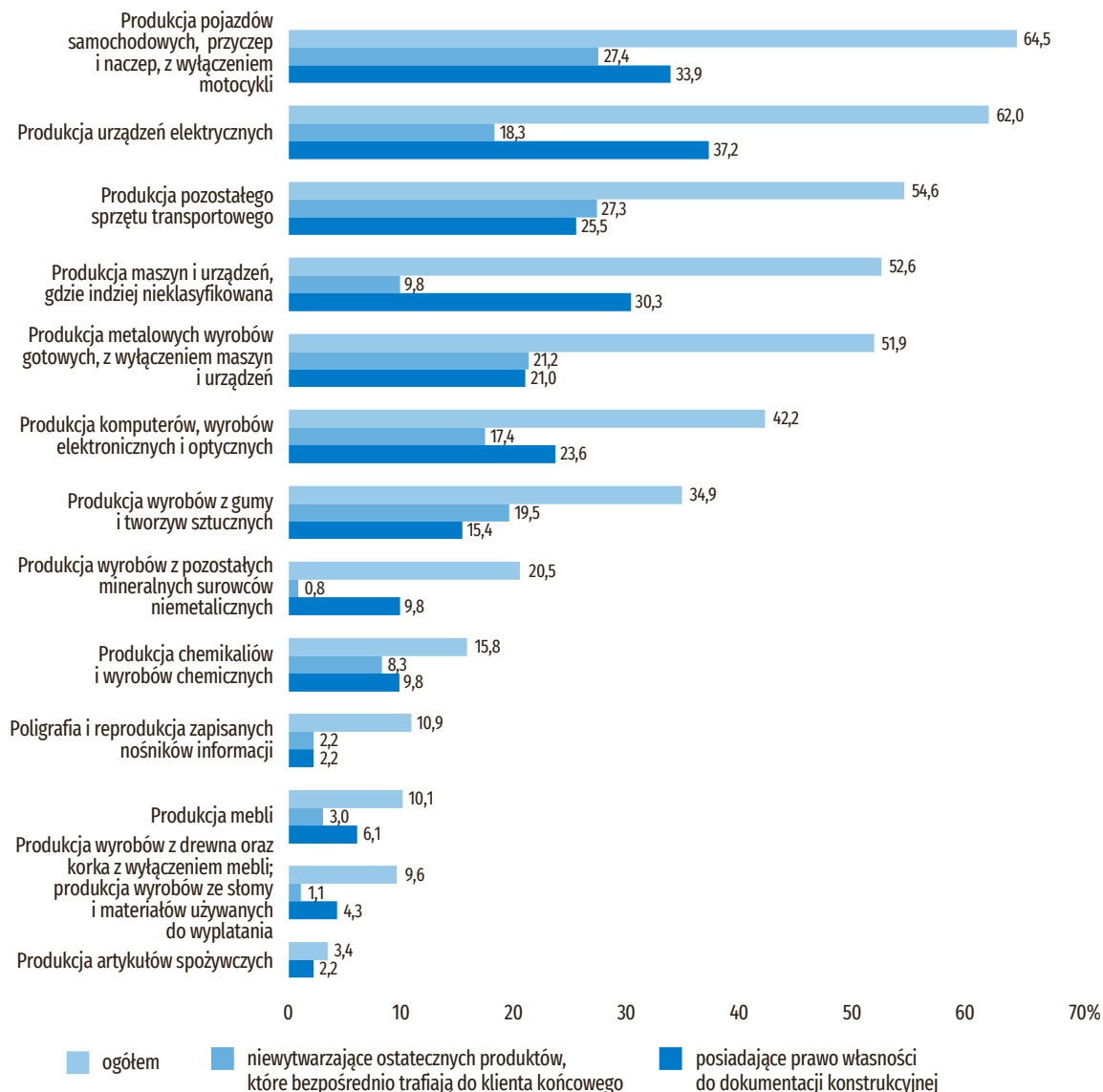
Wykres 3. Przedsiębiorstwa będące poddostawcami/podwykonawcami części do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów według klas wielkości (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Najwyższy odsetek jednostek, będących poddostawcami części/komponentów do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów oraz takich, które nie wytwarzały ostatecznych produktów/usług odnotowano w dziale *Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli* (odpowiednio 64,5% i 27,4%). Największy udział przedsiębiorstw posiadających prawo własności do dokumentacji konstrukcyjnej wystąpił w dziale *Produkcja urządzeń elektrycznych* (37,2%). Najmniej podmiotów, będących poddostawcami części/komponentów do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów odnotowano w dziale *Produkcja artykułów spożywczych* (3,4%). Te same przedsiębiorstwa najrzadziej posiadały prawo własności do dokumentacji konstrukcyjnej (2,2%), podobnie jak podmioty w dziale *Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji* (2,2%). W grupie przedsiębiorstw, które były poddostawcami części/komponentów, a nie wytwarzały ostatecznego produktu/usługi, nie wystąpiły podmioty prowadzące działalność związaną z produkcją artykułów spożywczych.

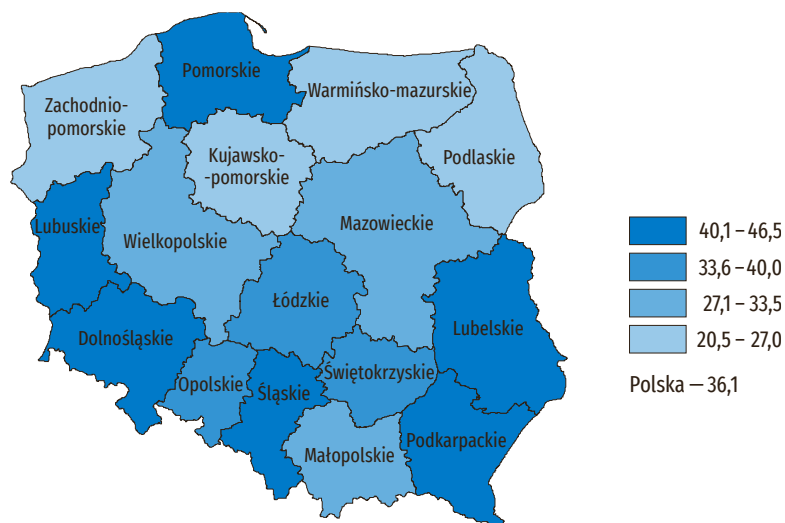
Wykres 4. Przedsiębiorstwa będące poddostawcami/podwykonawcami części do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów według działów PKD (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Największy odsetek przedsiębiorstw będących poddostawcami części/komponentów do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów odnotowano w województwie dolnośląskim (46,1%), natomiast najmniejszy – w województwie podlaskim (20,7%).

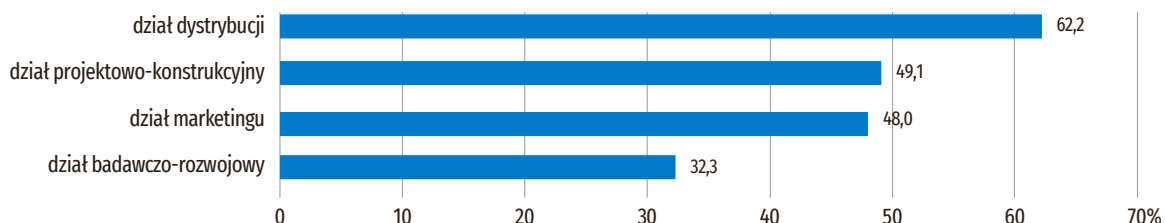
Mapa 6. Przedsiębiorstwa będące poddostawcami/podwykonawcami części do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów według województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

W przedsiębiorstwach wykorzystujących nowoczesne technologie *Przemysłu 4.0* niezbędna staje się odpowiednia struktura organizacyjna. W 2019 r. ponad 60% badanych przedsiębiorstw w swojej strukturze organizacyjnej posiadało dział dystrybucji, a blisko połowa – dział projektowo-konstrukcyjny i dział marketingu. Niespełna co trzecie przedsiębiorstwo dysponowało działem badawczo-rozwojowym. Każdy z tych działów najczęściej występował wśród podmiotów dużych. Najwięcej przedsiębiorstw posiadających w swojej strukturze dział badawczo-rozwojowy i dział dystrybucji odnotowano wśród podmiotów prowadzących działalność związaną z *Produkcją chemikaliów i wyrobów chemicznych* (odpowiednio 54,1% i 73,7%), natomiast dział projektowo-konstrukcyjny i dział marketingu – w *Produkcji maszyn i urządzeń, gdzie indziej nieskasyfikowanej* (odpowiednio 78,6% i 56,8%). Najmniejszy odsetek przedsiębiorstw posiadających działy dystrybucji i marketingu wystąpił wśród podmiotów zajmujących się *Produkcją wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcją wyrobów ze słomy i materiałów do wyplatania* (odpowiednio 47,9% i 30,9%). Najrzadziej, posiadanie w swoich strukturach działu badawczo-rozwojowego deklarowały podmioty zajmujące się produkcją mebli, natomiast działu projektowo-konstrukcyjnego – przedsiębiorstwa produkujące artykuły spożywcze.

Wykres 5. Struktura organizacyjna przedsiębiorstw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Pod względem struktury organizacyjnej posiadanych działów w przedsiębiorstwach według lokalizacji badanych jednostek zauważyć można, że najwięcej przedsiębiorstw posiadających każdy z omawianych działów odnotowano w województwie opolskim. Najrzadziej dział projektowo-konstrukcyjny posiadały podmioty z województwa warmińsko-mazurskiego, dział badawczo-rozwojowy – świętokrzyskiego, a dział dystrybucji – zachodniopomorskiego.

Tablica 12. Struktura organizacyjna przedsiębiorstw według posiadanych działów i województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Odsetek przedsiębiorstwa posiadających w swojej strukturze organizacyjnej dział			
	badawczo- -rozwijowy	projektowo- -konstrukcyjny	dystrybucji	marketingu
Polska	32,3	49,1	62,2	48,0
Dolnośląskie	33,9	55,6	61,1	40,6
Kujawsko-pomorskie	36,2	44,7	67,4	54,6
Lubelskie	34,7	40,0	62,7	44,0
Lubuskie	28,8	54,2	52,5	42,4
Łódzkie	33,9	46,1	63,5	51,3
Małopolskie	31,7	51,7	65,5	58,6
Mazowieckie	40,0	43,5	65,9	56,5
Opolskie	45,8	62,5	79,2	56,3
Podkarpackie	38,5	61,5	61,5	43,0
Podlaskie	34,5	43,1	77,6	53,5
Pomorskie	33,3	53,3	60,8	49,2
Śląskie	29,9	48,8	56,6	48,8
Świętokrzyskie	19,6	52,9	72,6	52,9
Warmińsko-mazurskie	22,2	37,0	64,8	31,5
Wielkopolskie	26,0	51,1	60,4	41,0
Zachodniopomorskie	20,6	37,4	46,7	36,5

Źródło: opracowanie własne.

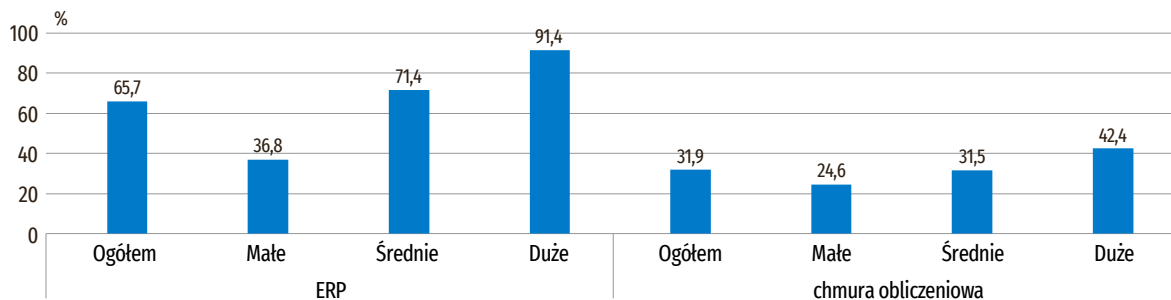
Wykorzystanie technologii ERP i chmury obliczeniowej

Wykorzystanie nowoczesnych technologii jest jednym z filarów funkcjonowania konkurencyjnego przedsiębiorstwa. Do podstawowych technologii związanych z *Przemysłem 4.0* należą m. in. ERP i chmura obliczeniowa. Technologia ERP jest oprogramowaniem przeznaczonym do zarządzania zasobami przedsiębiorstwa poprzez wymianę informacji pomiędzy różnymi jego działami (np. księgowości, projektów, produkcji, dystrybucji, marketingu). Technologia chmury obliczeniowej polega na dostarczaniu usług obliczeniowych poprzez Internet (m. in. serwerów, danych, sieci, oprogramowania, analiz) w ramach jednej opłaty, co pozwala wyeliminować konieczność zakupu i instalacji dodatkowego oprogramowania lub sprzętu.

W 2019 r. 65,7% przedsiębiorstw stosowało oprogramowanie pozwalające na automatyczną wymianę informacji (ERP), natomiast 31,9% wykorzystywało chmurę obliczeniową. Każdą z tych technologii najczęściej wykorzystywały podmioty duże, najrzadziej – małe.

W 2019 r. największy odsetek jednostek, które korzystały z oprogramowania ERP, odnotowano w dziale *Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji* (78,3%), a najmniejszy – w dziale *Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania* (41,5%). Z usług chmury obliczeniowej korzystały najczęściej przedsiębiorstwa z działu *Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli* (42,7%), zaś najrzadziej podmioty z działu *Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania* (22,3%).

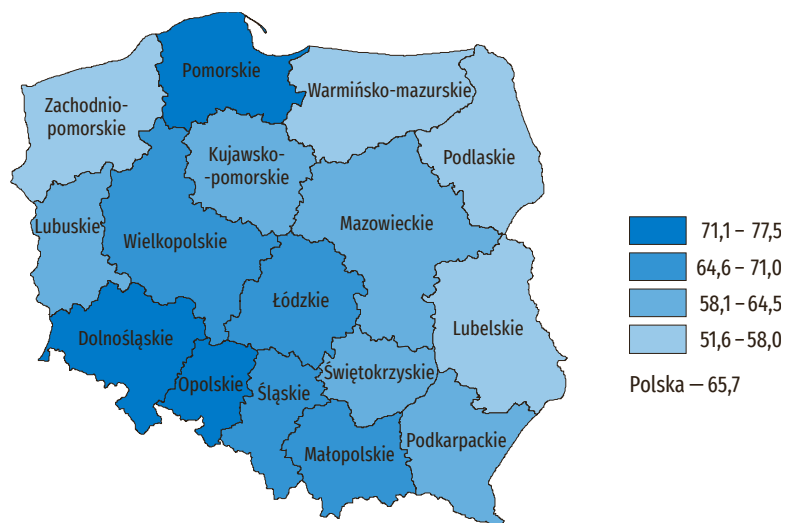
Wykres 6. Przedsiębiorstwa wykorzystujące technologie ERP i chmury obliczeniowej według klas wielkości (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danej klasie wielkości)



Źródło: opracowanie własne.

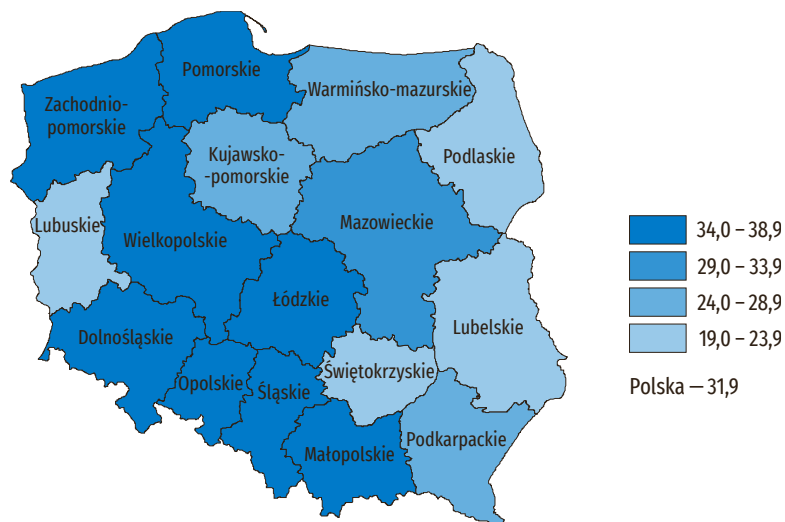
Najwięcej przedsiębiorstw stosujących oprogramowanie do automatycznej wymiany informacji (ERP) zlokalizowanych było w województwie opolskim – ponad trzy czwarte, najmniej – w województwie warmińsko-mazurskim (51,9%), natomiast usługi w chmurze najczęściej kupowały przedsiębiorstwa w województwie zachodniopomorskim (38,3%), najrzadziej – w województwie podlaskim (19,0%).

Mapa 7. Przedsiębiorstwa wykorzystujące technologie ERP według województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danym województwie)



Źródło: opracowanie własne.

Mapa 8. Przedsiębiorstwa wykorzystujące chmurę obliczeniową według województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danym województwie)

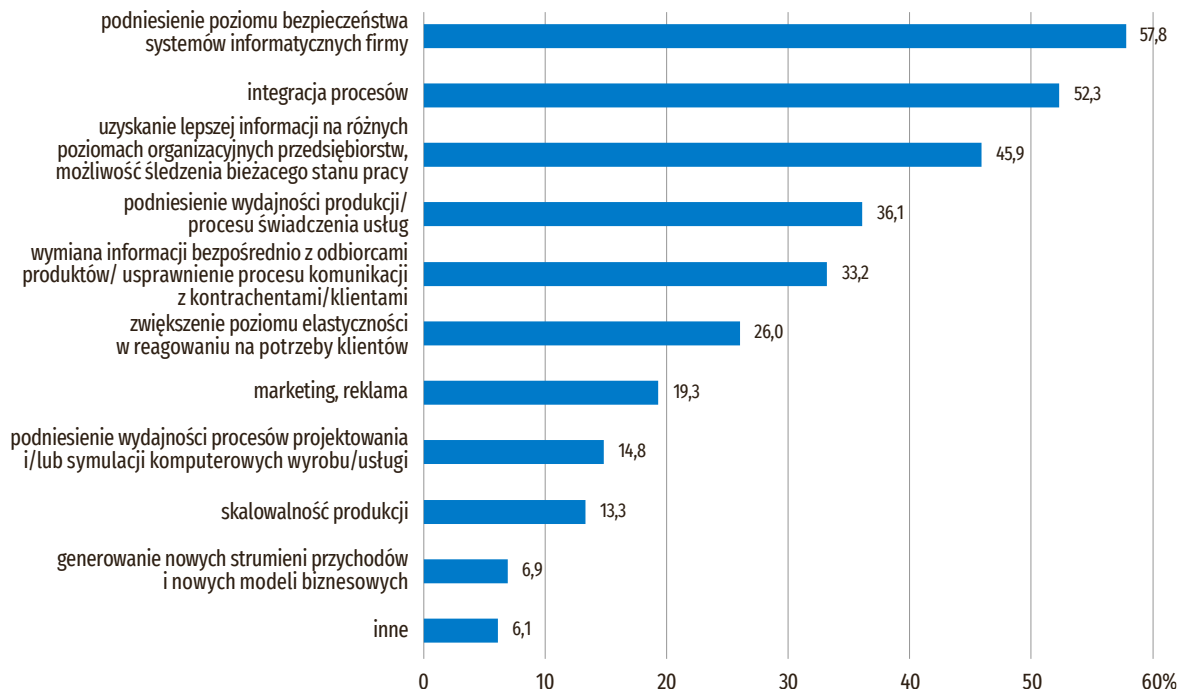


Źródło: opracowanie własne.

Spośród przedsiębiorstw korzystających z chmury obliczeniowej 72,9% stanowiły przedsiębiorstwa przechowujące swoje zasoby danych cyfrowych lub korzystające z usług w zewnętrznej chmurze obliczeniowej kontrolowanej przez dostawców usług internetowych. Niepełna 70% podmiotów posiadało własną bazę serwerową, za pomocą której korzystało z technologii chmury.

Najwięcej jednostek wprowadziło w swoim przedsiębiorstwie po raz pierwszy technologie chmury w okresie do 5 lat temu (39,9%), 31,8% – w ciągu ostatnich 2 lat, a 28,3% – dawniej niż 5 lat temu. Jako główne cele wykorzystania chmury obliczeniowej w przedsiębiorstwach wskazywano podniesienie poziomu bezpieczeństwa systemów informatycznych jednostki (57,8%) oraz integracją procesów (52,3%). Niepełna 7% przedsiębiorstw wykorzystywało chmurę obliczeniową w celu generowania nowych strumieni przychodów i nowych modeli biznesowych. Do incydentalnych przypadków należy zaliczyć wykorzystanie chmury w celach dzierżawy mocy obliczeniowej komputerów i/lub specjalistycznego oprogramowania.

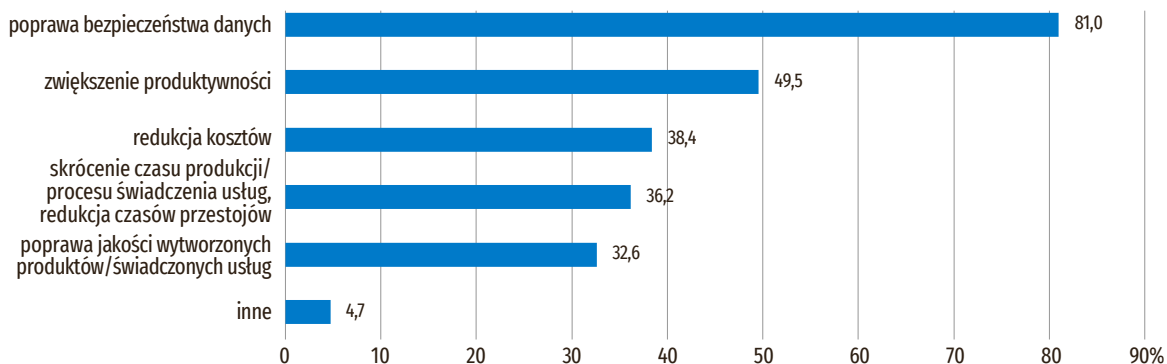
Wykres 7. Przedsiębiorstwa korzystające z chmury obliczeniowej według celu (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 korzystających z chmury obliczeniowej)



Źródło: opracowanie własne.

W ośmiu na dziesięć przedsiębiorstw korzystających z chmury zaobserwowano, że jej wykorzystanie najczęściej przynosiło korzyści związane z poprawą bezpieczeństwa danych, nieco rzadziej pozwalało na zwiększenie produktywności i redukcję kosztów (odpowiednio 49,5% i 38,4%) oraz poprawę jakości wytworzonych produktów, świadczonych usług (32,6%).

Wykres 8. Przedsiębiorstwa odnoszące korzyści wynikające z zastosowania chmury obliczeniowej według rodzaju odniesionych korzyści (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 korzystających z chmury obliczeniowej)

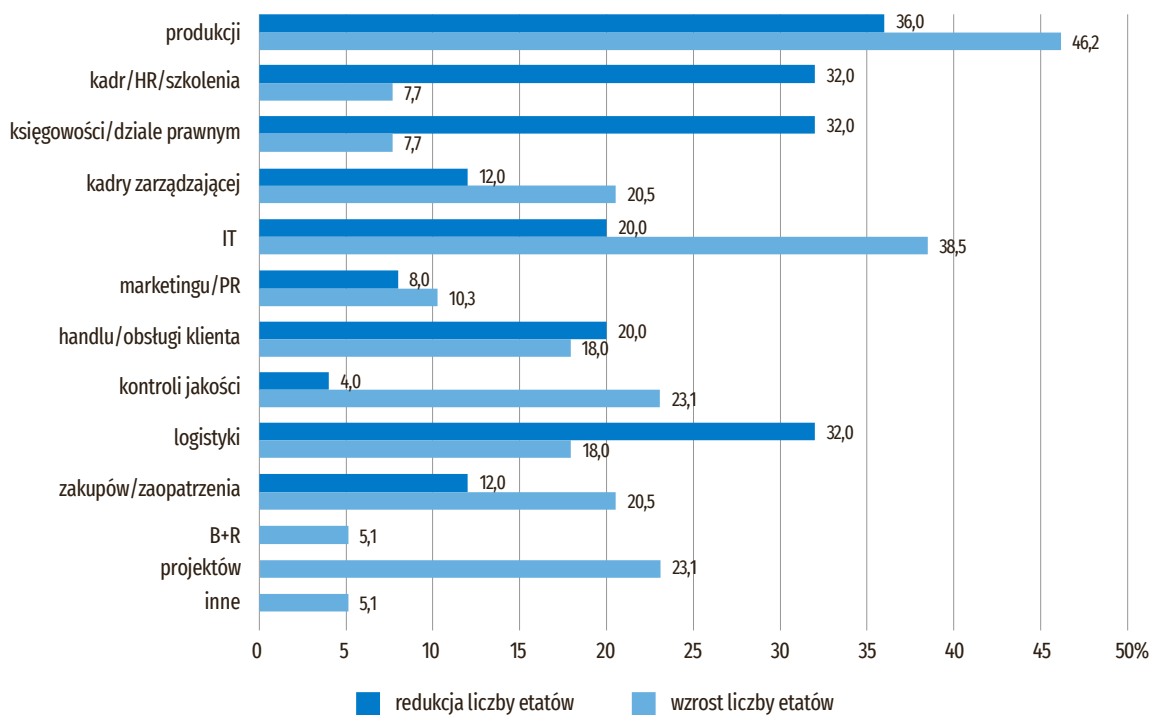


Źródło: opracowanie własne.

Analizując zmiany kadrowe zachodzące w przedsiębiorstwach w związku z wykorzystaniem chmury obliczeniowej zaobserwować można, że jedynie 38% jednostek korzystających z chmury odnotowało redukcję liczby etatów, a 6% ich wzrost. Korzystanie z usług chmurowych wymusiło konieczność zatrudnienia nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów. Spośród zbadanych przedsiębiorstw używających chmury obliczeniowej 5%

przyjęto do pracy specjalistów z obszaru ICT. Jednocześnie w 87,2% przedsiębiorstw deklarowano, że nie zaszły żadne zmiany wynikające z wprowadzenia chmury obliczeniowej. Największą redukcję liczby etatów związaną z wykorzystaniem chmury obliczeniowej odnotowano w dziale produkcji (36,0%). Prawie jedna trzecia podmiotów, w których zaszły zmiany kadrowe, zmniejszyła zatrudnienie w dziale kadr/HR/szkolenia, księgowości/dziale prawnym i w dziale logistyki. Dla takich działów jak dział B+R i dział projektów wykorzystanie chmury obliczeniowej nie miało wpływu na redukcję etatów. Zakup usług chmurowych najczęściej przyczynił się do wzrostu liczby etatów w dziale produkcji (46,2%) oraz w dziale IT (38,5%), natomiast najrzadziej – w dziale B+R (5,1%).

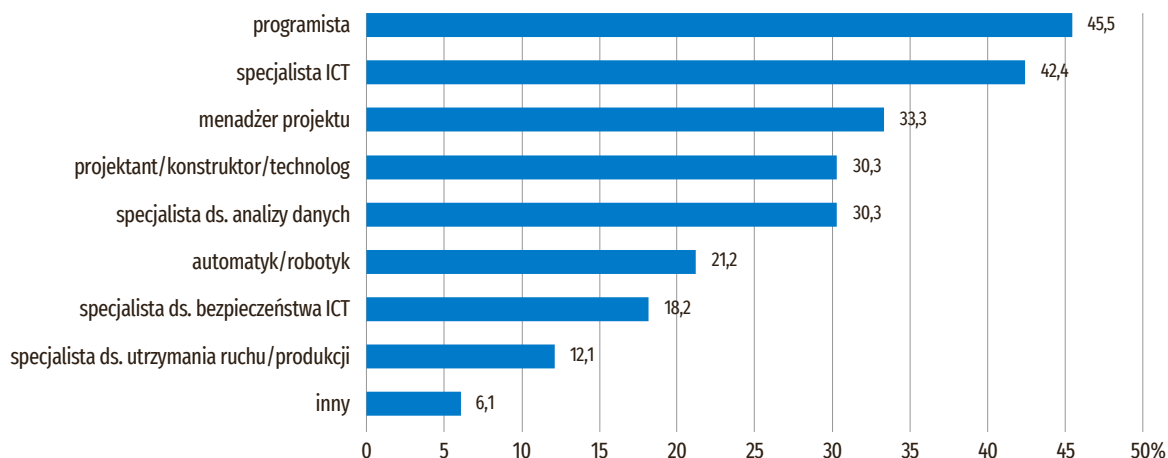
Wykres 9. Przedsiębiorstwa, w których zaszły zmiany kadrowe związane z zastosowaniem chmury obliczeniowej w określonych działach (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0, w których doszło do redukcji/wzrostu liczby etatów w danym dziale)



Źródło: opracowanie własne.

Wykorzystanie chmury obliczeniowej w przedsiębiorstwach wiąże się z zatrudnieniem specjalistów z obszaru ICT. W 2019 r. najczęściej poszukiwano programistów i specjalistów ICT (odpowiednio 45,5% i 42,4% przedsiębiorstw). Najmniejsze zainteresowanie wzbudzało zatrudnienie specjalistów ds. utrzymania ruchu, produkcji (12,1%). Natomiast 27,8% przedsiębiorstw deklarowało, że w badanym okresie nie zaszły żadne zmiany pod względem dodatkowego zatrudnienia wynikające z wykorzystania chmury obliczeniowej.

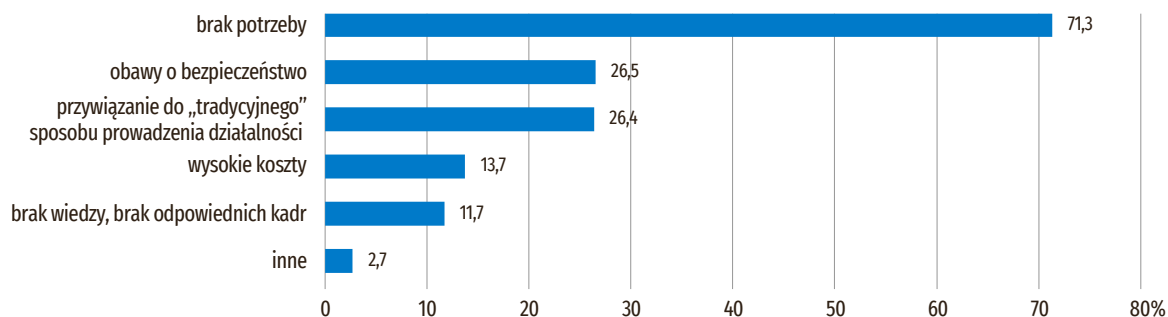
Wykres 10. Przedsiębiorstwa, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów w związku z zastosowaniem chmury obliczeniowej (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów)



Źródło: opracowanie własne.

Wśród badanych przedsiębiorstw 68,1% nie korzystało z technologii chmury obliczeniowej. Jako przyczynę niekorzystania, jednostki najczęściej wymieniały *brak potrzeby* (71,3%). Ponad jedna czwarta przedsiębiorstw twierdziła, że nie korzysta z chmury obliczeniowej z powodu *obawy o bezpieczeństwo* oraz *przywiązania do „tradycyjnego” sposobu prowadzenia działalności*. Najrzadziej wskazywany powód to *brak wiedzy, brak odpowiednich kadr* (11,7%).

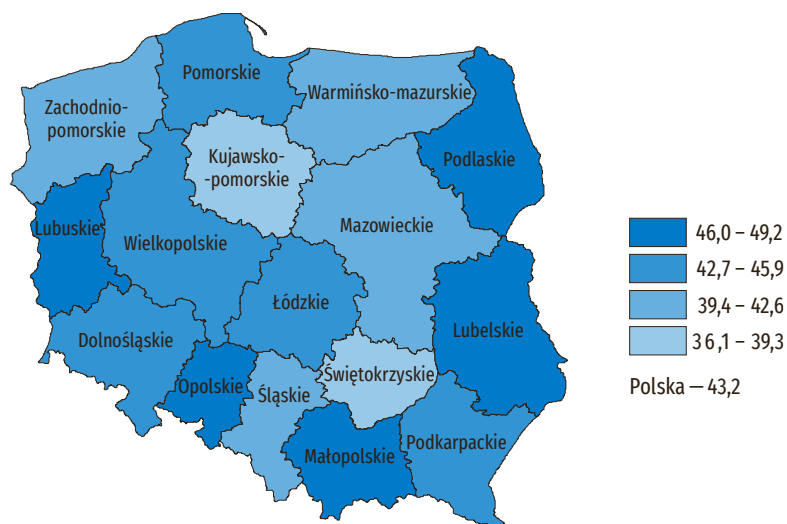
Wykres 11. Przedsiębiorstwa niekorzystające z chmury obliczeniowej z określonych powodów (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 niekorzystających z chmury obliczeniowej)



Źródło: opracowanie własne.

Najwięcej przedsiębiorstw wykorzystujących Internet rzeczy wystąpiło w województwie lubuskim (49,2%), natomiast najmniej – w województwie kujawsko-pomorskim (36,9%).

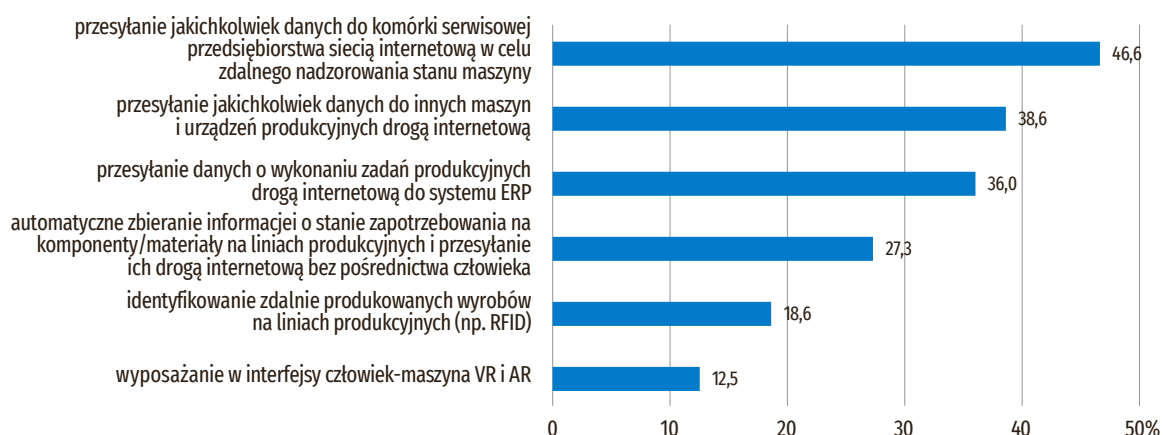
Mapa 10. Przedsiębiorstwa wykorzystujące Internet rzeczy według województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danym województwie)



Źródło: opracowanie własne.

W 2019 r. 46,6% przedsiębiorstw korzystających z Internetu rzeczy przysyłało za pośrednictwem sieci internetowej jakiekolwiek dane do własnej komórki serwisowej w celu zdalnego nadzorowania stanu maszyny, natomiast 38,6% podmiotów przysyłało dane do innych maszyn i urządzeń produkcyjnych. Technologia Internetu rzeczy najrzadziej stosowana była w przypadku posiadania maszyn produkujących lub innych urządzeń wyposażonych w interfejsy „człowiek-maszyna” (np. stosowały technologię rzeczywistości wirtualnej lub rozszerzonej do komunikacji z operatorem).

Wykres 13. Przedsiębiorstwa wykorzystujące Internet rzeczy według zastosowań (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 korzystających z Internetu rzeczy)

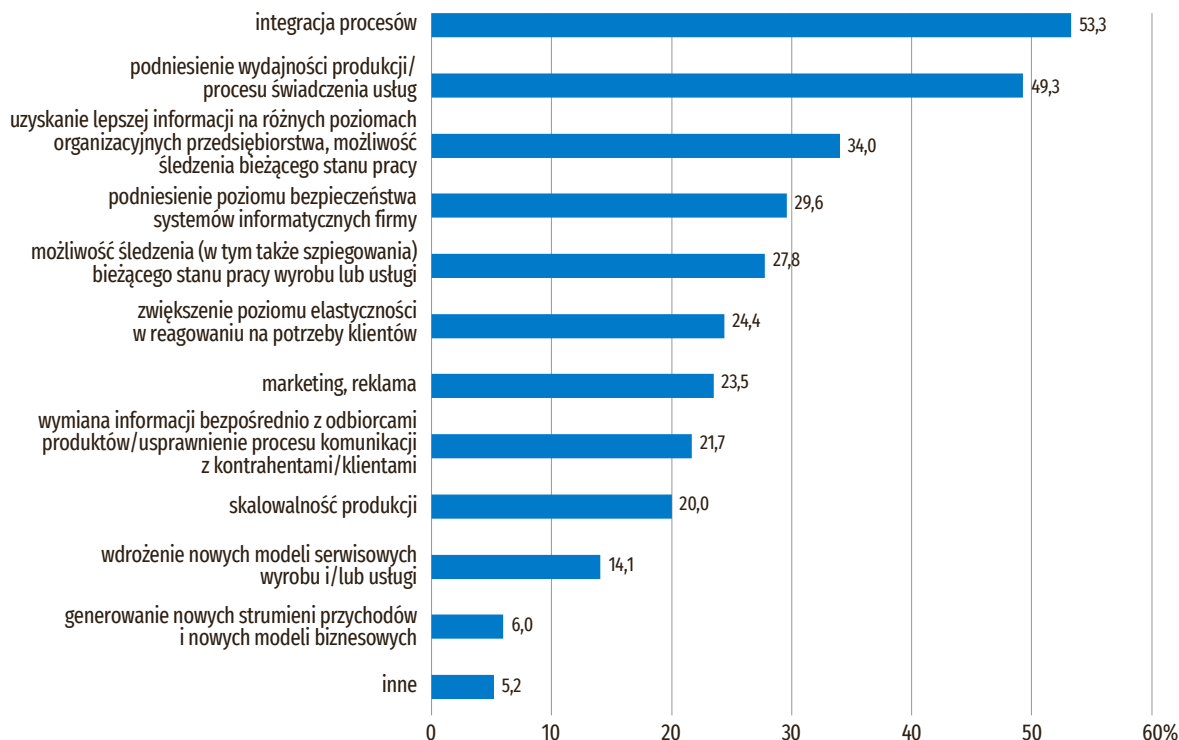


Źródło: opracowanie własne.

Głównym celem wykorzystywania w przedsiębiorstwach Internetu rzeczy była integracja procesów i podniesienie wydajności produkcji/procesu świadczenia usług (odpowiednio 53,3% i 49,3% jednostek korzystających z Internetu

rzeczy). Co trzecie przedsiębiorstwo chciało uzyskać lepszą informację na różnych poziomach organizacyjnych przedsiębiorstwa/ możliwość śledzenia bieżącego stanu pracy oraz podnieść poziom bezpieczeństwa systemów informatycznych (odpowiednio 34,0% i 29,6% jednostek korzystających z Internetu rzeczy).

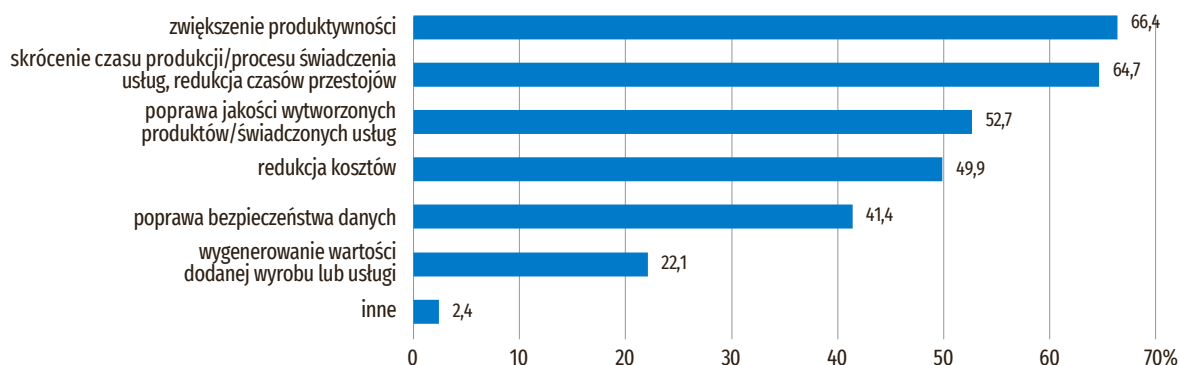
Wykres 14. Przedsiębiorstwa korzystające z Internetu rzeczy według celu (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 korzystających z Internetu rzeczy)



Źródło: opracowanie własne.

Zwiększenie produktywności i skrócenie czasu produkcji/procesu świadczenia usług oraz redukcja czasów przestoju to najczęstsze korzyści wynikające z wdrożenia Internetu rzeczy (odpowiednio 66,4% i 64,7%). Najbardziej wskazywaną przez przedsiębiorstwa korzyścią było wygenerowanie wartości dodanej wyrobu lub usługi (22,1%).

Wykres 15. Przedsiębiorstwa odnoszące korzyści wynikające z zastosowania Internetu rzeczy według rodzaju odniesionych korzyści (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 korzystających z Internetu rzeczy)

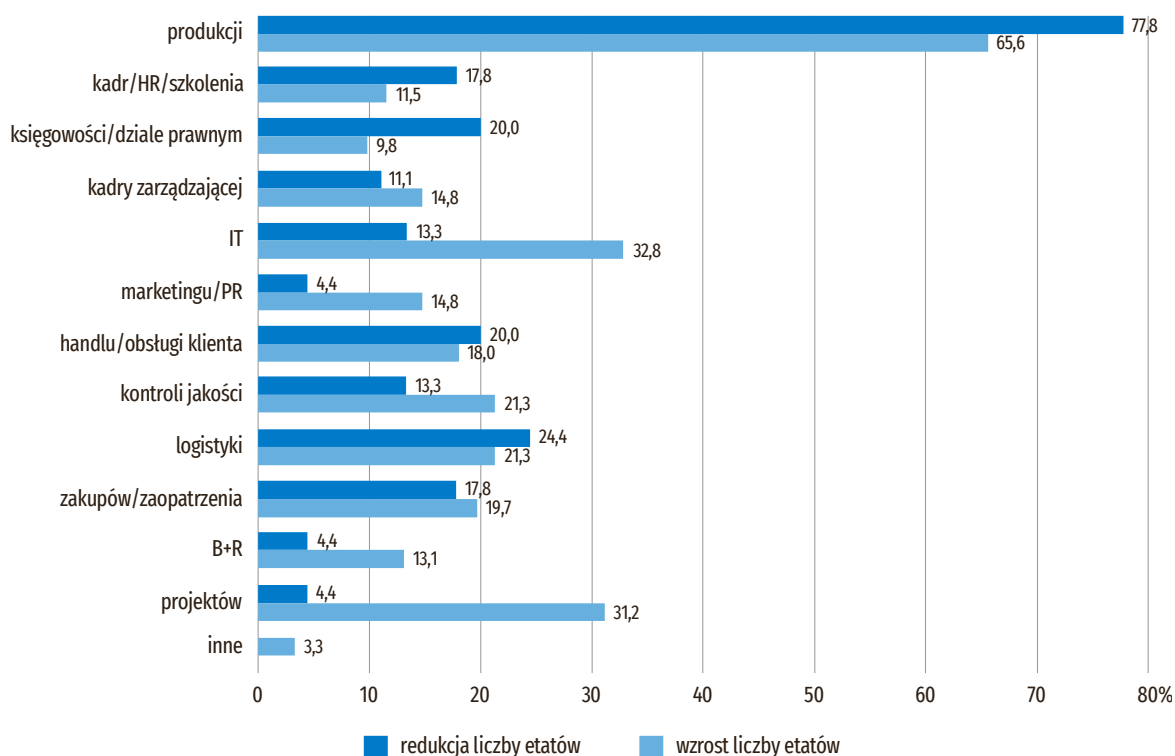


Źródło: opracowanie własne.

Spośród podmiotów wykorzystujących Internet rzeczy 5,1% zanotowało redukcję liczby etatów w niektórych działach w związku z wykorzystaniem tej technologii. W 6,9% przedsiębiorstwach poziom zatrudnienia wzrósł, a w 84,7% pozostał na podobnym poziomie. Zatrudnienie nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów zadeklarowano w 7,4% jednostek korzystających z Internetu rzeczy.

Ponad trzy czwarte przedsiębiorstw, w których doszło do redukcji liczby etatów w związku z wykorzystaniem Internetu rzeczy, odnotowało redukcję liczby etatów związaną z wykorzystaniem Internetu rzeczy w dziale produkcji. Najmniejszy wpływ na redukcję etatów zaobserwowano w działach: marketingu/PR, B+R oraz projektów (odpowiednio po 4,4%). Analizując wzrost liczby etatów związanych z wykorzystaniem w przedsiębiorstwach Internetu rzeczy zauważyć można, że 65,6% przedsiębiorstw zatrudniło dodatkowe osoby w dziale produkcji. Najrzadziej wzrost zatrudnienia odnotowano w dziale księgowości/dziale prawnym (9,8%).

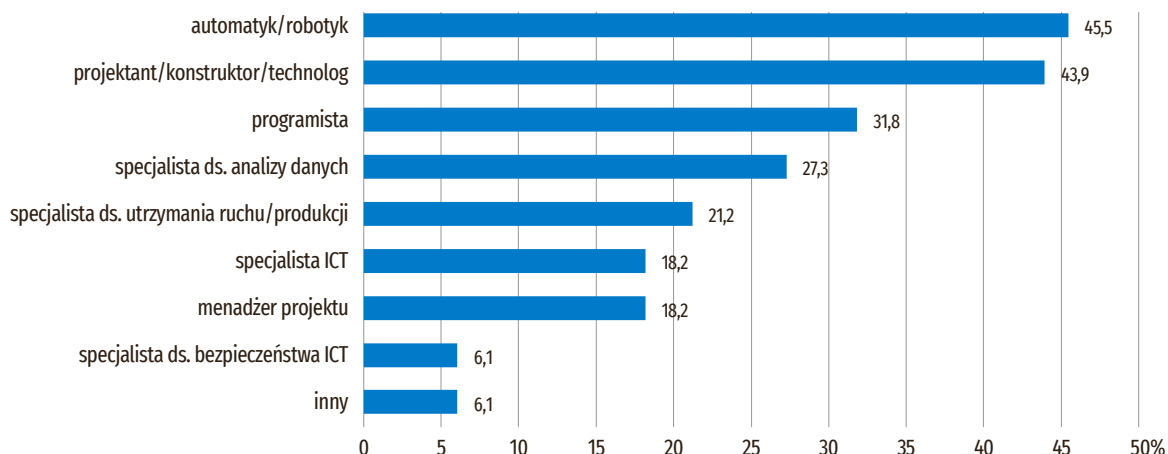
Wykres 16. Przedsiębiorstwa, w których zaszyły zmiany kadrowe związane z zastosowaniem Internetu rzeczy w określonych działach (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0, w których doszło do redukcji/wzrostu liczby etatów w danym dziale)



Źródło: opracowanie własne.

Ponad 45% przedsiębiorstw, w których ze względu na wykorzystanie Internetu rzeczy zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów, przyjęło do pracy automatyków, robotyków. Kolejnym, wskazywanym przez przedsiębiorstwa specjalistą był projektant, konstruktor, technolog (43,9%). Najmniej pożądanymi pracownikami byli specjaliści ds. bezpieczeństwa ICT (6,1%). W wyniku przeprowadzonego badania, zaobserwowano, iż 36,6% przedsiębiorstw w związku z wdrożeniem Internetu rzeczy nie odnotowało zapotrzebowania na nowych pracowników.

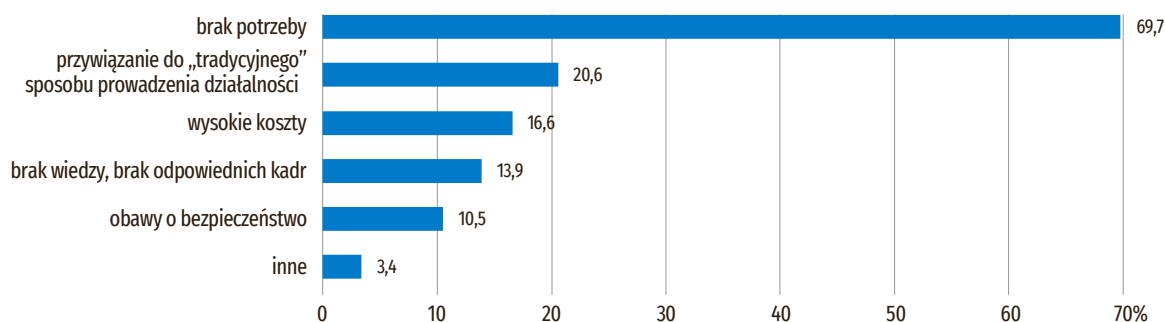
Wykres 17. Przedsiębiorstwa, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów w związku z zastosowaniem Internetu rzeczy (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów)



Źródło: opracowanie własne.

W 2019 r. 56,8% przedsiębiorstw nie korzystało z Internetu rzeczy. Najliczniejszą grupę stanowiły jednostki zatrudniające 10–49 osób. Najczęstszym powodem niekorzystania z Internetu rzeczy był brak potrzeby (69,7%), a najrzadszym – obawy o bezpieczeństwo (10,5%).

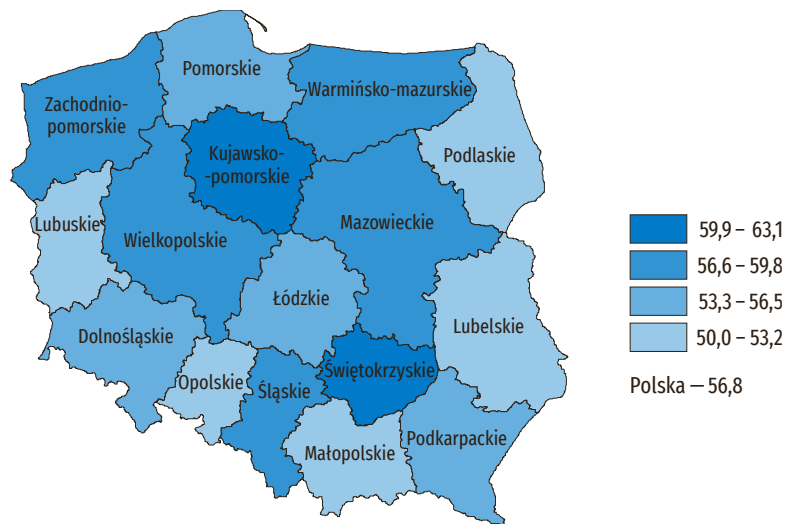
Wykres 18. Przedsiębiorstwa niekorzystające z Internetu rzeczy z określonych powodów (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 niekorzystających z Internetu rzeczy)



Źródło: opracowanie własne.

Największy odsetek przedsiębiorstw, które nie korzystały z Internetu rzeczy, odnotowano w województwie kujawsko-pomorskim (63,1%), natomiast najmniejszy – w województwie lubuskim (50,9%).

Mapa 11. Przedsiębiorstwa niekorzystające z Internetu rzeczy według województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danym województwie)



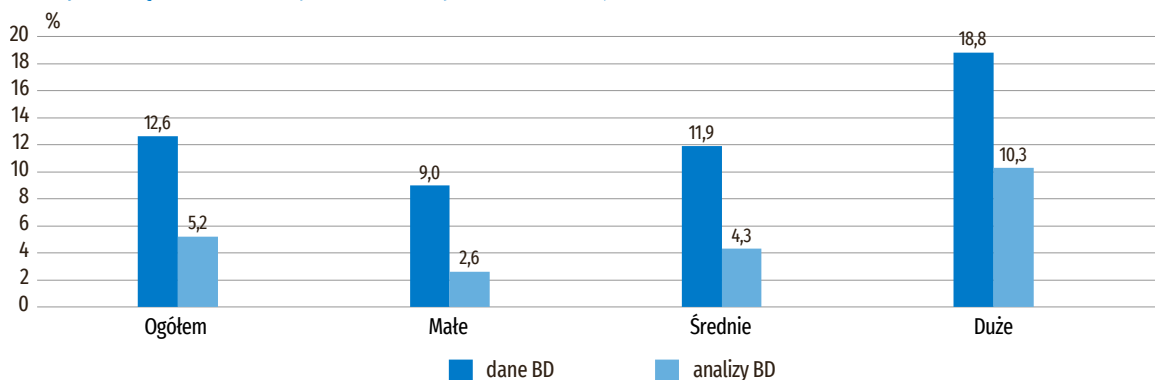
Źródło: opracowanie własne.

Big Data

Big Data (duże wolumeny danych) stanowią źródło szeregu użytecznych danych i informacji coraz chętniej wykorzystywanych przez przedsiębiorstwa. Pozwalają efektywniej zarządzać procesami i stanowią fundament w działaniu wielu sektorów gospodarki. Analizy dużych zbiorów danych znalazły się w grupie kluczowych technologii, które w sposób ciągły pozwalają na realizację koncepcji *Przemysłu 4.0*.

W 2019 r. spośród przedsiębiorstw biorących udział w badaniu 12,6% pozyskiwało dane typu Big Data. Największe zainteresowanie w tym obszarze wykazały podmioty duże, wśród których 18,8% zbierało ten rodzaj informacji. Wykorzystanie analiz danych typu Big Data deklarowano w 5,2% jednostek.

Wykres 19. Przedsiębiorstwa pozyskujące i dokonujące analiz danych typu Big Data według klas wielkości (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danej klasie wielkości)



Źródło: opracowanie własne.

Wyniki badania pokazują, że przedsiębiorstwa z działu *Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych* należały do najliczniej pozyskujących dane typu Big Data (15,8%), natomiast wykorzystanie analiz tych danych najczęściej zaobserwowano wśród podmiotów z działu *Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji* (8,7%).

Spośród zbadanych jednostek 2,0% deklarowało wykorzystanie tej technologii w ciągu ostatnich 2 lat, 1,9% – od 2 do 5 lat temu, a 1,4% – dawniej niż 5 lat temu.

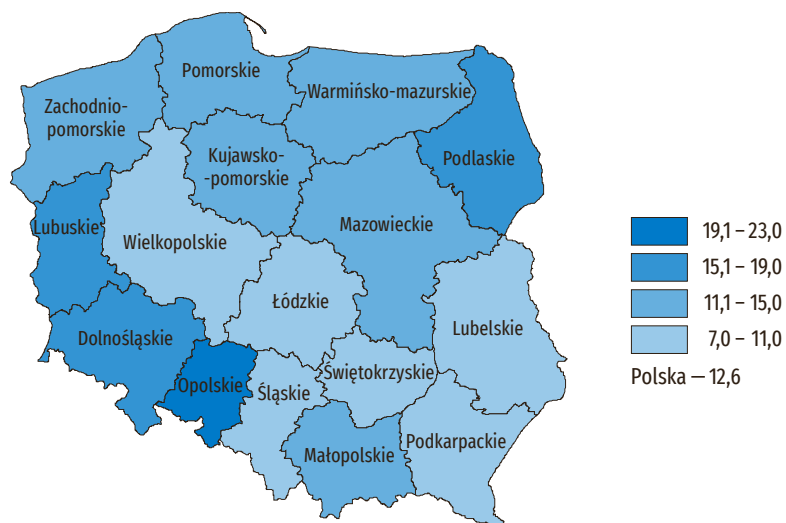
Tablica 13. Przedsiębiorstwa pozyskujące i dokonujące analiz danych typu Big Data według działów PKD (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danym dziale PKD)

Kod działu	Działy PKD	Odsetek przedsiębiorstw	
		pozyskujących dane typu Big Data	dokonujących analiz danych typu Big Data
10	Produkcja artykułów spożywczych	14,6	6,0
16	Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze stomy i materiałów używanych do wyplatania	7,5	2,1
18	Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji	15,2	8,7
20	Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	15,8	7,5
22	Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych	14,1	5,0
23	Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych	10,7	6,6
25	Produkcja metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń	11,0	4,0
26	Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych	14,9	5,6
27	Produkcja urządzeń elektrycznych	12,4	6,6
28	Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana	14,5	3,9
29	Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli	10,5	5,7
30	Produkcja pozostałego sprzętu transportowego	12,7	7,3
31	Produkcja mebli	7,1	3,0

Źródło: opracowanie własne.

Biorąc pod uwagę podział terytorialny kraju i jednostki, które pozyskiwały duże wolumeny danych, zauważyć można znaczne dysproporcje w poszczególnych województwach. Najwyższe udziały takich podmiotów odnotowano w województwach opolskim i lubuskim (odpowiednio 22,9% i 18,6%), a najniższe – w świętokrzyskim i lubelskim (odpowiednio 7,8% i 8,0%).

Mapa 12. Przedsiębiorstwa pozyskujące dane typu Big Data według województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danym województwie)



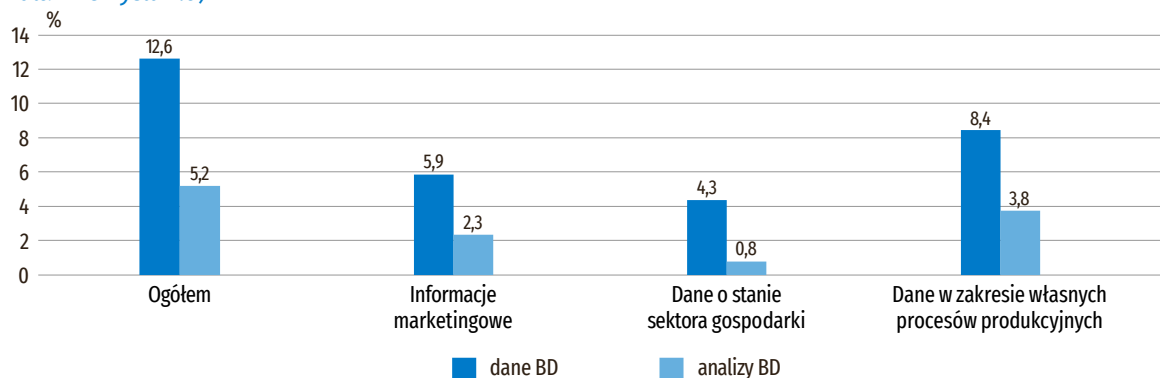
Źródło: opracowanie własne.

Najczęściej pozyskiwano dane w zakresie jakości własnych procesów produkcyjnych (8,4%). Mniej popularne były dane dotyczące preferencji klientów lub informacji marketingowych (5,9%) oraz dane o stanie sektora gospodarki, w którym przedsiębiorstwo prowadziło działalność (4,3%). Zebrane informacje były przetwarzane bezpośrednio przez jednostki lub przez przedsiębiorstwa zewnętrzne.

Prawidłowa interpretacja danych odgrywała kluczową rolę w przedsiębiorstwach, które je pozyskiwały. Ich dokładna analiza wpływała na lepsze decyzje w zakresie działalności przedsiębiorstwa i tym samym zwiększała wydajność operacyjną, obniżała koszty oraz ryzyko. Najczęściej przeprowadzano analizy, które dotyczyły danych w zakresie własnych procesów produkcyjnych (3,8%).

Największą grupę podmiotów przetwarzających duże ilości danych, bez względu na ich rodzaj, stanowiły przedsiębiorstwa zatrudniające 250 osób i więcej.

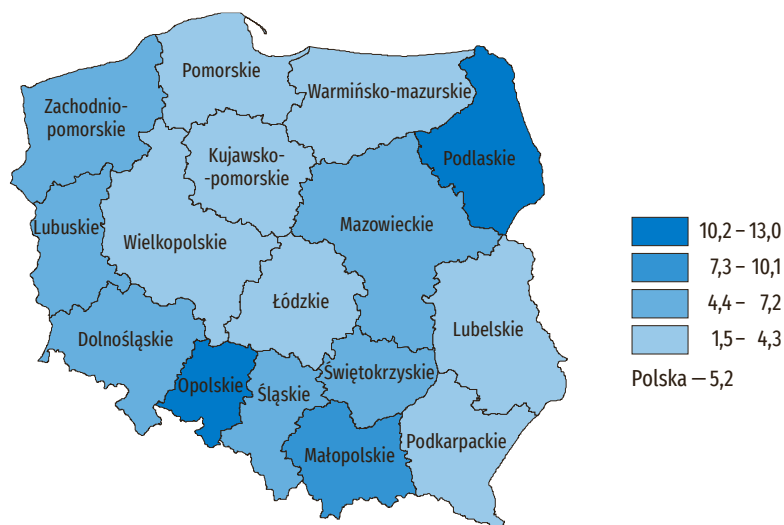
Wykres 20. Przedsiębiorstwa pozyskujące dane typu Big Data według rodzajów danych (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Pod względem lokalizacji przedsiębiorstw prowadzących analizy danych typu Big Data najczęściej jednostki te były zlokalizowane w województwach opolskim i podlaskim (odpowiednio 12,5% i 12,1%).

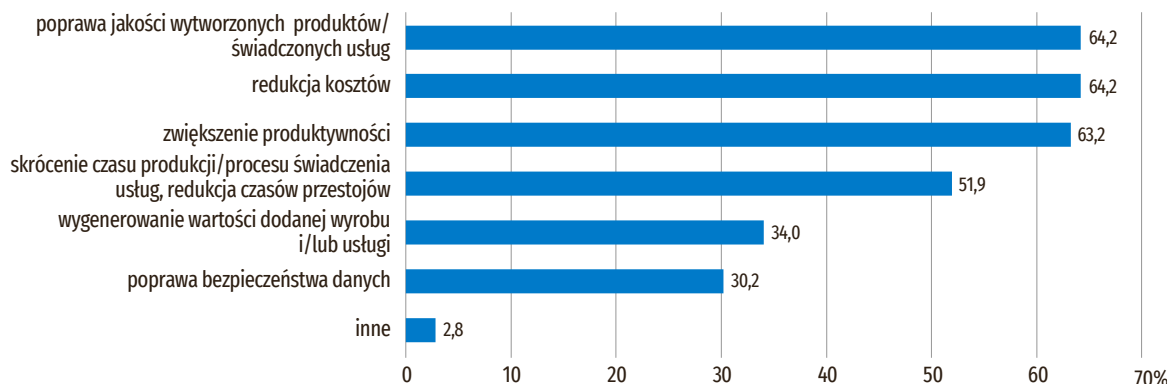
Mapa 13. Przedsiębiorstwa dokonujące analiz danych typu Big Data według województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danym województwie)



Źródło: opracowanie własne.

Do najczęściej wskazywanych przez podmioty korzyści wynikających z przeprowadzania analizy danych typu Big Data należały: poprawa jakości wytworzonych produktów/świadczonych usług oraz redukcja kosztów (po 64,2%), zwiększenie produktywności (63,2%) oraz skrócenie czasu produkcji/procesu świadczenia usług/redukcja czasu przestoju (51,9% przedsiębiorstw dokonujących analiz danych typu Big Data).

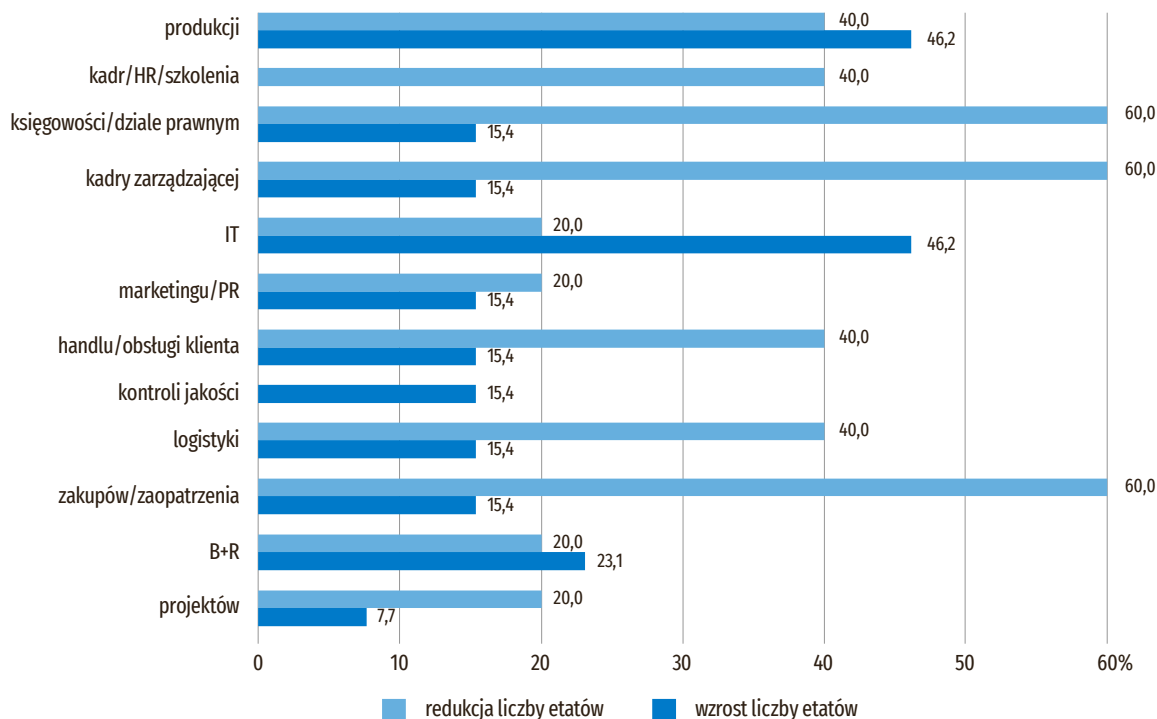
Wykres 21. Przedsiębiorstwa odnoszące korzyści wynikające z zastosowania analiz danych typu Big Data według rodzaju odniesionych korzyści (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 wykonujących analizy danych typu Big Data)



Źródło: opracowanie własne.

Rozpatrując zmiany kadrowe zachodzące w przedsiębiorstwach w wyniku przeprowadzania analiz danych typu Big Data można zaobserwować znaczący wzrost liczby etatów w działach produkcji i IT (po 46,2%). W działach takich jak: księgowość/dział prawny, kadra zarządzająca oraz dział zakupów/zaopatrzenia, redukcję liczby etatów odnotowano w 60,0% przedsiębiorstw, w których zaszły zmiany kadrowe.

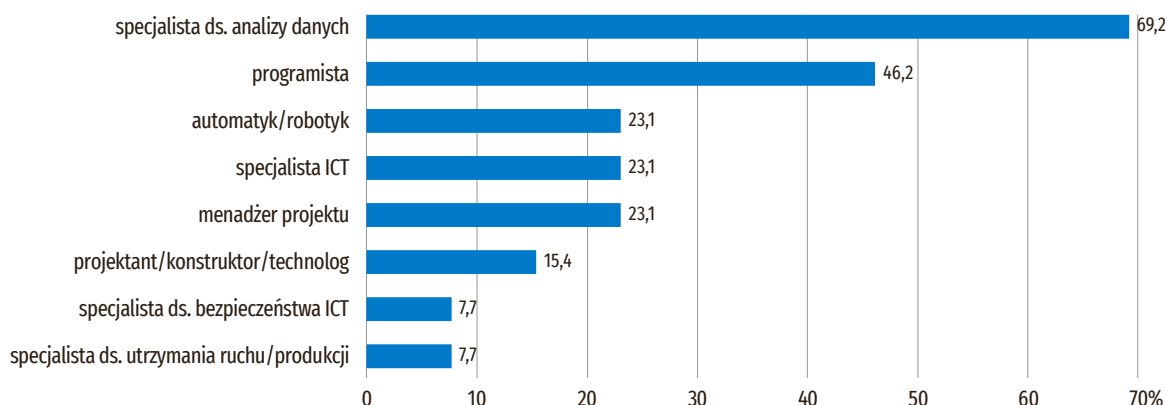
Wykres 22. Przedsiębiorstwa, w których zaszły zmiany kadrowe związane z wykonywaniem analiz danych typu Big Data w określonych działach (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0, w których doszło do redukcji/wzrostu liczby etatów w danym dziale)



Źródło: opracowanie własne.

Pozyskiwanie dużych wolumenów danych i racjonalne wykorzystanie ich przez przedsiębiorstwa wiązało się z zatrudnianiem nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów. Do najbardziej pożądaných pracowników należeli specjaliści do spraw analizy danych, których zatrudniło blisko trzy czwarte przedsiębiorstw. Sporym zainteresowaniem cieszyli się również programiści (46,2%), specjaliści ICT i menadżerzy projektów (odpowiednio po 23,1%).

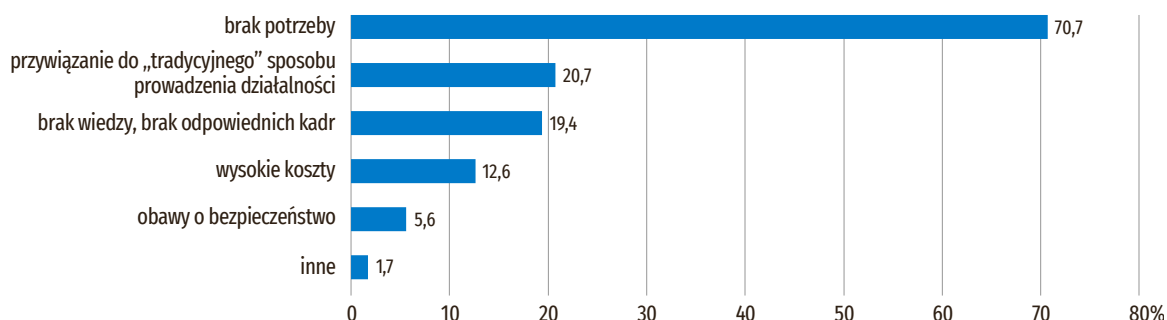
Wykres 23. Przedsiębiorstwa, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów w związku z wykonywaniem analiz danych typu Big Data (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów)



Źródło: opracowanie własne.

Spośród zbadanych podmiotów 94,8% nie wykonywało analiz danych typu Big Data. Najczęściej wymienianym powodem wskazywanym przez podmioty był brak potrzeby (70,7%), przywiązanie do „tradycyjnego” sposobu prowadzenia działalności (20,7%) oraz brak wiedzy/brak odpowiednich kadr (19,4%).

Wykres 24. Przedsiębiorstwa niewykonyjące analiz danych typu Big Data z określonych powodów (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 niewykonyjących analiz danych typu Big Data)



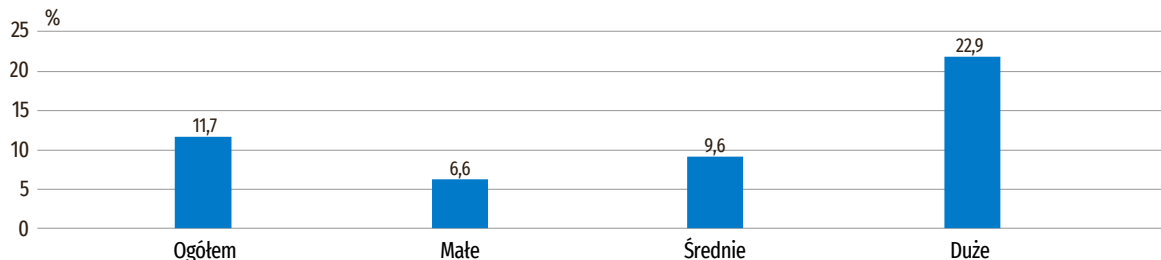
Źródło: opracowanie własne.

Sztuczna inteligencja

Mianem sztucznej inteligencji nazywa się maszyny lub systemy informatyczne, które przetwarzają informacje w oparciu o reguły ludzkiego rozumowania, ale są w stanie pokonać ograniczenia umysłu⁵⁹. Systemy sztucznej inteligencji znalazły zastosowanie w wielu sektorach gospodarki współtworząc *Przemysł 4.0* bazujący na wykorzystaniu zaawansowanych technologii.

W 2019 r. wskaźnik wykorzystania sztucznej inteligencji w przedsiębiorstwach wynosił 11,7%, a w jej wdrożenie najchętniej inwestowały podmioty zatrudniające 250 osób i więcej (22,9%).

Wykres 25. Przedsiębiorstwa wykorzystujące sztuczną inteligencję (w % przedsiębiorstw istotnych dla *Przemysłu 4.0*)



Źródło: opracowanie własne.

Korzystanie z technologii sztucznej inteligencji najczęściej deklarowały przedsiębiorstwa zajmujące się produkcją pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli (20,2%) oraz podmioty produkujące artykuły spożywcze (15,0%) i komputery wraz z wyrobami elektronicznymi i optycznymi (14,3%), a najrzadziej – podmioty produkujące pozostały sprzęt transportowy (3,6%). Spośród zbadanych jednostek 5% deklarowało wykorzystanie sztucznej inteligencji po raz pierwszy dawniej niż 5 lat temu, 3,4% – od 2 do 5 lat temu, a 3,3% – w ciągu ostatnich 2 lat.

Tablica 14. Przedsiębiorstwa wykorzystujące sztuczną inteligencję według działów PKD (w % przedsiębiorstw istotnych dla *Przemysłu 4.0* w danym dziale PKD)

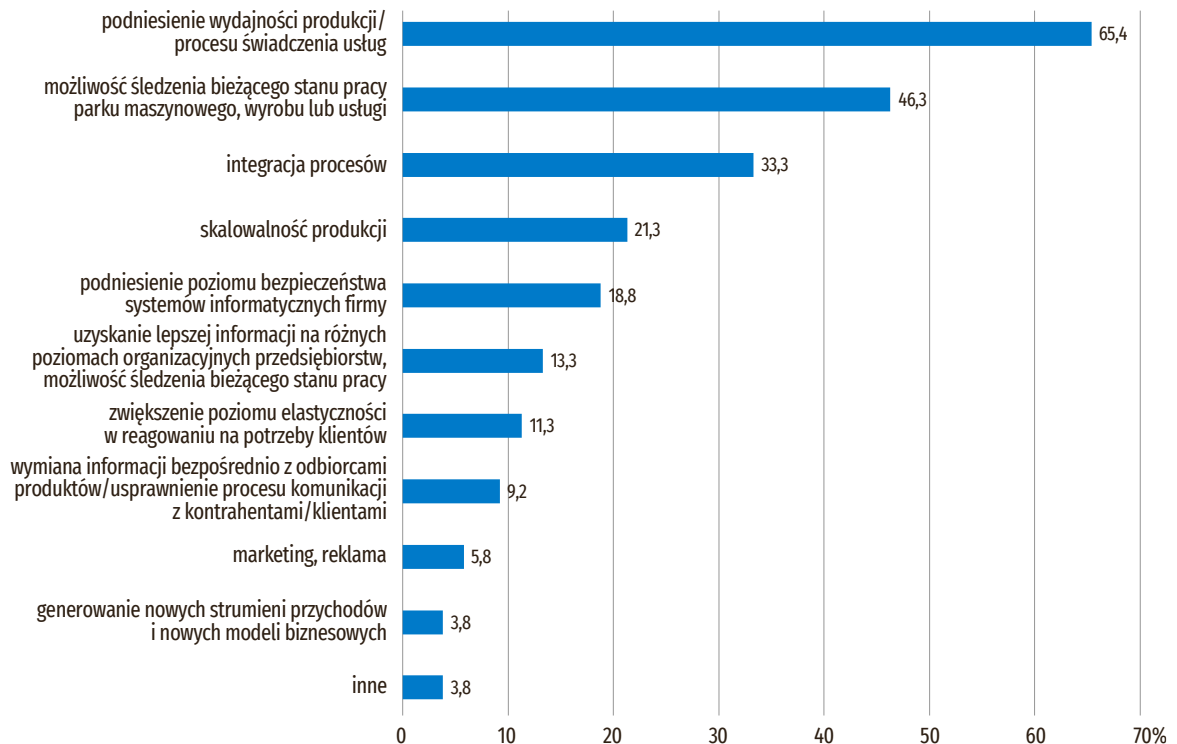
Kod działu	Działy PKD	Odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących sztuczną inteligencję
10	Produkcja artykułów spożywczych	15,0
16	Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze skóry i materiałów używanych do wyplatania	6,4
18	Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji	10,9
20	Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	12,8
22	Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych	12,9
23	Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych	9,8
25	Produkcja metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń	11,3
26	Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych	14,3
27	Produkcja urządzeń elektrycznych	9,5
28	Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana	7,3
29	Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli	20,2
30	Produkcja pozostałego sprzętu transportowego	3,6
31	Produkcja mebli	12,1

Źródło: opracowanie własne.

⁵⁹ <http://www.kopernik.org.pl/wystawy/artukul/sztuczna-inteligencja-co-to-jest-jak-moze-pomoc-ludzkości/>

W 2019 r. najczęściej podmioty wykorzystywały rozwiązania sztucznej inteligencji w celu podniesienia wydajności/produkcji procesu świadczenia usług (65,4%), możliwości śledzenia bieżącego stanu pracy parku maszynowego, wyrobów lub usług (46,3%) oraz integracji procesów (33,3%). Co piąte przedsiębiorstwo wykorzystywało sztuczną inteligencję w celu skalowalności produkcji (21,3%).

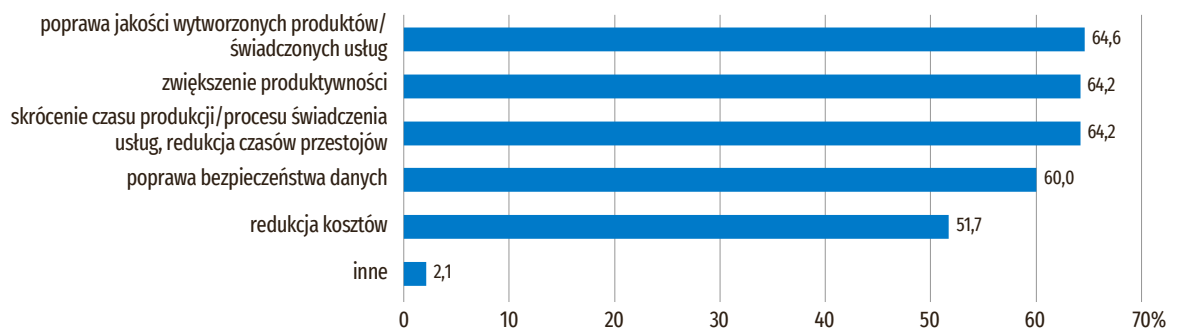
Wykres 26. Przedsiębiorstwa korzystające ze sztucznej inteligencji według celu (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 korzystających ze sztucznej inteligencji)



Źródło: opracowanie własne.

Wśród korzyści wynikających z zastosowania sztucznej inteligencji w działalności przedsiębiorstw najczęściej deklarowano poprawę jakości wytworzonych produktów/świadczonej usług (64,6%), zwiększenie produktywności i skrócenie czasu produkcji/procesu świadczenia usług (po 64,2%). Również ponad połowa jednostek wskazywała na poprawę bezpieczeństwa danych (60,0%) i redukcję kosztów (51,7%).

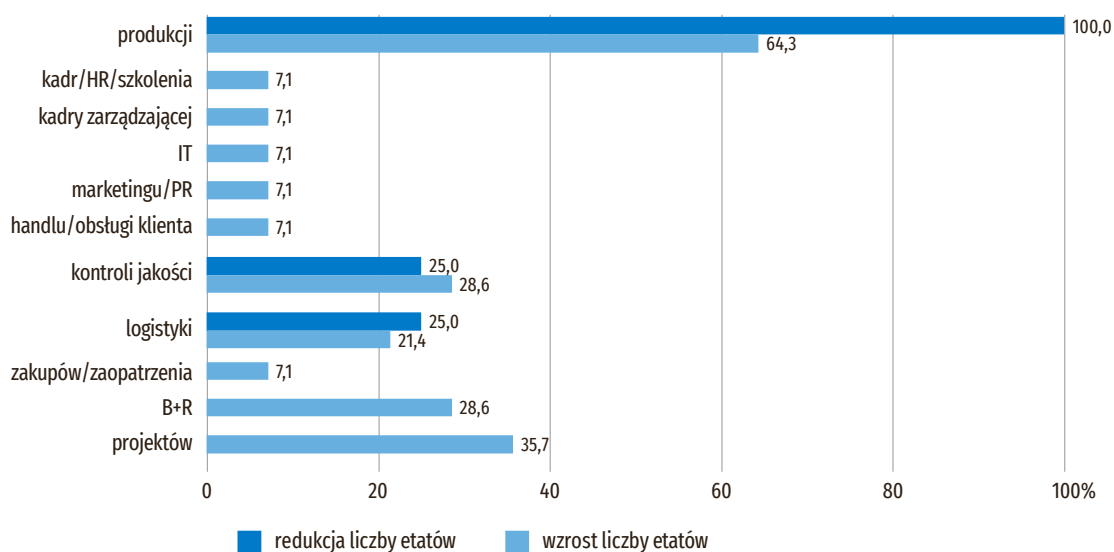
Wykres 27. Przedsiębiorstwa odnoszące korzyści wynikające z wykorzystania sztucznej inteligencji według rodzaju odniesionych korzyści (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 wykorzystujących sztuczną inteligencję)



Źródło: opracowanie własne.

Automatyzacja procesów przemysłowych umożliwia zastąpienie człowieka maszyną, co może przyczynić się do redukcji etatów oraz wymusić konieczność zatrudniania nowych pracowników, posiadających specjalistyczne umiejętności. Wśród zbadanych przedsiębiorstw zaobserwowano znaczne zróżnicowanie udziałów jednostek, które odnotowały powyższe zmiany kadrowe, wynikające z zastosowania sztucznej inteligencji. Wyniki przeprowadzonego badania wskazują, że w 2019 r. jedynie 0,4% jednostek dokonało redukcji etatów w skutek wprowadzenia tej technologii. Każdy z badanych podmiotów wskazywał redukcję liczby etatów w dziale produkcji, natomiast jedna czwarta przedsiębiorstw – w działach kontroli jakości i logistyki. W niektórych działach takich jak kadry/HR/szkolenia, dział IT czy dział marketingu nie doszło do zmniejszenia liczby osób pracujących. Spośród zbadanych jednostek 64,3% deklaroowało wzrost etatów w dziale produkcji, 35,7% – w dziale projektów i po 28,6% w działach B+R i kontroli jakości. W dziale księgowości/dziale prawnym nie odnotowano żadnych zmian.

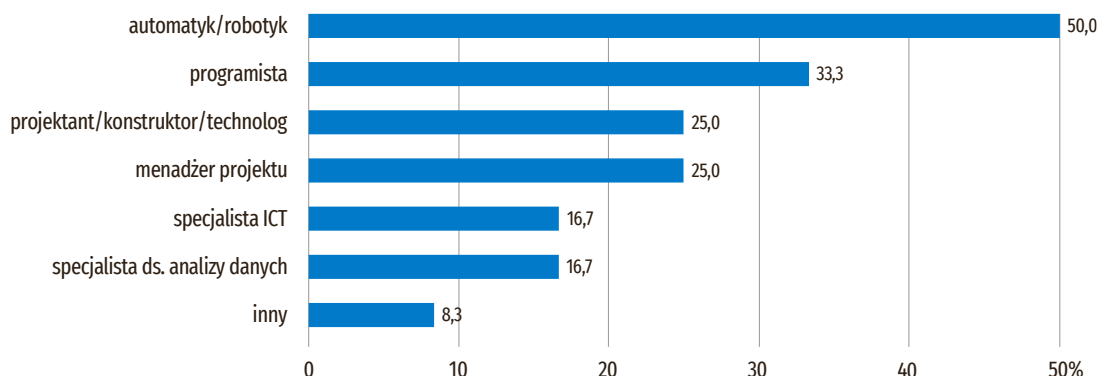
Wykres 28. Przedsiębiorstwa, w których zaszły zmiany kadrowe związane z wykorzystaniem sztucznej inteligencji w określonych działach (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0, w których doszło do redukcji/wzrostu liczby etatów w danym dziale)



Źródło: opracowanie własne.

Wprowadzenie technologii sztucznej inteligencji stanowiło wyzwanie dla przedsiębiorstwa. Wiązała się z tym konieczność modernizacji parku maszynowego oraz zatrudnienia wysoko wykwalifikowanych specjalistów. W 2019 r. 0,6% zbadanych jednostek zwiększyło swoje zasoby ludzkie przyjmując do pracy nowych, wysokokwalifikowanych specjalistów. Najczęściej werbowano automatyków/robotyków. Ich zatrudnienie deklarowała połowa przedsiębiorstw, które wdrożyły technologię sztucznej inteligencji. W co czwartym przedsiębiorstwie zatrudniono programistę, projektanta/konstruktora oraz menadżera projektów. Jednocześnie wyniki badania potwierdziły, że wdrożenie technologii sztucznej inteligencji nie wymusza konieczności zatrudnienia specjalistów utrzymania ruchu/produkcji czy bezpieczeństwa ICT.

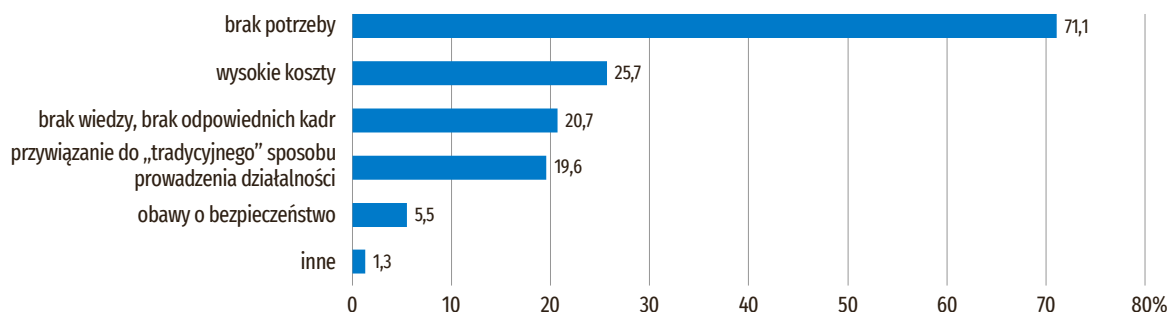
Wykres 29. Przedsiębiorstwa, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów w związku z wykorzystaniem sztucznej inteligencji (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0, w których zatrudniono nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów)



Źródło: opracowanie własne.

Wykorzystanie nowoczesnych technologii bazujących na algorytmach sztucznej inteligencji niesie ze sobą również szereg zagrożeń. Spośród przedsiębiorstw, które nie korzystały ze sztucznej inteligencji 71,1% wskazało na brak potrzeby korzystania z tej technologii, a 25,7% na wysokie koszty jej wdrożenia. Co piąte przedsiębiorstwo wskazywało na brak wiedzy i odpowiednich kadr oraz przywiązanie do „tradycyjnego” sposobu prowadzenia działalności. Ponad 5% przedsiębiorstw w związku z wprowadzeniem technologii sztucznej inteligencji obawiało się o bezpieczeństwo.

Wykres 30. Przedsiębiorstwa niewykorzystujące sztucznej inteligencji z określonych powodów (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 niewykorzystujących sztucznej inteligencji)

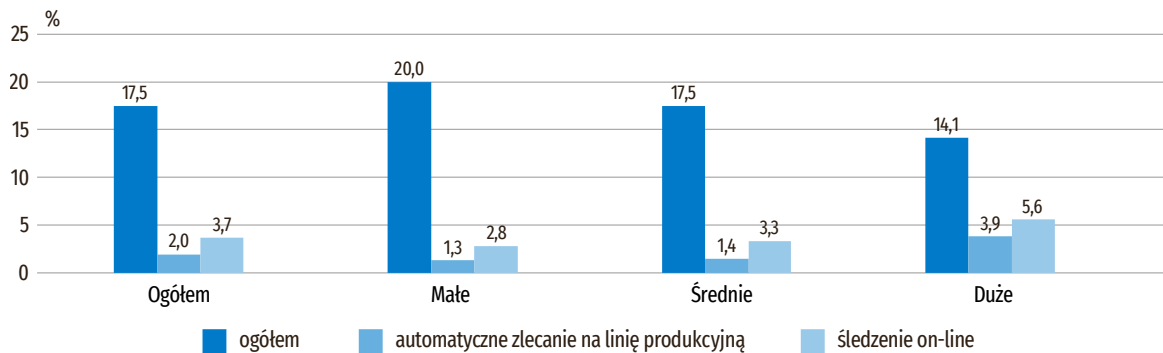


Źródło: opracowanie własne.

Indywidualizacja produkcji i poprodukcyjny monitoring życia produktu

Klasyczne wyroby masowej produkcji nie zawsze zaspokajają indywidualne potrzeby klientów. Niezbędnym stało się wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań produkcyjnych, które pozwolą uzyskać produkty zorientowane na specyficzne potrzeby klientów. Przedsiębiorstwa, które wychodzą naprzeciw nowym wyzwaniom, stwarzają możliwość indywidualizacji wyrobu w taki sposób, aby optymalnie spełniał potrzeby zamawiającego. Spośród zbadanych jednostek 17,5% oferowało swoim klientom możliwość elastycznego kształtowania indywidualnych cech zamawianego wyrobu poprzez zlecenie indywidualnego komponowania zamówienia. To rozwiązanie najczęściej stosowały małe przedsiębiorstwa (20,0%). Jedynie 2% jednostek wykazało posiadanie technologii, która pozwalała zindywidualizować zamówienie klienta, automatycznie (bez pośrednictwa człowieka) zlecić bezpośrednio na linię produkcyjną przedsiębiorcy. Należy zauważyć, że te 2% stanowi grupę obejmującą swoim zakresem największy zbiór cech semantycznych definiujących Przemysł 4.0. Nieliczne jednostki umożliwiały klientom śledzenie on-line postępów realizacji indywidualnego zamówienia (3,7%).

Wykres 31. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom składanie indywidualnie komponowanego zamówienia według klas wielkości (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Biorąc pod uwagę rodzaj prowadzonej działalności największy udział podmiotów umożliwiających elastyczne kształtowanie indywidualnych cech wyrobu odnotowano w dziale *Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji* (37,0%) oraz *Produkcja urządzeń elektrycznych* (22,6%). Warto zauważyć, że pomimo znacznych dysproporcji wskaźnika w poszczególnych działach, każda jednostka biorąca udział w badaniu deklarowała możliwość innowacyjnej formy zamówienia wyrobu. Znacznie mniej podmiotów oferowało funkcję automatycznego (bez udziału człowieka) przetwarzania i zlecenia na linię produkcyjną zamówienia klienta. Wśród tych jednostek dominowały przedsiębiorstwa produkujące pojazdy samochodowe, przyczepy i naczepy, z wyłączeniem motocykli (4,8%) oraz prowadzące działalność w zakresie *Poligrafii i reprodukcji zapisanych nośników informacji* (4,4%). Przedsiębiorstwa prowadzące działalność poligraficzną należały również do najczęściej udostępniających funkcję śledzenia on-line postępów realizacji indywidualnie komponowanego zamówienia (15,2%).

Tablica 15. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom indywidualne komponowanie zamówienia według działów PKD (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danym dziale PKD)

Kod działu	DZIAŁY PKD	Odsetek przedsiębiorstw umożliwiających składanie indywidualnie komponowanego zamówienia		
		ogółem	poprzez	
			automatyczne zlecenie na linię produkcyjną	śledzenie on-line
10	Produkcja artykułów spożywczych	12,5	0,4	2,6
16	Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze stomy i materiałów używanych do wyplatania	17,0	2,1	4,3
18	Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji	37,0	4,4	15,2
20	Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	10,5	1,5	5,3
22	Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych	20,8	3,3	2,5
23	Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych	10,7	0,0	6,6
26	Produkcja metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń	19,4	3,0	3,0
26	Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych	18,0	0,6	3,1
27	Produkcja urządzeń elektrycznych	22,6	0,7	2,9

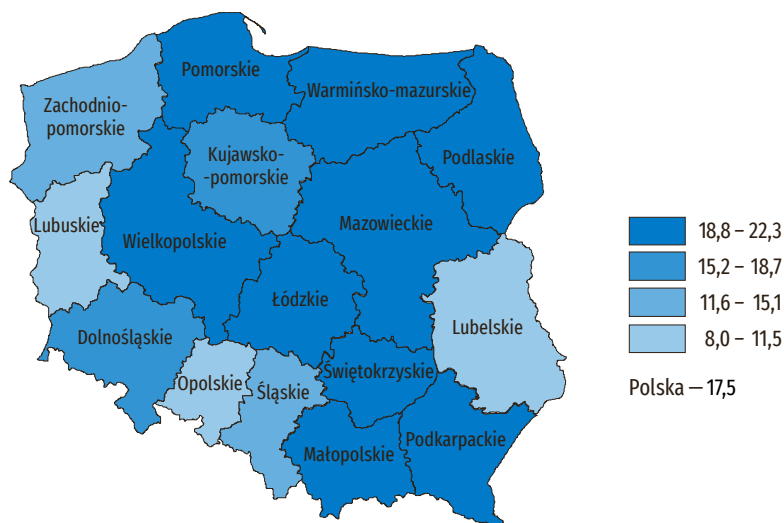
Tablica 15. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom indywidualne komponowanie zamówienia według działów PKD (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danym dziale PKD) (dok.)

Kod działu	DZIAŁY PKD	Odsetek przedsiębiorstw umożliwiających składanie indywidualnie komponowanego zamówienia		
		ogółem	poprzez	
			automatyczne zlecenie na linię produkcyjną	śledzenie on-line
28	Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana	15,8	1,7	3,4
29	Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli	16,9	4,8	3,2
30	Produkcja pozostałego sprzętu transportowego	14,6	1,8	1,8
31	Produkcja mebli	21,2	1,0	4,0

Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwa dysponujące stroną internetową lub aplikacją umożliwiającą kastomizację zamówienia najczęściej były zlokalizowane w województwie warmińsko-mazurskim (22,2%), a najrzadziej – w lubelskim (8,0%).

Mapa 14. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom składanie indywidualnie komponowanego zamówienia według województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danym województwie)



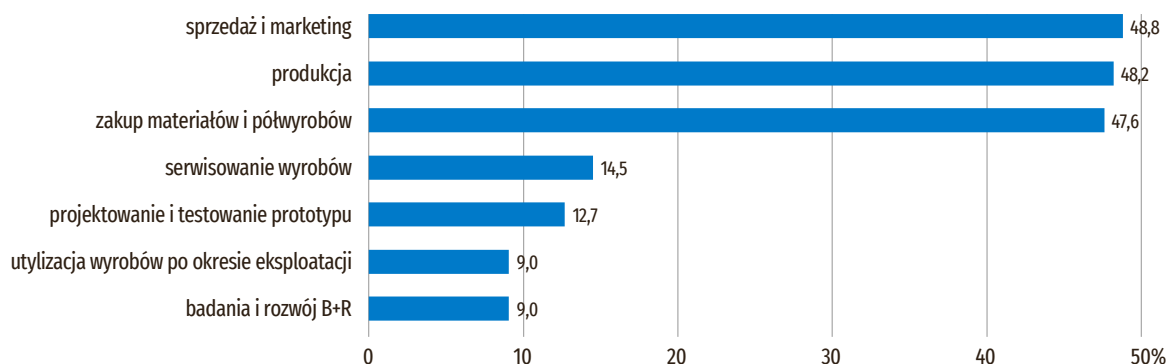
Źródło: opracowanie własne.

W odpowiedzi na wyzwania współczesnego przemysłu oraz wymogi prawne, przedsiębiorstwa wdrażają działania, które pozwalają na monitoring cyklu życia produktu, w tym także poprodukcyjny monitoring rynkowego cyklu życia wytworzonych produktów. Zapewniają dostępność usług i wsparcie podczas wykorzystania produktów na każdym etapie eksploatacji, co pozwala w krótkim czasie na ich udoskonalenie w taki sposób, aby w pełni sprostały wymaganiom klienta.

W celu prowadzenia monitoringu życia produktów przedsiębiorstwa wykorzystywały narzędzia cyfrowe, m.in. oprogramowanie ERP. Wyniki przeprowadzonego badania wskazują, że w 2019 r. 61,8% jednostek używało ERP lub innego systemu informatycznego w zakresie ww. działań, przy czym najczęściej były to podmioty duże (88,7%). Analizę cyklu życia produktu dokonywano na różnych etapach jego tworzenia. Najwięcej przedsiębiorstw podejmowało powyższe działania na etapie zakupu materiałów i półwyrobów (53,3%) oraz produkcji (52,6%),

a ponad połowa jednostek podczas sprzedaży i marketingu (50,9%). Najmniej jednostek deklaroowało korzystanie z ERP w celu monitorowania cyklu życia produktów na etapie utylizacji wyrobów po okresie eksploatacji (7,5%).

Wykres 32. Przedsiębiorstwa, których system ERP realizuje określone działania obejmujące cykl życia wyrobu (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



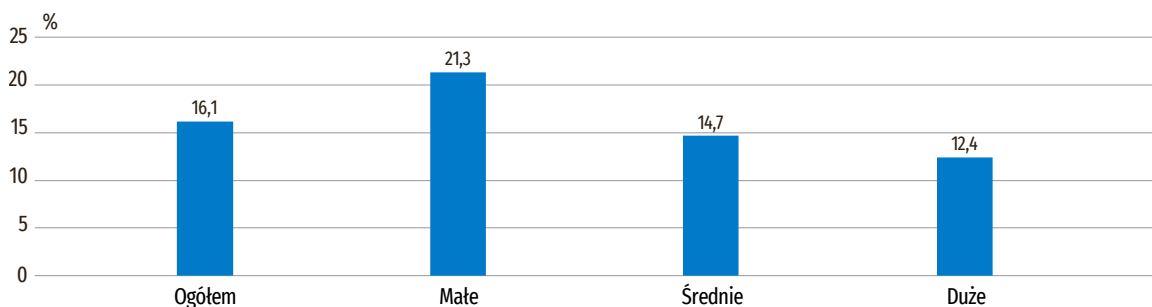
Źródło: opracowanie własne.

Produkcja/dostarczanie technologii

Rozwój nowoczesnych technologii ma ogromny wpływ na produkcję coraz bardziej zaawansowanych technicznie maszyn i urządzeń przemysłowych. Współczesne maszyny zostały wyposażone w nowatorskie mechatroniczne rozwiązania, które obniżają koszty eksploatacji oraz minimalizują odpady wytwarzane w trakcie procesu produkcyjnego. Zastosowana w nich technologia wirtualnej rzeczywistości wykorzystywana jest do monitorowania linii produkcyjnych.

W 2019 r. odsetek przedsiębiorstw produkujących maszyny i urządzenia wyniósł 16,1%. Liderem w tej grupie były małe przedsiębiorstwa. Biorąc pod uwagę rodzaj prowadzonej działalności, najwięcej wyprodukowano ich w sektorze maszynowym.

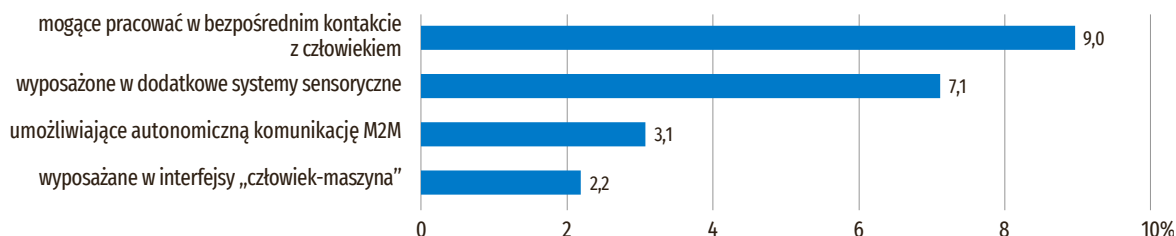
Wykres 33 Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Wyniki przeprowadzonego badania wskazują, że najczęściej produkowano maszyny i urządzenia, które mogły pracować w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem oraz takie, które były wyposażone w dodatkowe systemy sensoryczne (odpowiednio 9,0% i 7,1%).

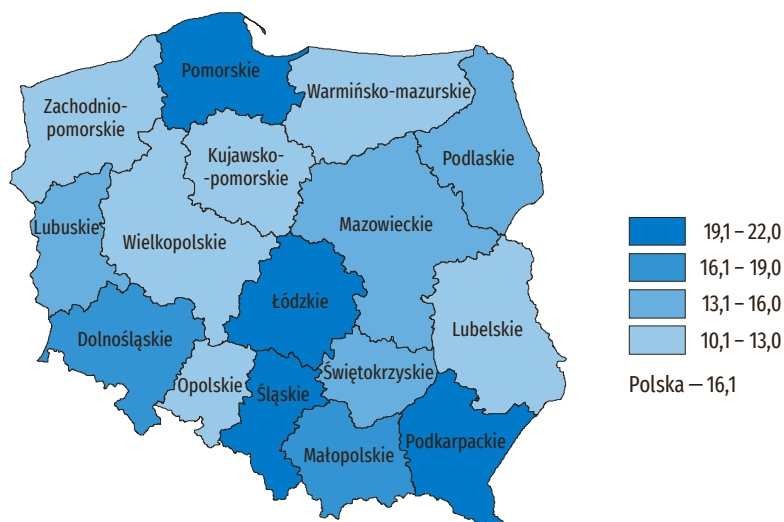
Wykres 34. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia według funkcjonalności (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Analizując wyniki badania dotyczące przedsiębiorstw produkujących maszyny i urządzenia według województw zauważyć można, że w 2019 r. najwyższy odsetek odnotowano w województwie pomorskim (21,7%). Różnica pomiędzy liderem a województwem, w którym produkcja maszyn i urządzeń była na najniższym poziomie, wyniosła 11,4 p. proc.

Mapa 15. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia według województw (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w danym województwie)



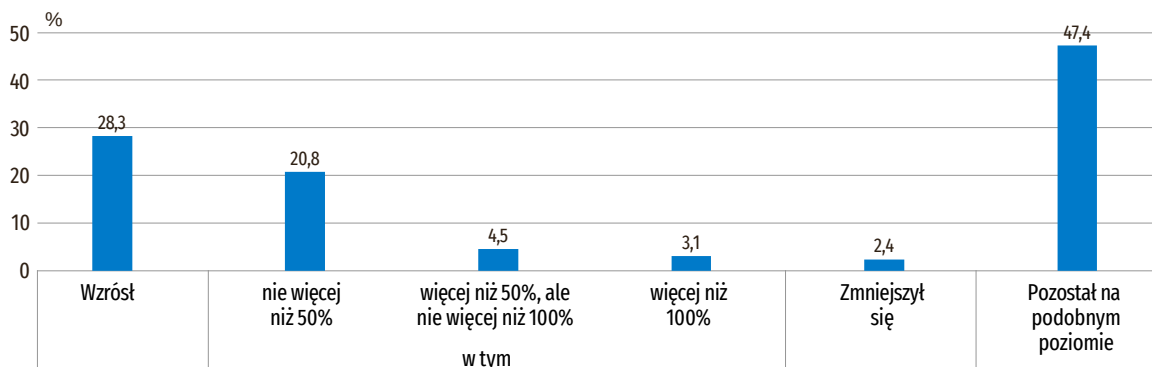
Źródło: opracowanie własne.

Nakłady na technologie w przedsiębiorstwach

Rewolucjonizowanie procesów przemysłowych w przedsiębiorstwach jest możliwe dzięki inwestycjom w rozwój nowoczesnych technologii, digitalizację i industrializację. Stanowią gwarant bardziej efektywnego i konkurencyjnego przedsiębiorstwa, zapewniając tym samym wysoką pozycję na rynku.

W 2019 r. spośród zbadanych przedsiębiorstw 28,3% odnotowało wzrost poziomu nakładów związanych z wdrożeniem/utrzymaniem/rozbudową technologii Przemysłu 4.0 w ciągu ostatnich 2 lat. W tej grupie, największy udział stanowiły jednostki, w których poziom nakładów wzrósł nie więcej niż 50% (20,8%), a najmniejszy jednostki, w których wzrósł więcej niż 100% (3,1%). Prawie połowa zbadanych przedsiębiorstw utrzymała nakłady inwestycyjne na podobnym poziomie a tyle samo planowało rozbudować i rozwijać nowoczesne technologie.

Wykres 35. Przedsiębiorstwa według zmiany poziomu nakładów związanych z wdrażaniem/utrzymaniem/rozbudową technologii Przemysłu 4.0 w ciągu 2 lat poprzedzających datę badania (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)

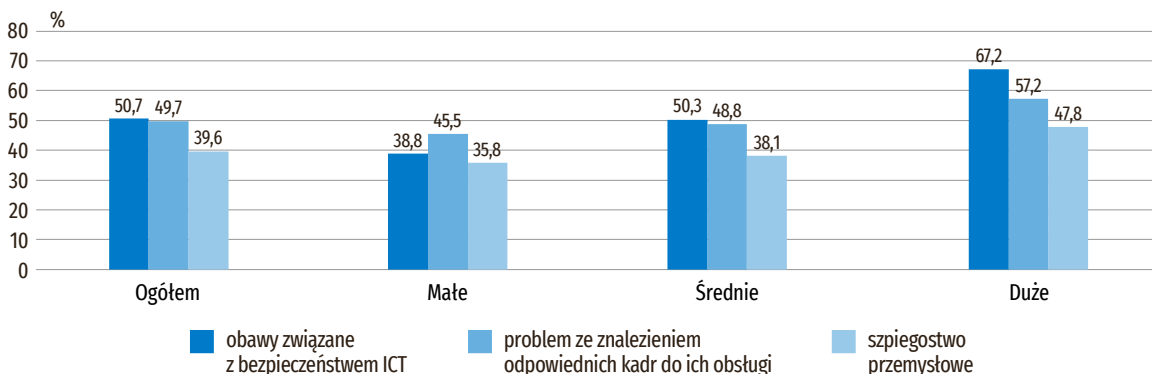


Źródło: opracowanie własne.

Wdrażane przez przedsiębiorstwa nowe technologie poza korzyściami niosą za sobą również ryzyko. Strategiczne dla podmiotów informacje przechowywane w chmurze mogą stać się przedmiotem ataków cyberprzestępców. Może to prowadzić do ogromnych strat finansowych, a niekiedy nawet poważnie zachwiać funkcjonowanie przedsiębiorstwa.

W 2019 r. spośród zbadanych przedsiębiorstw 68,1% stanowiły te, które identyfikowały zagrożenia związane z wykorzystaniem nowoczesnych technologii. Do najczęściej wskazywanych należały obawy związane z bezpieczeństwem ICT (50,7%) oraz problemy ze znalezieniem odpowiednich kadr do obsługi cyfrowych maszyn i urządzeń (49,7%). Niespełna 40% obawiało się szpiegostwa przemysłowego. Największą grupę podmiotów identyfikujących zagrożenia związane z wdrożeniem technologii ICT stanowiły jednostki duże (80,9%), natomiast biorąc pod uwagę rodzaj prowadzonej działalności – przedsiębiorstwa produkujące pozostały sprzęt transportowy i meble (odpowiednio 74,6% i 73,7%).

Wykres 36. Przedsiębiorstwa identyfikujące zagrożenia wynikające z wykorzystania technologii Przemysłu 4.0 według klas wielkości (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)

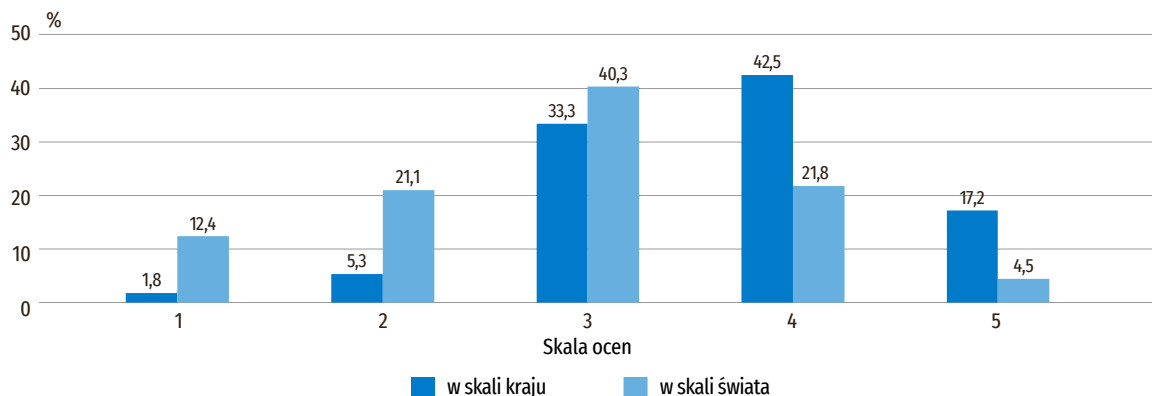


Źródło: opracowanie własne.

Pozycja konkurencyjna przedsiębiorstwa

Pozycja konkurencyjna dotyczy usytuowania danego przedsiębiorstwa, jego produktów lub usług na szeroko rozumianym rynku⁶⁰. Pozycja konkurencyjna przedsiębiorstwa zależy od wielu czynników. Dzięki prowadzonej analizie działalności przedsiębiorstwa polegającej na obserwacji konkurentów oraz zmian zachodzących w danej branży, możliwe jest uzyskanie przewagi konkurencyjnej. Wyniki przeprowadzonego w 2019 r. badania dostarczyły wiedzy na temat oceny pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstw w skali kraju i świata. Zastosowano skalę od 1 do 5, która posłużyła określeniu pozycji podmiotu. Spośród wszystkich zbadanych podmiotów najwięcej oceniło swoją pozycję w skali kraju jako dobrą (42,5%), natomiast w skali świata – jako dostateczną (40,3%). Niespełna 2% przedsiębiorstw dokonało oceny krajowej pozycji konkurencyjnej jako bardzo zła, natomiast w odniesieniu do świata, udział takich podmiotów kształtował się na znacznie wyższym poziomie (12,4%).

Wykres 37. Przedsiębiorstwa według oceny poziomu pozycji konkurencyjnej w przedsiębiorstwach (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)

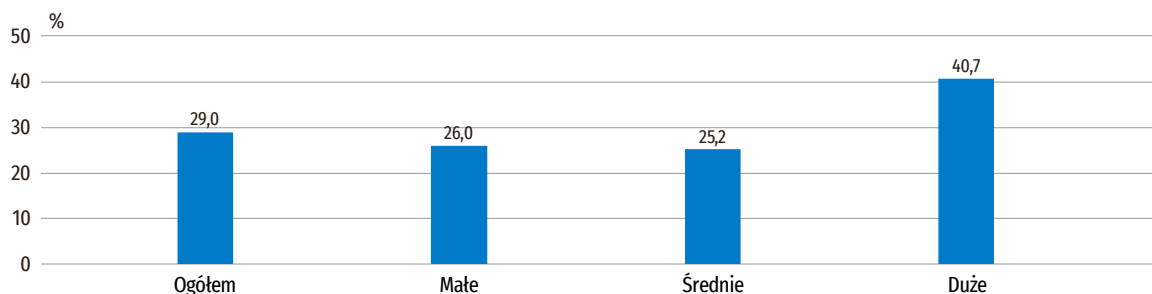


Źródło: opracowanie własne.

Istotną rolę w kształtowaniu pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstwa odgrywają wysoko wykwalifikowane zasoby ludzkie. Stanowią trzon przewagi konkurencyjnej i są zasobem strategicznym podmiotu, który ma decydujący wpływ na jego przewagę w branży.

Spośród zbadanych przedsiębiorstw 29,0% planowało w ciągu najbliższych dwóch lat ponieść nakłady finansowe w związku z przyjęciem do pracy lub kształceniem nowych, wysoko wykwalifikowanych pracowników. Taka polityka kadrowa była najbardziej popularna w dużych przedsiębiorstwach. Najczęściej wdrażały ją przedsiębiorstwa produkujące pozostały sprzęt transportowy oraz chemikalia i wyroby chemiczne (odpowiednio 36,4% i 36,1%).

Wykres 38. Przedsiębiorstwa planujące w ciągu najbliższych 2 lat inwestować i/lub kształcić wysoko wykwalifikowane zasoby ludzkie (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

60 Encyklopedia Zarządzania [data dostępu 19 maj 2020], strona www: https://mfiles.pl/pl/index.php/Pozycja_konkurencyjna

3.1. Analiza krzyżowa zmiennych

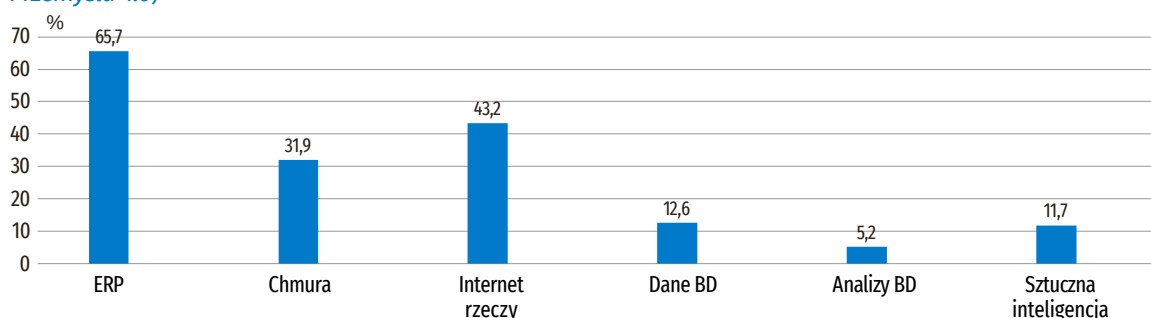
3.1. Cross analysis of variables

W tej części raportu zaprezentowane zostały w sposób przekrojowy wzajemne relacje pomiędzy zmiennymi zależnymi zebranymi w badaniu. Takie zestawienia mogą zainspirować do stawiania nowych pytań badawczych i wyznaczania dalszych kierunków badania stopnia dostosowania przedsiębiorstw do wymogów czwartej fali rewolucji przemysłowej.

Wykorzystanie nowoczesnych technologii

Najczęściej wykorzystywaną technologią wśród badanych przedsiębiorstw (oprócz oprogramowania typu ERP) był Internet rzeczy wykorzystywany w procesach produkcyjnych (43,2%). Znacznie rzadziej wykorzystywano chmurę obliczeniową (31,9%) oraz sztuczną inteligencję (11,7%). W 12,6% przedsiębiorstw pozyskiwano wielkie wolumeny danych, z czego w 5,2% podmiotów prowadzono analizy tych danych.

Wykres 39. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie Przemysłu 4.0 (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie Przemysłu 4.0 charakteryzowały wyższe wskaźniki wykorzystywania pozostałych technologii objętych badaniem. Najwyższe wskaźniki odnotowano w jednostkach przeprowadzających analizy danych typu Big Data. W tej grupie odsetek wykorzystujących programy typu ERP był wyższy o 23,9 p. proc. niż w badanych przedsiębiorstwach ogółem, w grupie wykorzystujących chmurę obliczeniową – o 33,2 p. proc., Internet rzeczy – o 37,0 p. proc. a sztuczną inteligencję – o 18,5 p. proc. Wykorzystywanie oprogramowania klasy ERP w najmniejszym stopniu korelowało z wykorzystywaniem pozostałych technologii.

Tablica 16. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie Przemysłu 4.0 według wykorzystania technologii Przemysłu 4.0 – współwystępowanie technologii (% w wierszu)

TECHNOLOGIE	Odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących technologie Przemysłu 4.0					
	ERP	chmura	Internet rzeczy	dane BD	analizy BD	sztuczna inteligencja
ERP	100,0	40,1	53,7	15,7	7,1	15,6
Chmura	82,6	100,0	58,4	20,8	10,6	19,6
Internet rzeczy	81,7	43,1	100,0	21,4	9,6	21,1
Dane BD	81,5	52,5	73,4	100,0	40,9	24,7
Analizy BD	89,6	65,1	80,2	100,0	100,0	30,2
Sztuczna inteligencja	87,5	53,3	77,9	26,7	13,3	100,0

Źródło: opracowanie własne.

Analizując wykorzystywanie poszczególnych technologii w zależności od pozycji w globalnym łańcuchu wartości można było zauważyć dość istotne zróżnicowanie wyników. Wśród przedsiębiorstw wytwarzających ostateczny

produkt nie różniły się one w sposób istotny od wyników ogółem. Największą dysproporcję wobec jednostek badanych ogółem odnotowano w przypadku wykorzystania chmury obliczeniowej w grupie przedsiębiorstw wytwarzających produkt końcowy. Wśród tych przedsiębiorstw odsetek był o 0,6 p. proc. wyższy, natomiast w przypadku wykorzystania Internetu rzeczy niższy o 0,3 p. proc. W grupie podmiotów, które oprócz tego, że wytwarzały ostateczny produkt, posiadały prawo własności do dokumentacji technologicznej – wykorzystanie poszczególnych technologii było już nieco wyższe. Największą różnicę w porównaniu do wyników ogółem odnotowano w przypadku oprogramowania typu ERP (2,6 p. proc.), natomiast najmniejszą – w przypadku analiz danych typu Big Data (0,3 p. proc.). Biorąc pod uwagę model dostarczania komponentów, podzespołów lub półproduktów/surowców do przedsiębiorstwa można było zauważyć, że najwyższe wskaźniki wykorzystania badanych technologii występowały w przypadku jednostek zaopatrujących się częściowo od zewnętrznych poddostawców, a częściowo samodzielnie (wyjątek stanowiło pozyskiwanie danych typu Big Data, które występowało najczęściej wśród jednostek zaopatrujących się wyłącznie u podmiotów zewnętrznych). Zdecydowanie niższe wartości wskaźników wykorzystania technologii występowały w grupie podmiotów zaopatrujących się wyłącznie samodzielnie. Wśród tych podmiotów odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących oprogramowanie typu ERP był o 22,5 p. proc. niższy niż ogółem, wykorzystanie chmury obliczeniowej – o 14,6 p. proc., Internetu rzeczy – o 7,9 p. proc., sztucznej inteligencji – o 3,1 p. proc., a analizy Big Data występowały o 0,2 p. proc. rzadziej. Przedsiębiorstwa będące poddostawcami części/komponentów do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów charakteryzowały się częstszym wykorzystaniem technologii *Przemysłu 4.0*. Wskaźnik wykorzystania oprogramowania ERP był o 8,3 p. proc. wyższy niż w badanych podmiotach ogółem, wykorzystanie Internetu rzeczy – o 6,9 p. proc., sztucznej inteligencji – o 2,4 p. proc., chmury obliczeniowej – o 1,7 p. proc., natomiast odsetek jednostek wykonujących analizy danych typu Big Data był wyższy o 0,2 p. proc. W grupie przedsiębiorstw, które posiadały prawo własności do dokumentacji konstrukcyjnej odnotowano znacznie większe różnice. Wśród tych jednostek odsetek wykorzystania ERP był o 14,1 p. proc. wyższy niż w podmiotach badanych ogółem, wykorzystanie Internetu rzeczy – o 8,4 p. proc., sztucznej inteligencji – o 4,4 p. proc., chmury obliczeniowej – o 3,0 p. proc., natomiast odsetek jednostek wykonujących analizy danych typu Big Data był wyższy o 0,7 p. proc. Wykorzystanie wyżej wymienionych technologii było wyraźnie wyższe w grupach przedsiębiorstw posiadających w swojej strukturze organizacyjnej dział: badawczo-rozwojowy, projektowo-konstrukcyjny, dystrybucji oraz marketingu. Najwyższe wartości wskaźników występowały w grupie jednostek posiadających dział badawczo-rozwojowy. Wskaźnik wykorzystania oprogramowania ERP w tej grupie był o 11,7 p. proc. wyższy niż w podmiotach badanych ogółem, wykorzystanie Internetu rzeczy – o 12,3 p. proc., chmury obliczeniowej – o 10,9 p. proc., sztucznej inteligencji – o 6,1 p. proc., a odsetek jednostek wykonujących analizy danych typu Big Data był wyższy o 4,2 p. proc.

Tablica 17. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie *Przemysłu 4.0* według pozycji w globalnym łańcuchu wartości (% w wierszu)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących technologie <i>Przemysłu 4.0</i>					
	ERP	chmura	Internet rzeczy	dane BD	analizy BD	sztuczna inteligencja
OGÓŁEM	65,7	31,9	43,2	12,6	5,2	11,7
PRZEDSIĘBIORSTWA WYTWARZAJĄCE OSTATECZNY PRODUKT /USŁUGĘ, KTÓRY TRAFIA BEZPOŚREDNIO DO KLIENTA KOŃCOWEGO						
Ogółem	65,8	32,5	42,9	12,7	5,3	11,7
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji technologicznej	68,3	32,7	43,6	12,9	5,5	12,3
PRZEDSIĘBIORSTWA KORZYSTAJĄCE Z KOMPONENTÓW, PODZESPOŁÓW LUB PÓŁPRODUKTÓW/SUROWCÓW DOSTARCZONYCH						
Wyłącznie przez samo przedsiębiorstwo	43,2	17,3	35,3	10,1	5,0	8,6
Częściowo przez samo przedsiębiorstwo, a częściowo poddostawców/podwykonawców	69,6	34,2	46,2	12,7	5,2	12,8
Wyłącznie przez poddostawców/podwykonawców	61,1	29,6	37,2	13,0	5,1	9,5

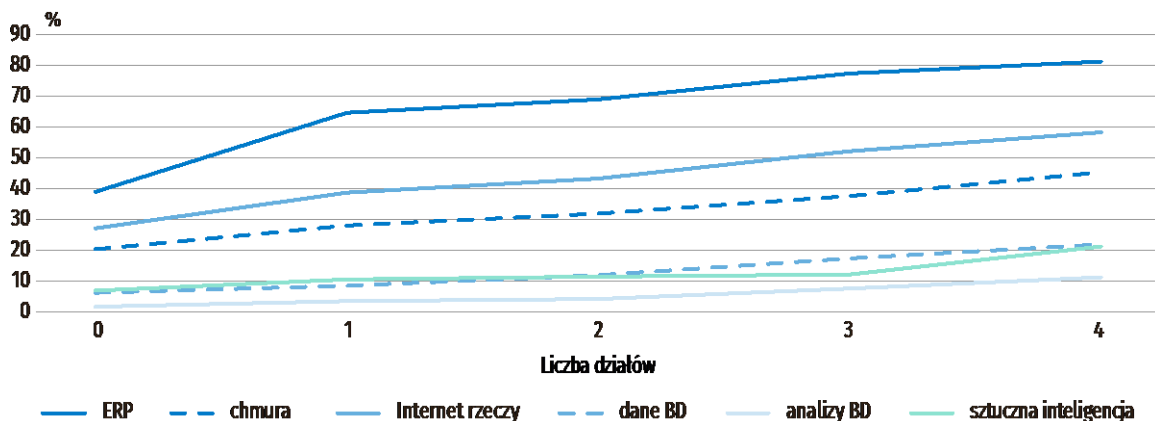
Tablica 17. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie Przemysłu 4.0 według pozycji w globalnym łańcuchu wartości (% w wierszu) (dok.)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących technologie Przemysłu 4.0					
	ERP	chmura	Internet rzeczy	dane BD	analizy BD	sztuczna inteligencja
PRZEDSIĘBIORSTWA BĘDĄCE PODDOSTAWCAMI CZĘŚCI/KOMPONENTÓW DO MASZYN/URZĄDZEŃ, SYSTEMÓW INNYCH PRODUCENTÓW						
Ogółem	74,0	33,6	50,1	15,0	5,4	14,3
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji konstrukcyjnej	79,8	34,9	51,6	15,9	5,9	16,1
PRZEDSIĘBIORSTWA POSIADAJĄCE W SWOJEJ STRUKTURZE ORGANIZACYJNEJ DZIAŁ						
Badawczo-rozwojowy	77,4	42,8	55,5	18,7	9,4	17,8
Projektowo-konstrukcyjny	76,4	36,7	50,6	15,1	5,9	14,6
Dystrybucji	74,0	36,0	48,3	15,1	6,7	13,2
Marketingu	72,9	35,9	48,7	17,3	7,9	13,0

Źródło: opracowanie własne.

Jednocześnie podczas badania zaobserwowano zależność pomiędzy wartością badanych wskaźników a liczbą zbadanych działów, jakie w swojej strukturze organizacyjnej posiadało przedsiębiorstwo, tj.: działu badawczo-rozwojowego, działu projektowo-konstrukcyjnego, działu dystrybucji, działu marketingu (wykres 40).

Wykres 40. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie Przemysłu 4.0 według liczby posiadanych działów w strukturze organizacyjnej (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w poszczególnych kategoriach liczby działów)

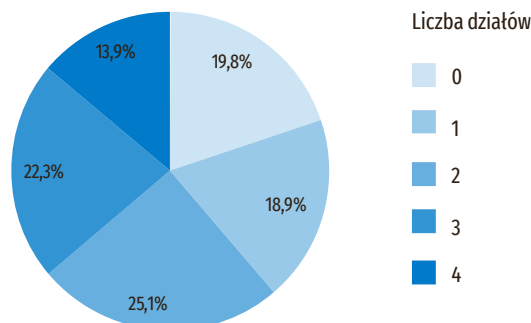


Źródło: opracowanie własne.

Grupa przedsiębiorstw nieposiadająca w swojej strukturze organizacyjnej żadnego z badanych działów charakteryzowała się znacznie niższymi odsetkami wykorzystania badanych technologii. Wykorzystanie programów ERP było w przypadku tej grupy o 28,6 p. proc. niższe niż w jednostkach badanych ogółem, Internetu rzeczy – o 16,1 p. proc., chmury obliczeniowej – o 11,7 p. proc., sztucznej inteligencji – o 5,0 p. proc., analiz Big Data – o 3,7 p. proc. Wraz ze wzrostem liczby działów wskaźniki przybierały coraz wyższe wartości, tym samym najwyższe odnotowano wśród podmiotów posiadających wszystkie badane działy. Wykorzystanie programów ERP było w przypadku tej grupy o 15,4 p. proc. wyższe niż w przypadku jednostek badanych ogółem, Internetu rzeczy – o 15,0 p. proc., chmury obliczeniowej – o 13,4 p. proc., sztucznej inteligencji – o 9,4 p. proc., a analiz Big Data – o 6,0 p. proc.

Warto zaznaczyć, że struktura organizacyjna badanych podmiotów pod względem liczby posiadanych działów była stosunkowo równomierna (wykres 41) i tym samym każda z badanych grup była dostatecznie reprezentowana.

Wykres 41. Struktura przedsiębiorstw według liczby posiadanych działów w strukturze organizacyjnej (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Porównując grupy przedsiębiorstw pod względem ich pozycji w globalnym łańcuchu wartości oraz stosowania poszczególnych technologii można również zauważyć różnice w strukturze. Najwyższy odsetek jednostek wytwarzających ostateczny produkt wystąpił w grupie przedsiębiorstw dokonujących analiz danych typu Big Data (o 1,3 p. proc. wyższy niż ogółem), podobnie odsetek podmiotów posiadających prawo własności do dokumentacji technicznej tych produktów (o 4,0 p. proc.). Natomiast najmniejszy odsetek zaobserwowano wśród użytkowników Internetu rzeczy (o 0,5 p. proc. niższy niż ogółem). Wśród przedsiębiorstw dokonujących analiz Big Data najwyższy odsetek zaobserwowano wśród podmiotów zaopatrujących się w komponenty i surowce wyłącznie we własnym zakresie (pomimo, że był niższy niż w strukturze badanych podmiotów ogółem o 0,2 p. proc.) oraz jednostek zaopatrujących się wyłącznie u poddostawców (o 0,6 p. proc. niższy). Z kolei przedsiębiorstwa zaopatrujące się zarówno samodzielnie jak i u podmiotów zewnętrznych najczęściej wykorzystywały sztuczną inteligencję (o 6,6 p. proc. częściej niż ogółem), podobnie jak poddostawcy części/komponentów do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów (o 8,3 p. proc. częściej). Biorąc pod uwagę strukturę organizacyjną przedsiębiorstw najczęściej dział badawczo-rozwojowy posiadały podmioty dokonujące analiz danych typu Big Data (o 26,2 p. proc. częściej niż ogółem), dział dystrybucji (o 18,9 p. proc. częściej) oraz dział marketingowy (o 25,6 p. proc. częściej). Natomiast dział projektowo-konstrukcyjny najczęściej posiadały podmioty wykorzystujące sztuczną inteligencję (o 12,3 p. proc. częściej niż ogółem). Najmniej przedsiębiorstw posiadających dział badawczo-rozwojowy odnotowano wśród użytkowników systemów ERP (choć i tak odsetek ten był wyższy o 5,8 p. proc. niż ogółem). Dział projektowo-konstrukcyjny najrzadziej posiadały jednostki przeprowadzające analizy danych typu Big Data (choć o 6,7 p. proc. częściej niż ogółem), dział dystrybucji – przedsiębiorstwa korzystające z Internetu rzeczy (o 7,3 p. proc. częściej), a dział marketingu – wśród użytkowników ERP (o 5,2 p. proc. częściej).

Tablica 18. Przedsiębiorstwa znajdujące się na poszczególnych pozycjach w globalnym łańcuchu wartości według wykorzystanych technologii *Przemysłu 4.0* (% w kolumnie)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących technologie <i>Przemysłu 4.0</i>						
	ogółem	ERP	chmura	Internet rzeczy	dane BD	analizy BD	sztuczna inteligencja
OGÓŁEM	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
PRZEDSIĘBIORSTWA WYTWARZAJĄCE OSTATECZNY PRODUKT/USŁUGĘ, KTÓRY TRAFIA BEZPOŚREDNIO DO KLIENTA KOŃCOWEGO							
Ogółem	70,4	70,5	71,7	69,9	71,0	71,7	70,4
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji technologicznej	55,4	57,6	56,9	55,9	56,8	59,4	58,3
PRZEDSIĘBIORSTWA KORZYSTAJĄCE Z KOMPONENTÓW, PODZESPOŁÓW LUB PÓŁPRODUKTÓW/SUROWCÓW DOSTARCZONYCH							
Wyłącznie przez samo przedsiębiorstwo	6,8	4,5	3,7	5,5	5,4	6,6	5,0
Częściowo przez samo przedsiębiorstwo, a częściowo poddostawców/podwykonawców	68,2	72,2	73,1	72,9	68,7	68,9	74,6
Wyłącznie przez poddostawców/podwykonawców	25,1	23,3	23,2	21,6	25,9	24,5	20,4
PRZEDSIĘBIORSTWA BĘDĄCE PODDOSTAWCAMI CZĘŚCI/KOMPONENTÓW DO MASZYN/URZĄDZEŃ, SYSTEMÓW INNYCH PRODUCENTÓW							
Ogółem	36,1	40,7	38,1	41,9	42,9	37,7	44,2
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji konstrukcyjnej	18,1	22,0	19,9	21,7	22,8	20,8	25,0
PRZEDSIĘBIORSTWA POSIADAJĄCE W SWOJEJ STRUKTURZE ORGANIZACYJNEJ DZIAŁ							
Badawczo-rozwojowy	32,3	38,1	43,4	41,5	47,9	58,5	49,2
Projektowo-konstrukcyjny	49,0	57,1	56,4	57,4	58,7	55,7	61,3
Dystrybucji	62,2	70,1	70,2	69,5	74,5	81,1	70,0
Marketingu	48,0	53,2	54,0	54,1	65,6	73,6	53,3

Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwa umożliwiające swoim klientom i kontrahentom komponowanie indywidualnego zamówienia poprzez stronę internetową lub aplikację charakteryzowały się wyższymi wskaźnikami wykorzystania technologii *Przemysłu 4.0* niż jednostki badane ogółem. Różnica ta była tym większa, im bardziej zaawansowana była funkcjonalność w ramach indywidualnie komponowanego zamówienia. Największy odsetek podmiotów wykorzystujących oprogramowanie typu ERP, sztuczną inteligencję oraz dokonujących analiz danych typu Big Data występował w grupie jednostek, w których indywidualnie komponowane zamówienia były automatycznie (bez ingerencji człowieka) przetwarzane i zlecane na linię produkcyjną (odpowiednio o 16,8; 13,3 oraz 17,3 p. proc. większy niż w jednostkach badanych ogółem). Natomiast chmurę obliczeniową i Internet rzeczy najczęściej wykorzystywano w przypadku jednostek umożliwiających śledzenie stanu realizacji indywidualnie komponowanego zamówienia on-line (odpowiednio o 25,4 oraz 19,5 p. proc. częściej niż ogółem). Warto jednak nadmienić, iż odsetek przedsiębiorstw udostępniających zaawansowane funkcjonalności w ramach indywidualnie komponowanego zamówienia był niski w skali badanej grupy (wykres 31), dlatego dane dla tych grup nie były dostatecznie reprezentatywne.

Tablica 19. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie *Przemysłu 4.0* według udostępniania klientom możliwości komponowania indywidualnego zamówienia (% w wierszu)

INDYWIDUALNIE KOMPONOWANE ZAMÓWIENIE	Odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących technologie <i>Przemysłu 4.0</i>					
	ERP	chmura	Internet rzeczy	dane BD	analizy BD	sztuczna inteligencja
Ogółem	65,7	31,9	43,2	12,6	5,2	11,7
poprzez:						
Stronę www lub aplikację	65,6	37,2	50,0	21,5	8,7	12,8
w tym wirtualną wizualizację	73,5	44,6	56,6	32,5	16,9	18,1
Automatyczne przetwarzanie	82,5	52,5	60,0	32,5	22,5	25,0
w tym autonomiczne dostosowanie maszyn	87,5	50,0	75,0	37,5	37,5	50,0
Śledzenie on-line	81,3	57,3	62,7	26,7	14,7	14,7

Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwa, których system ERP realizował działania obejmujące poszczególne cykle życia produktu/wyrobu, miały we wszystkich przypadkach wyższy odsetek wykorzystania poszczególnych technologii *Przemysłu 4.0* niż ogół przedsiębiorstw używających systemu ERP, przy czym wartości dla poszczególnych rodzajów działań były zróżnicowane. Najwyższy wskaźnik wykorzystania chmury obliczeniowej wystąpił wśród jednostek, których system ERP realizował zadania związane z użyciem wyrobów po okresie eksploatacji (o 7,6 p. proc. wyższy niż przedsiębiorstw posiadających oprogramowanie ERP ogółem). Internet rzeczy był najczęściej wykorzystywany wśród jednostek, których system ERP realizował zadania związane z projektowaniem i testowaniem prototypów (o 3,9 p. proc. częściej niż przedsiębiorstw posiadających oprogramowanie ERP ogółem). Natomiast dokonywanie analiz danych typu Big Data oraz wykorzystywanie technologii sztucznej inteligencji dominowały wśród jednostek, których system ERP realizował zadania związane z działalnością badawczą i rozwojową (odpowiednio o 6,6 oraz 7,0 p. proc. częściej niż przedsiębiorstw posiadających oprogramowanie ERP ogółem).

Tablica 20. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie *Przemysłu 4.0* według działań ze zbioru obejmującego pełen cykl życia wyrobu realizowanych przez system ERP (w % przedsiębiorstw istotnych dla *Przemysłu 4.0* posiadających oprogramowanie ERP)

DZIAŁANIA	Odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących technologie <i>Przemysłu 4.0</i>				
	chmura	Internet rzeczy	dane BD	analizy BD	sztuczna inteligencja
Ogółem	40,1	53,7	15,7	7,1	15,6
Działalność badawcza i rozwojowa	46,7	61,3	26,4	13,7	22,6
Projektowanie i testowanie prototypu	45,9	63,4	22,6	10,1	20,6
Zakup materiałów i półwyrobów	41,3	55,4	16,7	7,5	16,3
Produkcja	41,7	57,0	17,0	7,9	17,3
Sprzedaż i marketing	41,6	54,0	17,1	8,0	16,5
Serwisowanie wyrobów	45,7	59,8	22,3	11,3	21,4
Użyłacja wyrobów po okresie eksploatacji	47,7	59,5	19,0	11,8	22,2

Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia dla innych podmiotów charakteryzowały zbliżone wartości wskaźników wykorzystania technologii *Przemysłu 4.0*. Odsetek jednostek wykorzystujących Internet rzeczy, sztuczną inteligencję oraz pozyskujących duże wolumeny danych wśród producentów maszyn i urządzeń zbytnio nie odbiegał od wartości ogółem. Nieco wyższe były wskaźniki wykorzystania oprogramowania typu ERP (o 1,7 p. proc.) oraz chmury obliczeniowej (o 3,4 p. proc.), ale odsetek podmiotów przeprowadzających analizy danych typu Big Data był niższy (o 1,6 p. proc.). Natomiast wśród przedsiębiorstw produkujących maszyny na potrzeby *Przemysłu 4.0* różnice te były już nieco większe. Wyjątek stanowił odsetek podmiotów wykorzystujących oprogramowania typu ERP, który ukształtował się na podobnym poziomie jak wśród ogółu badanych jednostek oraz wskaźnik przeprowadzania analiz

Big Data (o 0,4 p. proc. niższym). Natomiast wśród korzystających z technologii chmury obliczeniowej odsetek był o 5,8 p. proc. wyższy niż ogółem, Internetu rzeczy – o 1,8 p. proc., a sztucznej inteligencji – o 3,5 p. proc. Wyniki były także zróżnicowane ze względu na cechy, jakie posiadała produkowana przez przedsiębiorstwo maszyna. W podmiotach produkujących maszyny wyposażone w dodatkowe systemy sensoryczne odnotowano najwyższe wskaźniki wykorzystania oprogramowania typu ERP (o 3,5 p. proc. wyższe niż ogółem), Internetu rzeczy (o 5,4 p. proc. wyższe) oraz przeprowadzania analiz danych typu Big Data (o 1,0 p. proc. wyższe). Wśród przedsiębiorstw produkujących maszyny posiadające możliwość komunikacji typu „maszyna z maszyną” najczęściej zaobserwowano podmioty wykorzystujące technologię chmury (o 17,3 p. proc. częściej niż ogółem) oraz sztuczną inteligencję (o 10,5 p. proc. częściej).

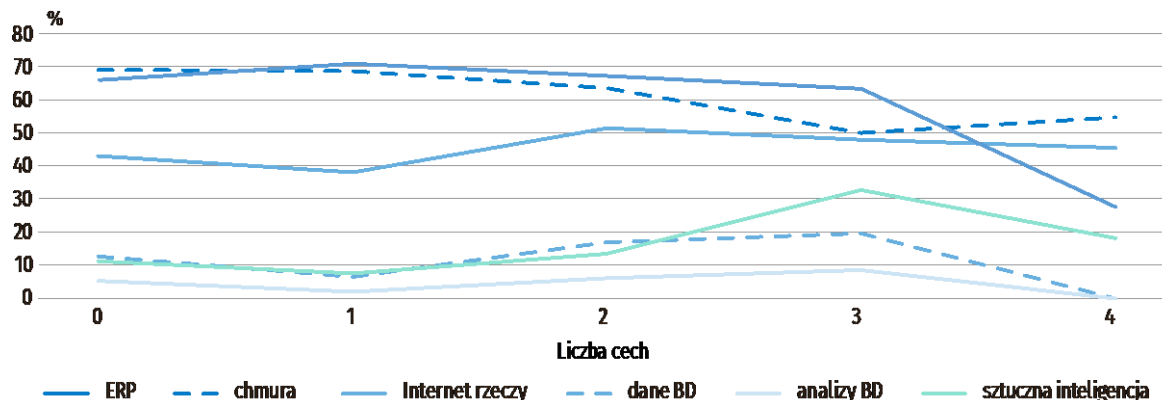
Tablica 21. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie Przemysłu 4.0 według produkcji maszyn i urządzeń (% w wierszu)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących technologie Przemysłu 4.0					
	ERP	Chmura	Internet rzeczy	dane BD	analizy BD	sztuczna inteligencja
OGÓŁEM	65,7	31,9	43,2	12,6	5,2	11,7
PRODUKUJĄCE MASZYNY						
Ogółem	67,4	35,3	43,2	12,7	3,6	11,5
Wyposażone w dodatkowe systemy sensoryczne	69,2	39,0	48,6	11,6	6,2	20,5
Umożliwiające autonomiczną komunikację M2M	54,0	49,2	46,0	17,5	4,8	22,2
Wyposażone w interfejsy człowiek-maszyna AR lub VA	40,0	31,1	46,7	15,6	4,4	22,2
Mogące pracować w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem	65,8	41,3	45,7	14,1	5,4	15,2
Co najmniej jedno z wymienionych	65,8	37,7	45,0	12,6	4,8	15,2

Źródło: opracowanie własne.

Nie zaobserwowano natomiast żadnej relacji pomiędzy liczbą cech, jakie posiadały produkowane maszyny (spośród badanych cech maszyn i urządzeń Przemysłu 4.0, tj.: wyposażania w dodatkowe systemy sensoryczne, autonomiczną komunikację „M2M”, wyposażania w interfejsy „człowiek-maszyna”, możliwość pracy w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem) a odsetkiem wykorzystania poszczególnych technologii (wykres 42), tak jak to miało miejsce np. w przypadku liczby posiadanych działów (wykres 40).

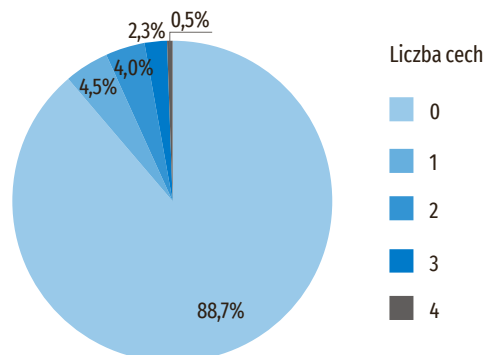
Wykres 42. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie Przemysłu 4.0 według liczby cech produkowanych maszyn (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 produkujących maszyny w poszczególnych kategoriach ocen)



Źródło: opracowanie własne.

Należy jednak zaznaczyć, że struktura jednostek ze względu na liczbę cech, jakie posiadały produkowane przez nie maszyny, była bardzo nieregularna (wykres 43), tym samym poszczególne rodzaje cech produkowanych maszyn nie były odpowiednio licznie reprezentowane w skali badania.

Wykres 43. Struktura przedsiębiorstw według liczby cech produkowanych maszyn (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Odsetek jednostek wykorzystujących poszczególne technologie *Przemysłu 4.0* był wyższy w przypadku podmiotów dostrzegających zagrożenia płynące z wykorzystywania tych technologii. Zależność ta występowała w przypadku wykorzystywania wszystkich technologii oraz w przypadku wszystkich rodzajów identyfikowanych zagrożeń. Wśród przedsiębiorstw identyfikujących zagrożenie bezpieczeństwa ICT występował najwyższy odsetek wykorzystania oprogramowania klasy ERP (o 11,5 p. proc. wyższy niż ogółem), chmury obliczeniowej (o 6,0 p. proc. wyższy), Internetu rzeczy (o 7,7 p. proc. wyższy) oraz sztucznej inteligencji (3,8 p. proc. wyższy). Natomiast najwyższy odsetek jednostek dokonujących analizy danych typu Big Data odnotowano wśród podmiotów obawiających się szpiegostwa przemysłowego (o 2,5 p. proc. wyższy niż ogółem).

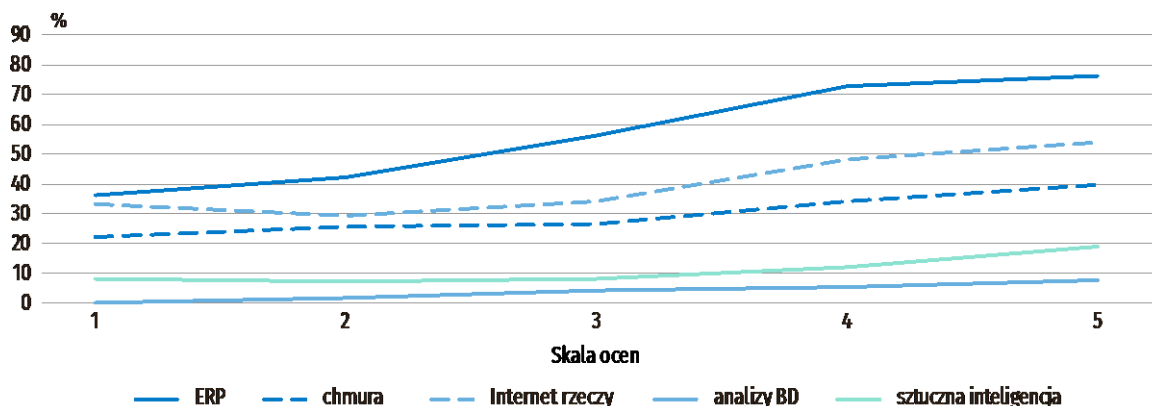
Tablica 22. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie *Przemysłu 4.0* według rodzajów zagrożeń wynikających z wykorzystywania tych technologii (% w wierszu)

ZAGROŻENIA	Odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących technologie <i>Przemysłu 4.0</i>					
	ERP	Chmura	Internet rzeczy	dane BD	analizy BD	sztuczna inteligencja
Ogółem	65,7	31,9	43,2	12,6	5,2	11,7
Obawy związane z bezpieczeństwem ICT	76,7	37,9	50,9	16,4	7,2	15,5
Problem ze znalezieniem odpowiednich kadr do ich obsługi	71,4	37,0	48,4	15,9	7,2	14,1
Szpiegostwo przemysłowe	73,9	36,0	49,2	16,6	7,7	15,1

Źródło: opracowanie własne.

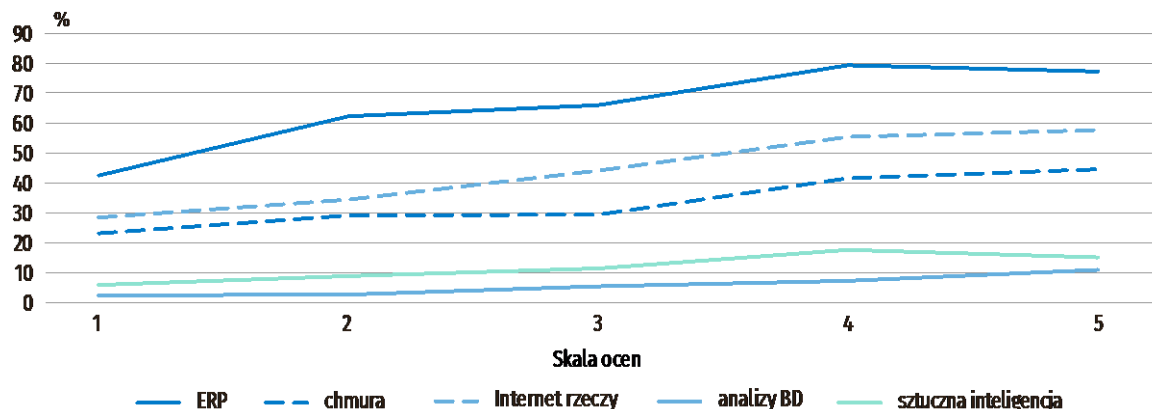
Rozpatrując wykorzystanie technologii *Przemysłu 4.0* w odniesieniu do ocen pozycji konkurencyjnej na rynku można zauważyć, że przedsiębiorstwa oceniające się wysoko (zarówno w skali kraju jak i świata) wykorzystywały badane technologie znacznie częściej niż jednostki oceniające się nisko (wykresy 44 i 45). W przypadku wykorzystania narzędzi typu ERP różnica pomiędzy przedsiębiorstwami oceniającymi się na „1” w pięciostopniowej skali a oceniającymi się na „5” w skali kraju wyniosła 40,3 p. proc., natomiast w skali świata – 34,7 p. proc. Dla chmury obliczeniowej różnice te kształtowały się odpowiednio na poziomie 17,6 i 21,4 p. proc., Internetu rzeczy – 20,7 i 29,3 p. proc., analiz danych typu Big Data – 7,7 i 8,5 p. proc. Natomiast przy wykorzystaniu sztucznej inteligencji dysproporcje były najniższe – odpowiednio 10,7 i 9,7 p. proc.

Wykres 44. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie według oceny konkurencyjności na rynku w skali kraju (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w poszczególnych kategoriach ocen)



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 45. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie według oceny konkurencyjności na rynku w skali świata (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w poszczególnych kategoriach ocen)



Źródło: opracowanie własne.

Cele wykorzystania technologii oraz korzyści płynące z ich użytkowania

Najczęściej wskazywanym powodem wykorzystywania technologii Przemysłu 4.0 w grupie przedsiębiorstw wykorzystujących co najmniej jedną z trzech branych pod uwagę technologii (chmurę obliczeniową, Internet rzeczy, sztuczną inteligencję) była integracja procesów (57,4%). Była to również najczęściej wskazywana odpowiedź w grupie jednostek wykorzystujących Internet rzeczy (53,3%). Natomiast w grupie korzystających z chmury obliczeniowej jako powód najczęściej podawano podniesienie poziomu bezpieczeństwa systemów informatycznych (57,8%), a wśród korzystających ze sztucznej inteligencji – podniesienie wydajności produkcji (64,4%). Jako najrzadszy powód wykorzystania technologii Przemysłu 4.0 we wszystkich trzech grupach użytkowników deklarowano (nie licząc kategorii „inne”) chęć generowania nowych strumieni przychodów i nowych modeli biznesowych. Większość odpowiedzi w kategorii „inne” można było przyporządkować do którejś z istniejących kategorii. W przypadku chmury obliczeniowej jako „inne” najczęściej podawano potrzebę archiwizacji danych i sporządzania backupów, w przypadku Internetu rzeczy większość respondentów przytaczała przykłady wykorzystania z zakresu monitorowania procesów produkcyjnych i serwisowych, natomiast użytkownicy technologii bazującej na sztucznej inteligencji najczęściej przywoływali kwestie związane z bezpieczeństwem.

Tablica 23. Przedsiębiorstwa wykorzystujące daną technologię *Przemysłu 4.0* w określonym celu w relacji do przedsiębiorstw wykorzystujących daną technologię (% w kolumnie)

CELE	Przedsiębiorstwa wykorzystujące technologie <i>Przemysłu 4.0</i>			
	chmurę	Internet rzeczy	sztuczną inteligencję	wykorzystujące co najmniej jedną z wymienionych technologii
Marketing, reklama	19,3	23,5	5,8	25,7
Skalowalność produkcji	13,3	20,0	21,3	21,4
Integracja procesów	52,3	53,3	33,3	57,4
Podniesienie wydajności produkcji	36,1	49,3	65,4	53,4
Podniesienie wydajności procesów	14,8	–	–	–
Podniesienie poziomu bezpieczeństwa	57,8	29,6	18,8	45,7
Zwiększenie poziomu elastyczności	26,0	24,4	11,3	29,7
Generowanie nowych strumieni przychodów	6,9	6,0	3,8	8,0
Wymiana informacji bezpośrednio z odbiorcami	33,2	21,7	9,2	31,5
Uzyskanie lepszej informacji na różnych poziomach organizacyjnych przedsiębiorstw	45,9	34,0	13,3	44,3
Możliwość śledzenia bieżącego stanu pracy	–	27,8	46,3	–
Wdrożenie nowych modeli serwisowych	–	14,1	–	–
Inne	6,1	5,2	3,8	7,4

Źródło: opracowanie własne.

Najczęściej wskazywaną korzyścią wynikającą z wykorzystywania technologii *Przemysłu 4.0* w grupie przedsiębiorstw wykorzystujących co najmniej jedną z czterech branych pod uwagę technologii (chmurę obliczeniową, Internet rzeczy, analizę danych typu Big Data, sztuczną inteligencję) było zwiększenie produktywności (66,8%). Ta odpowiedź była najczęściej wskazywana w grupie jednostek wykorzystujących Internet rzeczy (66,4%). Wśród przedsiębiorstw wykorzystujących chmurę obliczeniową największy odsetek jednostek odnotował korzyści w postaci poprawy bezpieczeństwa danych (81,0%), w grupie wykonujących analizy danych typu Big Data najczęściej wskazywano na redukcję kosztów oraz poprawę jakości wytworzonych produktów (po 64,2%). Natomiast wśród podmiotów korzystających ze sztucznej inteligencji najczęściej zaobserwowano poprawę jakości wytworzonych produktów (64,6%). Większość odpowiedzi w kategorii „inne” można było również przyporządkować do którejs z istniejących kategorii. W przypadku chmury obliczeniowej najczęściej wskazywano na poprawę komunikacji i przepływu informacji zarówno na poziomie wewnętrznym jak i zewnętrznym, podmioty wykorzystujące rozwiązania z zakresu Internetu rzeczy najczęściej wskazywały na lepszy serwis i monitoring maszyn oraz dostęp do danych w czasie rzeczywistym; jednostki dokonujące analizy danych typu Big Data oraz wykorzystujące sztuczną inteligencję miały bardzo mało odpowiedzi w kategorii „inne”.

Tablica 24. Przedsiębiorstwa odnotowujące określone korzyści wynikające z zastosowania technologii *Przemysłu 4.0* w relacji do przedsiębiorstw wykorzystujących daną technologię (% w kolumnie)

KORZYŚCI	Przedsiębiorstwa wykorzystujące technologie <i>Przemysłu 4.0</i>				
	chmurę	Internet rzeczy	analizy BD	sztuczną inteligencję	wykorzystujące co najmniej jedną z wymienionych technologii
Redukcja kosztów	38,4	49,9	64,2	51,7	53,1
Skrócenie czasu produkcji/procesu świadczenia usług, redukcja czasów przestoju	36,2	64,7	51,9	64,2	61,9
Zwiększenie produktywności	49,5	66,4	63,2	64,2	66,8
Poprawa jakości wytworzonych produktów	32,6	52,7	64,2	64,6	53,6
Poprawa bezpieczeństwa i higieny pracy	–	41,4	30,2	60,0	–
Wygenerowanie wartości dodanej	–	22,1	34,0	–	–
Poprawa bezpieczeństwa danych	81,0	–	–	–	–
Inne	4,7	2,4	2,8	2,1	4,6

Źródło: opracowanie własne.

Najczęściej odnotowywaną korzyścią wynikającą z wdrożenia chmury obliczeniowej była poprawa bezpieczeństwa danych (81,0%). Tego typu korzyść występowała najczęściej wśród podmiotów wykorzystujących chmurę obliczeniową w celu podniesienia poziomu bezpieczeństwa ICT (o 15,0 p. proc. częściej niż w przedsiębiorstwach korzystających z chmury ogółem), natomiast najrzadziej – w grupie wykorzystujących chmurę obliczeniową w celach marketingowych i reklamowych (o 9,6 p. proc. rzadziej niż w przedsiębiorstwach korzystających z chmury ogółem). Redukcję kosztów oraz skrócenie czasu produkcji odnotowywano najczęściej wśród jednostek korzystających z chmury w celu zapewnienia skalowalności poziomu produkcji (odpowiednio o 26,0 i 32,8 p. proc. częściej niż w przedsiębiorstwach korzystających z chmury ogółem). Zwiększenie produktywności występowało najczęściej w grupie wykorzystujących chmurę obliczeniową w celu podniesienia wydajności procesów projektowania wyrobów (o 24,2 p. proc. częściej niż w przedsiębiorstwach korzystających z chmury ogółem). Natomiast poprawa jakości wytwarzanych produktów miała miejsce najczęściej w przypadku jednostek korzystających z chmury celem generowania nowych strumieni przychodów i nowych modeli biznesowych (o 31,8 p. proc. częściej niż w przedsiębiorstwach korzystających z chmury ogółem).

Tablica 25. Przedsiębiorstwa odnotowujące określone korzyści wynikające z zastosowania chmury obliczeniowej w relacji do przedsiębiorstw wykorzystujących chmurę obliczeniową w określonym celu (% w wierszu)

CELE	Przedsiębiorstwa odnotowujące korzyści – chmura obliczeniowa					
	redukcja kosztów	skrócenie czasu produkcji	zwiększenie produktywności	poprawa jakości wytworzonych produktów/ świadczonych usług	poprawa bezpieczeństwa danych (np. zarządzanie kopii zapasowych)	inne
Ogółem	38,4	36,2	49,5	32,6	81,0	4,7
Marketing, reklama	50,8	42,9	57,1	46,0	71,4	6,3
Skalowalność produkcji	64,4	69,0	75,9	48,3	83,9	3,4
Integracja procesów	50,3	52,9	65,2	41,2	84,2	3,2
Podniesienie wydajności produkcji/procesu świadczenia usług	50,8	55,9	73,7	49,2	84,3	3,0
Podniesienie wydajności procesów	61,9	55,7	76,3	55,7	88,7	4,1
Podniesienie poziomu bezpieczeństwa ICT	39,9	37,0	51,3	32,8	96,0	3,4
Zwiększenie poziomu elastyczności	50,0	55,3	70,6	50,6	86,5	2,9
Generowanie nowych strumieni przychodów	60,0	57,8	66,7	64,4	88,9	4,4
Wymiana informacji bezpośrednio z odbiorcami	47,5	42,9	61,8	44,2	84,8	4,1
Możliwość śledzenia bieżącego stanu pracy	44,0	43,3	61,3	40,3	85,0	5,7
Inne	32,5	25,0	27,5	22,5	75,0	25,0

Źródło: opracowanie własne.

Najczęściej odnotowywaną korzyścią wynikającą z wdrożenia Internetu rzeczy było zwiększenie produktywności (66,4%), a najwyższy odsetek tego wskaźnika odnotowano w grupie przedsiębiorstw wykorzystujących Internet rzeczy w celu zapewnienia skalowalności poziomu produkcji (o 20,6 p. proc. wyższy niż w przedsiębiorstwach korzystających z Internetu rzeczy ogółem). W tej samej grupie odnotowano również najwyższy odsetek jednostek, które dzięki zastosowaniu Internetu rzeczy zredukowały koszty (o 21,3 p. proc. wyższy niż w przedsiębiorstwach korzystających z Internetu rzeczy ogółem). Skrócenie czasu produkcji osiągnęło najwyższy odsetek wśród jednostek korzystających z Internetu rzeczy w celu podniesienia wydajności procesu produkcji (o 17,0 p. proc. wyższy niż w przedsiębiorstwach korzystających z Internetu rzeczy ogółem). Natomiast poprawę jakości wytworzonych produktów, poprawę bezpieczeństwa i higieny pracy oraz wygenerowanie nowej wartości dodanej w związku z wprowadzeniem Internetu rzeczy odnotowywano najczęściej w grupie jednostek wykorzystujących tę technologię w celu generowania nowych strumieni przychodów (odpowiednio o 28,4; 20,8 oraz 32,6 p. proc. częściej niż w przedsiębiorstwach korzystających z Internetu rzeczy ogółem).

Tablica 26. Przedsiębiorstwa odnotowujące określone korzyści wynikające z zastosowania Internetu rzeczy w relacji do przedsiębiorstw wykorzystujących Internet rzeczy w określonym celu (% w wierszu)

CELE	Przedsiębiorstwa odnotowujące korzyści – Internet rzeczy						
	redukcja kosztów	skrócenie czasu produkcji	zwiększenie produktywności	poprawa jakości produktów	poprawa bezpieczeństwa i higieny pracy	wygenerowanie wartości dodanej	inne
Ogółem	49,9	64,7	66,4	52,7	41,4	22,1	2,4
Marketing, reklama	59,1	63,9	61,5	61,5	49,5	34,6	1,0
Skalowalność produkcji	71,2	78,5	87,0	63,3	50,8	32,2	1,7
Integracja procesów	61,7	76,7	78,6	59,5	44,9	27,1	2,8
Podniesienie wydajności produkcji	62,2	81,7	83,5	64,8	46,9	29,7	1,1
Podniesienie poziomu bezpieczeństwa ICT	62,6	74,4	74,4	63,7	62,2	33,2	1,1
Zwiększenie poziomu elastyczności	63,4	75,0	83,3	74,5	57,9	39,8	0,9
Generowanie nowych strumieni przychodów	64,2	69,8	75,5	81,1	62,3	54,7	0,0
Wymiana informacji bezpośrednio z odbiorcami	62,0	70,3	72,9	64,6	49,5	38,5	1,6
Uzyskanie lepszej informacji	63,5	73,8	82,4	63,5	51,5	31,9	1,7
Możliwość śledzenia bieżącego stanu pracy	61,4	77,2	81,3	64,2	51,2	30,1	2,4
Wdrożenie nowych modeli serwisowych	62,4	77,6	78,4	75,2	55,2	46,4	2,4
Inne	15,2	43,5	30,4	26,1	21,7	6,5	17,4

Źródło: opracowanie własne.

Najczęściej odnotowywaną korzyścią wynikającą z wykorzystania sztucznej inteligencji była poprawa jakości wytwarzanych produktów (64,6%). Zwiększenie produktywności to korzyść zaobserwowana przez wszystkie badane przedsiębiorstwa wykorzystujące sztuczną inteligencję w celu generowania nowych strumieni przychodów. W tej samej grupie wszystkie jednostki odnotowały także redukcję kosztów. Również w tej grupie przedsiębiorstw pozostałe wskaźniki korzyści przyjmowały najwyższe wartości.

Tablica 27. Przedsiębiorstwa odnotowujące określone korzyści wynikające z zastosowania sztucznej inteligencji w relacji do przedsiębiorstw wykorzystujących sztuczną inteligencję w określonym celu (% w wierszu)

CELE	Przedsiębiorstwa odnotowujące korzyści – sztuczna inteligencja					
	redukcja kosztów	skrócenie czasu produkcji	zwiększenie produktywności	poprawa jakości wytworzonych produktów/świadczonej usług	poprawa bezpieczeństwa i higieny pracy	inne
Ogółem	51,7	64,2	64,2	64,6	60,0	2,1
Marketing, reklama	57,1	57,1	57,1	64,3	71,4	–
Skalowalność produkcji	66,7	76,5	84,3	70,6	66,7	3,9
Integracja procesów	70,0	66,3	76,3	76,3	67,5	2,5
Podniesienie wydajności	63,7	76,4	79,6	79,0	63,1	1,9
Podniesienie poziomu bezpieczeństwa ICT	48,9	68,9	71,1	75,6	88,9	2,2

Tablica 27. Przedsiębiorstwa odnotowujące określone korzyści wynikające z zastosowania Internetu rzeczy w relacji do przedsiębiorstw wykorzystujących sztuczną inteligencję w określonym celu (% w wierszu) (dok.)

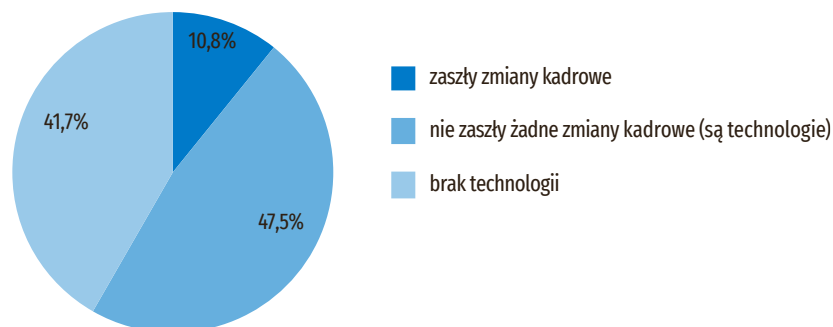
CELE	Przedsiębiorstwa odnotowujące korzyści – sztuczna inteligencja					
	redukcja kosztów	skrócenie czasu produkcji	zwiększenie produktywności	poprawa jakości wytworzonych produktów/ świadczonej usług	poprawa bezpieczeństwa i higieny pracy	inne
Zwiększenie poziomu elastyczności	85,2	85,2	85,2	88,9	77,8	3,7
Generowanie nowych strumieni przychodów	100,0	88,9	100,0	88,9	88,9	–
Wymiana informacji bezpośrednio z odbiorcami	63,6	68,2	90,9	81,8	68,2	4,5
Uzyskanie lepszej informacji	68,8	62,5	84,4	78,1	62,5	–
Możliwość śledzenia bieżącego stanu pracy	53,2	70,3	71,2	66,7	69,4	2,7
Inne	33,3	22,2	33,3	44,4	66,7	11,1

Źródło: opracowanie własne.

Zmiany kadrowe

Spośród badanych przedsiębiorstw wykorzystujących technologie *Przemysłu 4.0* (chmurę obliczeniową, Internet rzeczy, analizę danych typu Big Data, sztuczną inteligencję) w 10,8% jednostek odnotowano zmiany kadrowe wynikające z użytkowania tych technologii.

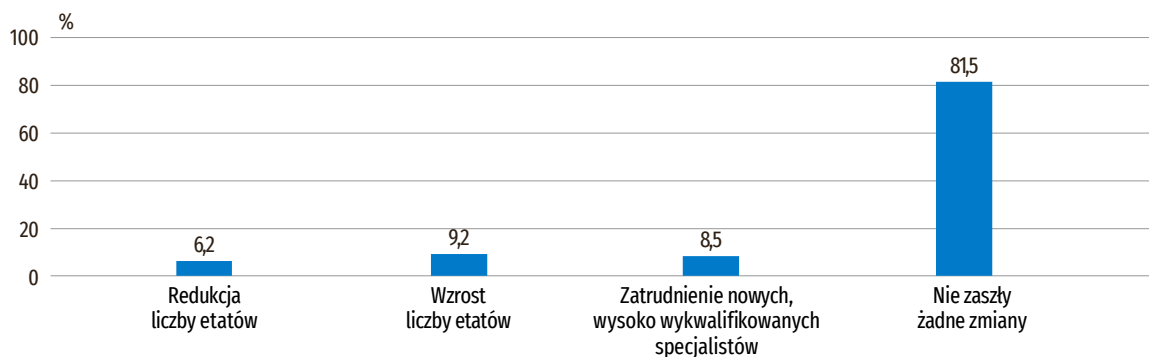
Wykres 46. Struktura przedsiębiorstw według zmian kadrowych (w % przedsiębiorstw istotnych dla *Przemysłu 4.0*)



Źródło: opracowanie własne.

Wzrost liczby etatów zadeklarowano w 9,2% przedsiębiorstw, w których zaszły zmiany kadrowe, a w 8,5% zatrudniono nowych wysoko wykwalifikowanych specjalistów; w 6,2% w niektórych działach przeprowadzono redukcję liczby etatów.

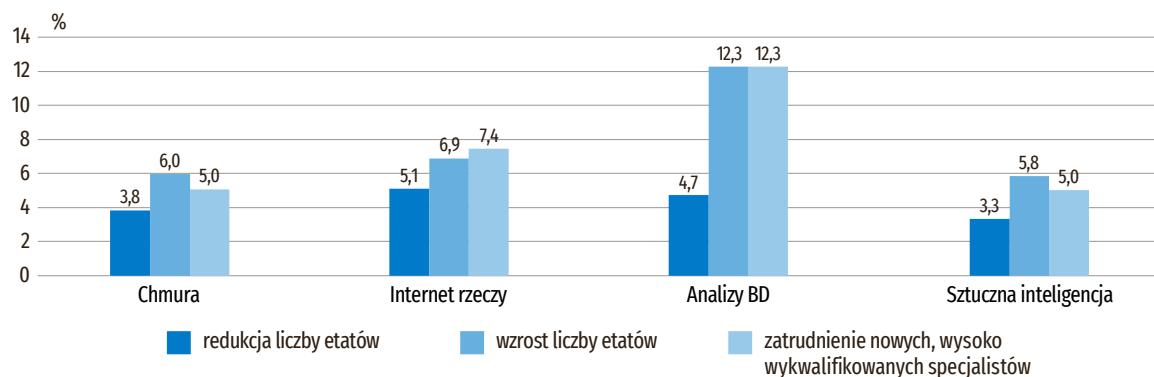
Wykres 47. Przedsiębiorstwa według zmian kadrowych (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0, w których wykorzystano co najmniej jedną technologię)



Źródło: opracowanie własne.

Rozpatrując zmiany kadrowe pod kątem rodzaju wykorzystywanych technologii Przemysłu 4.0 największy odsetek przedsiębiorstw zatrudniających nowych pracowników w związku z wprowadzeniem technologii wystąpił w grupie podmiotów dokonujących analiz danych typu Big Data. W grupie tej w co dziesiątej jednostce nastąpiło zarówno zwiększenie zatrudnienia w niektórych działach, jak i zaszła konieczność zatrudnienia nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów. Największy odsetek podmiotów deklaruujących redukcję zatrudnienia odnotowano w grupie podmiotów korzystających z Internetu rzeczy (5,1%). Wykorzystanie chmury obliczeniowej oraz sztucznej inteligencji miało nieco mniejszy wpływ na zmiany kadrowe w przedsiębiorstwach (wykres 48). Warto zauważyć, że we wszystkich grupach podmiotów wyodrębnionych ze względu na wykorzystaną technologię, odsetek przedsiębiorstw zatrudniających nowych pracowników był wyższy niż redukujących liczbę etatów. Największa różnica wystąpiła wśród podmiotów przeprowadzających analizy danych typu Big Data (7,5 p. proc.), najmniejsza zaś w przypadku użytkowników Internetu rzeczy (1,8 p. proc.). W sytuacji jednoczesnego wzrostu liczby etatów w jednym dziale i redukcji w innym dziale tego samego przedsiębiorstwa, w związku z wykorzystaniem określonej technologii, respondenci określali ostateczny wynik zmian w ogólnej liczbie etatów: 22,2% zadeklarowało ogólny wzrost liczby etatów, 33,3% – spadek, natomiast wśród 44,4% przedsiębiorstw zatrudnienie pozostało na podobnym poziomie. Jednak ze względu na bardzo niską liczebność takich przypadków w skali badania, tych danych nie należy traktować jako dostatecznie reprezentatywnych.

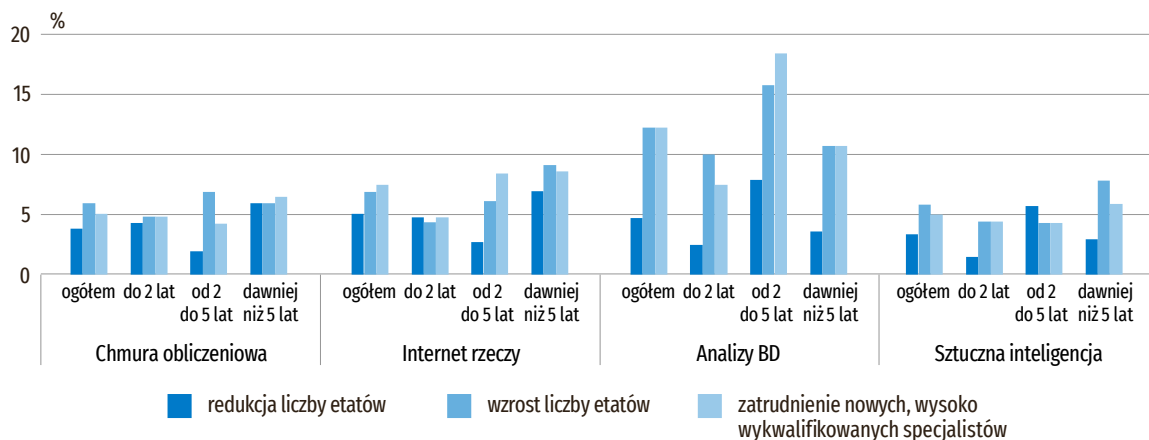
Wykres 48. Przedsiębiorstwa, w których zaszły poszczególne zmiany kadrowe (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 wykorzystujących daną technologię)



Źródło: opracowanie własne.

Analizując zmiany kadrowe ze względu na czas, jaki upłynął od wdrożenia danej technologii, nie da się wyodrębnić wyraźnych zależności. Zmiany występowały nieco częściej w przypadku wprowadzenia technologii dawniej niż 2 lata przed wypełnieniem kwestionariusza, jednak nie była to reguła bezwyjątkowa. Największe różnice w poziomie wskaźników zmian kadrowych w zależności od czasu wprowadzenia technologii odnotowano w przypadku podmiotów dokonujących analiz danych typu Big Data. Wszystkie kategorie zmian kadrowych w tej grupie podmiotów przyjmowały największe wartości wśród jednostek, które wdrożyły powyższą technologię w okresie od 2 do 5 lat przed wypełnieniem kwestionariusza. W tej grupie podmiotów do redukcji liczby etatów dochodziło o 3,3 p. proc. częściej niż wśród jednostek dokonujących tego typu analiz ogółem, natomiast odsetek określający wzrost liczby etatów i zatrudnienie nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów był wyższy odpowiednio o 3,5 oraz 6,2 p. proc.

Wykres 49. Przedsiębiorstwa, w których zaszły poszczególne zmiany kadrowe (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 mających wdrożoną daną technologię w określonym czasie)

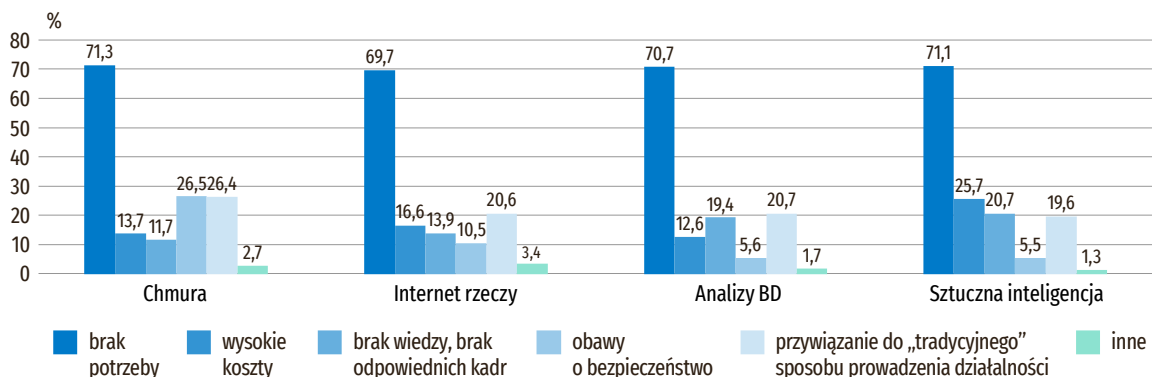


Źródło: opracowanie własne.

Powody niekorzystania

Przedsiębiorstwa niekorzystające z badanych technologii *Przemysłu 4.0* najczęściej jako powód wskazywały brak potrzeby ich wykorzystania. Odsetek podmiotów udzielających taką odpowiedź był stosunkowo jednorodny i oscylował w przedziale od 68,7% w przypadku podmiotów niekorzystających z Internetu rzeczy do 71,3% w przypadku chmury obliczeniowej. Natomiast w przypadku pozostałych kategorii przyczyn niewykorzystywania tych rozwiązań wyniki były nieco bardziej zróżnicowane. Na wysokie koszty wskazywało co czwarte przedsiębiorstwo niekorzystające z rozwiązań opartych o sztuczną inteligencję, natomiast w przypadku podmiotów niedokonujących analiz danych typu Big Data ten powód deklarowało już tylko 12,6%. Podmioty niekorzystające ze sztucznej inteligencji najczęściej powoływały się również na brak wystarczającej wiedzy, brak odpowiednich kadr (20,7%), przy czym ten sam powód był wymieniany najrzadziej wśród niekorzystających z chmury obliczeniowej (11,7%). Z kolei, w przypadku tej technologii odnotowano najwyższy odsetek niekorzystania z powodu obawy o bezpieczeństwo (26,5%). Najrzadziej tego typu obawy występowały w przypadku podmiotów niewykorzystujących sztucznej inteligencji. Przed korzystaniem z technologii chmurowej powstrzymywało także przywiązanie do tradycyjnego sposobu prowadzenia działalności (26,4%), a ten powód w przypadku sztucznej inteligencji był wskazywany najrzadziej (19,6%).

Wykres 50. Powody niekorzystania przedsiębiorstw z poszczególnych technologii Przemysłu 4.0 (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 niekorzystających z technologii Przemysłu 4.0)



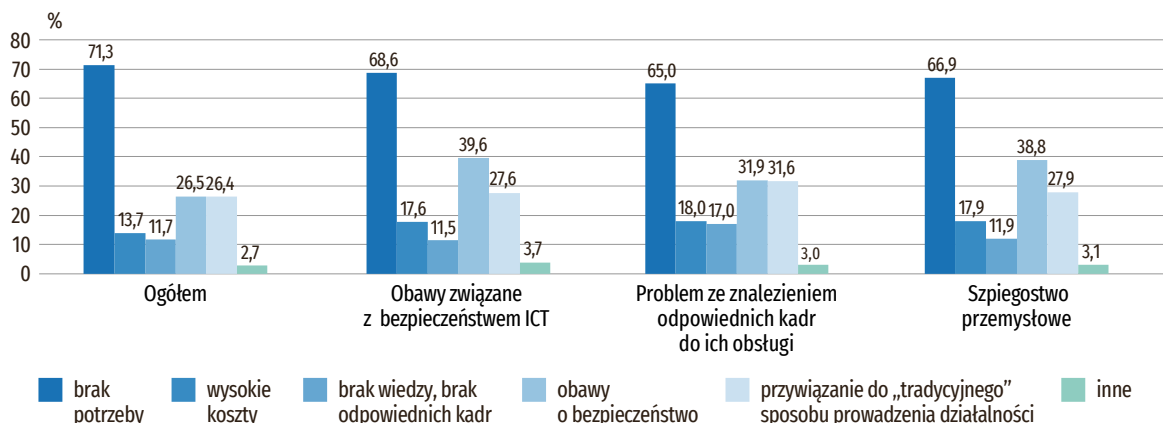
Źródło: opracowanie własne.

Do kategorii „inne” zostały przypisane powody, które pokrywały się z zamieszczonymi w formularzu kategoriami. W przypadku braku chmury wskazywano zbyt małą przepustowość łączy internetowych w przedsiębiorstwie, brak zgody centrali przedsiębiorstwa/udziałowców/właściciela, w przypadku Internetu rzeczy – przestarzały park maszynowy, w przypadku analiz danych typu Big Data – brak dostępu do danych odpowiedniej jakości, decyzje władz przedsiębiorstwa, w przypadku sztucznej inteligencji – stary park maszynowy i uwarunkowania korporacyjne. Niektóre jednostki deklarowały chęć wprowadzenia do swojej działalności badanych technologii w niedalekiej przyszłości.

Rozpatrując odsetek przedsiębiorstw niekorzystających z technologii Przemysłu 4.0 pod względem zagrożeń płynących z wykorzystania tych technologii, można było zauważyć, że niektóre powody niekorzystania były wskazywane częściej w przypadku dostrzegania pewnych zagrożeń. Zaobserwowano pewne prawidłowości bez względu na rodzaj niewykorzystywanej technologii, np. mniejszy odsetek przedsiębiorstw deklaruujących brak potrzeby korzystania z technologii Przemysłu 4.0 wśród jednostek dostrzegających poszczególne zagrożenia, niż wśród niekorzystających z technologii ogółem, a większy odsetek wykazujących obawy o bezpieczeństwo. Jednak każdą technologię charakteryzował nieco inny układ wartości wskaźników przyczyn ich niewykorzystania (wykresy 51, 52, 53, 54).

Przedsiębiorstwa nie wykorzystywały chmury obliczeniowej częściej z powodu występujących obaw o bezpieczeństwo niż niekorzystający z innych technologii. Ten powód niekorzystania z chmury występował znacznie częściej wśród jednostek wyrażających obawy o bezpieczeństwo ICT oraz obawiających się szpiegostwa przemysłowego (odpowiednio o 13,1 i 12,3 p. proc. częściej niż w podmiotach niekorzystających z chmury ogółem). Z kolei brak wiedzy/odpowiednich kadr oraz przywiązanie do tradycyjnego sposobu prowadzenia działalności było najczęściej deklarowanym powodem wśród podmiotów wskazujących na brak odpowiednich kadr do obsługi tej technologii (odpowiednio o 5,3 oraz 5,2 p. proc. częściej niż w podmiotach niekorzystających z chmury ogółem).

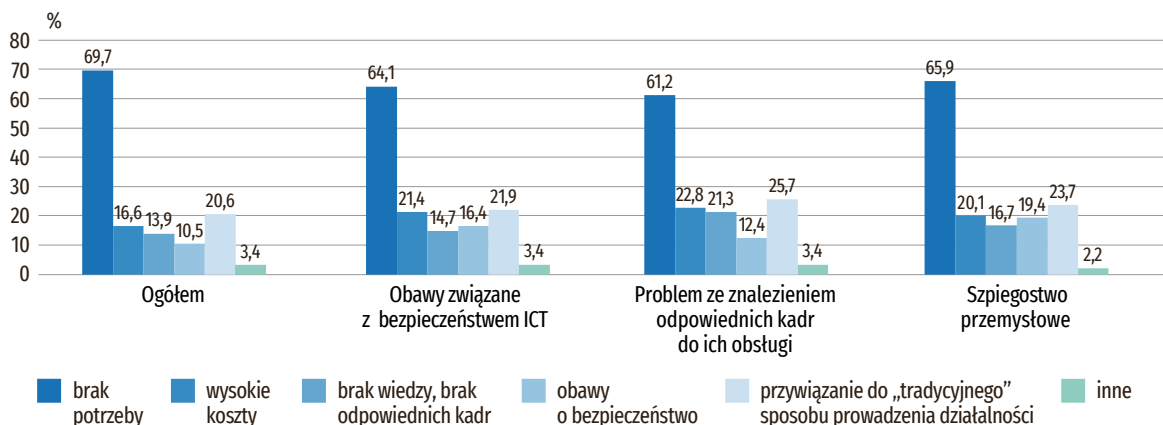
Wykres 51. Powody niekorzystania przedsiębiorstw z chmury obliczeniowej według poszczególnych rodzajów zagrożeń wynikających z wykorzystania technologii Przemysłu 4.0 (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 niekorzystających z chmury obliczeniowej)



Źródło: opracowanie własne.

Wśród przedsiębiorstw niekorzystających z Internetu rzeczy odnotowano podobne zależności, tzn. niekorzystanie z Internetu rzeczy z obawy o bezpieczeństwo występowało znacznie częściej wśród jednostek żywiących obawy o bezpieczeństwo ICT oraz obawiających się szpiegostwa przemysłowego (odpowiednio o 5,9 i 8,9 p. proc. częściej niż w podmiotach niekorzystających z Internetu rzeczy ogółem). Natomiast brak wiedzy/odpowiednich kadr oraz przywiązanie do tradycyjnego sposobu prowadzenia działalności najczęściej typowano wśród podmiotów wskazujących na problem związany z brakiem odpowiednich kadr do obsługi technologii (odpowiednio o 7,4 oraz 5,1 p. proc. częściej niż w podmiotach niekorzystających z Internetu rzeczy ogółem).

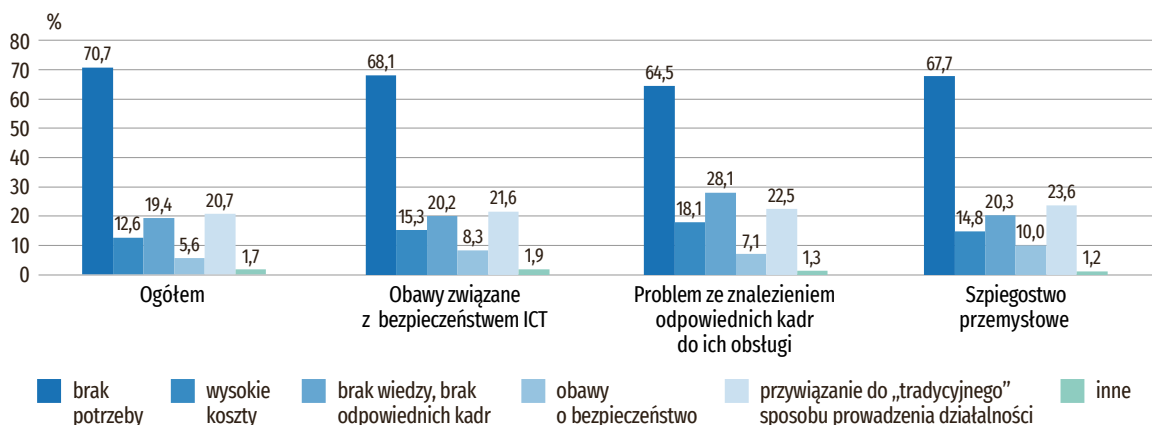
Wykres 52. Powody niekorzystania przedsiębiorstw z Internetu rzeczy według poszczególnych rodzajów zagrożeń wynikających z wykorzystania technologii Przemysłu 4.0 (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 niekorzystających z Internetu rzeczy)



Źródło: opracowanie własne.

W przypadku podmiotów niewykonywujących analiz danych typu Big Data, oprócz wyżej wymienionych zależności, można także zauważyć nieco wyższy odsetek przedsiębiorstw wskazujących jako powód niewykonywania tego typu analiz wysokie koszty w przypadku dostrzegających problem ze znalezieniem odpowiednich kadr do obsługi technologii (o 5,5 p. proc. wyższy niż wśród podmiotów niewykonywujących analiz Big Data ogółem).

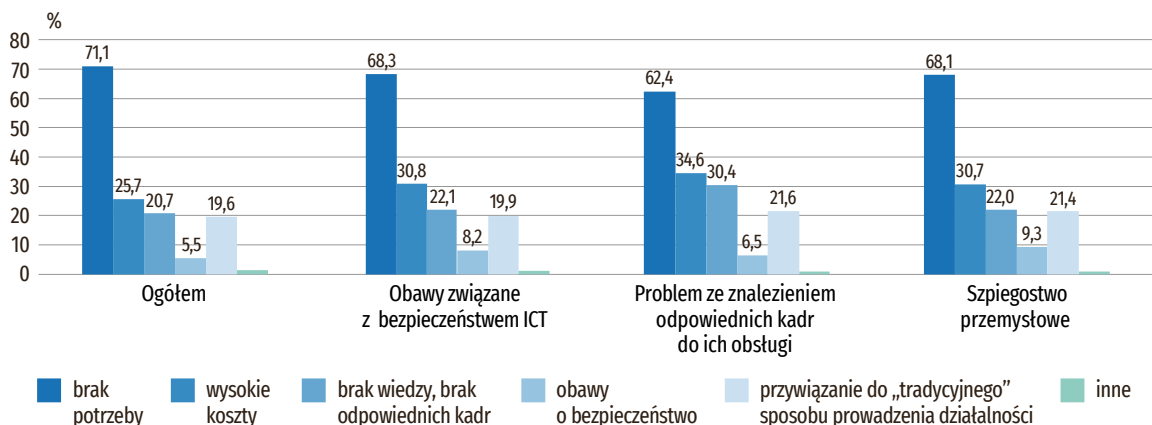
Wykres 53. Powody niedokonywania przez przedsiębiorstwa analiz danych typu Big Data według poszczególnych rodzajów zagrożeń wynikających z wykorzystania technologii Przemysłu 4.0 (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 niedokonujących analiz typu Big Data)



Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwa niewykorzystujące rozwiązań opartych o sztuczną inteligencję jako powód niekorzystania znacznie częściej niż w przypadku innych technologii podawały wysokie koszty. Najczęściej ten powód wymieniali jednostki dostrzegające trudność ze znalezieniem odpowiednich kadr do obsługi technologii (o 8,9 p. proc. częściej niż w przedsiębiorstwach niekorzystających ze sztucznej inteligencji ogółem). W tej grupie najczęściej podawano także jako powód brak wiedzy i odpowiednich kadr (o 9,7 p. proc. częściej niż w przedsiębiorstwach niekorzystających ze sztucznej inteligencji ogółem).

Wykres 54. Powody niekorzystania przedsiębiorstw ze sztucznej inteligencji według poszczególnych rodzajów zagrożeń wynikających z wykorzystania technologii Przemysłu 4.0 (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 niekorzystających ze sztucznej inteligencji)



Źródło: opracowanie własne.

Indywidualizacja produkcji

Analizując odsetek przedsiębiorstw umożliwiających klientom i kontrahentom indywidualne komponowanie zamówienia poprzez stronę internetową lub aplikację pod względem pozycji w łańcuchu dostaw można było zauważyć, że podmioty wytwarzające ostateczny produkt trafiający do klienta końcowego miały wyższą wartość tego wskaźnika niż badane przedsiębiorstwa ogółem (o 1,8 p. proc.). Jeszcze wyższą wartość odnotowano w przypadku jednostek posiadających prawo własności do dokumentacji technologicznej, na podstawie której ten produkt wytwarzano (o 2,5 p. proc. wyższą niż przedsiębiorstwa ogółem). Jeśli chodzi o funkcjonalności indywidualnie komponowanego zamówienia jedynie w przypadku automatycznego przetwarzania i zlecenia na linię produkcyjną wskaźnik był niższy wśród przedsiębiorstw wytwarzających ostateczny produkt (o 0,3 p. proc.) niż wśród badanych jednostek ogółem. Rozpatrując wyniki pod względem posiadanych działów w strukturach organizacyjnych najwyższy odsetek jednostek umożliwiających indywidualną kompozycję zamówienia odnotowano w grupie posiadającej dział marketingu (o 4,5 p. proc.), natomiast wskaźnik automatycznego przetwarzania przez linie produkcyjne informacji pochodzących z indywidualnych zamówień był najwyższy wśród jednostek posiadających dział projektowo-konstrukcyjny (o 1,0 p. proc. wyższy niż ogółem).

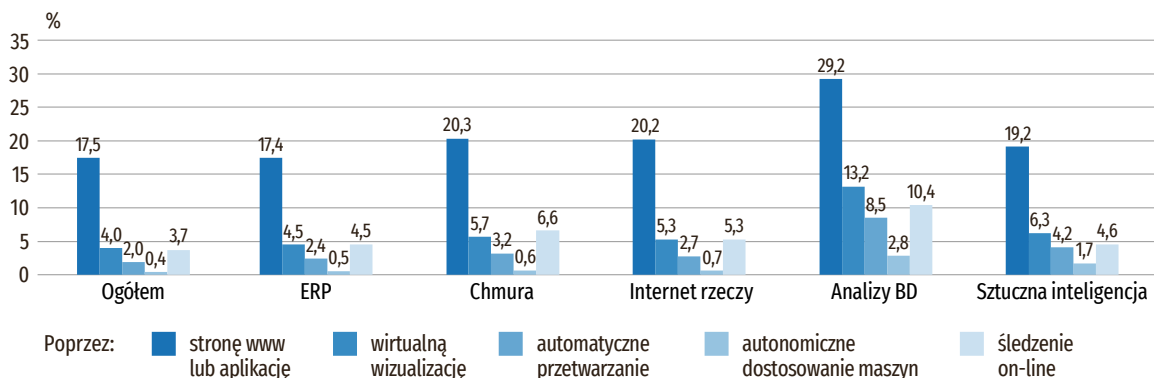
Tablica 28. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom indywidualne komponowanie zamówienia według pozycji w globalnym łańcuchu wartości (% w wierszu)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Odsetek przedsiębiorstw umożliwiających indywidualnie komponowane zamówienie poprzez				
	stronę www lub aplikację	wirtualną wizualizację	automatyczne przetwarzanie	autonomiczne dostosowanie maszyn	śledzenie on-line
OGÓŁEM	17,5	4,0	2,0	0,4	3,7
PRZEDSIĘBIORSTWA WYTWARZAJĄCE OSTATECZNY PRODUKT/USŁUGĘ, KTÓRY TRAFIA BEZPOŚREDNIO DO KLIENTA KOŃCOWEGO					
Ogółem	19,3	4,7	1,7	0,4	3,7
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji technologicznej	20,0	5,0	1,7	0,4	4,0
PRZEDSIĘBIORSTWA KORZYSTAJĄCE Z KOMPONENTÓW, PODZESPOŁÓW LUB PÓŁPRODUKTÓW/SUROWCÓW DOSTARCZONYCH					
Wyłącznie przez samo przedsiębiorstwo	15,1	2,9	0,7	–	3,6
Częściowo przez samo przedsiębiorstwo, a częściowo poddostawców/podwykonawców	17,3	4,2	1,8	0,4	3,6
Wyłącznie przez poddostawców/podwykonawców	18,5	3,9	2,7	0,6	3,7
PRZEDSIĘBIORSTWA BĘDĄCE PODDOSTAWCAMI CZĘŚCI/KOMPONENTÓW DO MASZYN/URZĄDZEŃ, SYSTEMÓW INNYCH PRODUCENTÓW					
Ogółem	15,2	2,6	2,7	0,4	3,2
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji konstrukcyjnej	17,7	3,2	2,7	0,3	2,4
PRZEDSIĘBIORSTWA POSIADAJĄCE W SWOJEJ STRUKTURZE ORGANIZACYJNEJ DZIAŁ					
Badawczo-rozwojowy	17,5	5,3	2,6	0,6	5,3
Projektowo-konstrukcyjny	17,8	4,6	3,0	0,6	3,4
Dystrybucji	19,2	5,2	2,1	0,5	3,8
Marketingu	22,0	6,3	2,3	0,6	4,0

Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwa wykorzystujące technologie *Przemysłu 4.0* częściej umożliwiały swoim klientom indywidualne komponowanie zamówienia oraz jego poszczególne funkcjonalności (wykres 55). Ten trend był zdecydowanie najbardziej widoczny wśród podmiotów dokonujących analizy danych typu Big Data. W przypadku tej grupy wskaźnik udostępniania możliwości indywidualnego komponowania zamówienia był o 11,7 p. proc. wyższy niż w badanej grupie ogółem. Poszczególne funkcjonalności również najczęściej wykorzystywano w grupie analizujących duże wolumeny danych: wirtualna wizualizacja – o 9,2 p. proc. częściej niż badane jednostki ogółem, automatyczne przetwarzanie informacji o zamówieniu przez linię produkcyjną – o 6,5 p. proc., automatycznie dostrajanie maszyn – o 2,4 p. proc., a możliwość śledzenia zamówienia on-line – częściej o 6,7 p. proc.

Wykres 55. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom indywidualne komponowanie zamówienia według wykorzystania poszczególnych technologii *Przemysłu 4.0* (w % przedsiębiorstw istotnych dla *Przemysłu 4.0* korzystających z poszczególnych technologii)

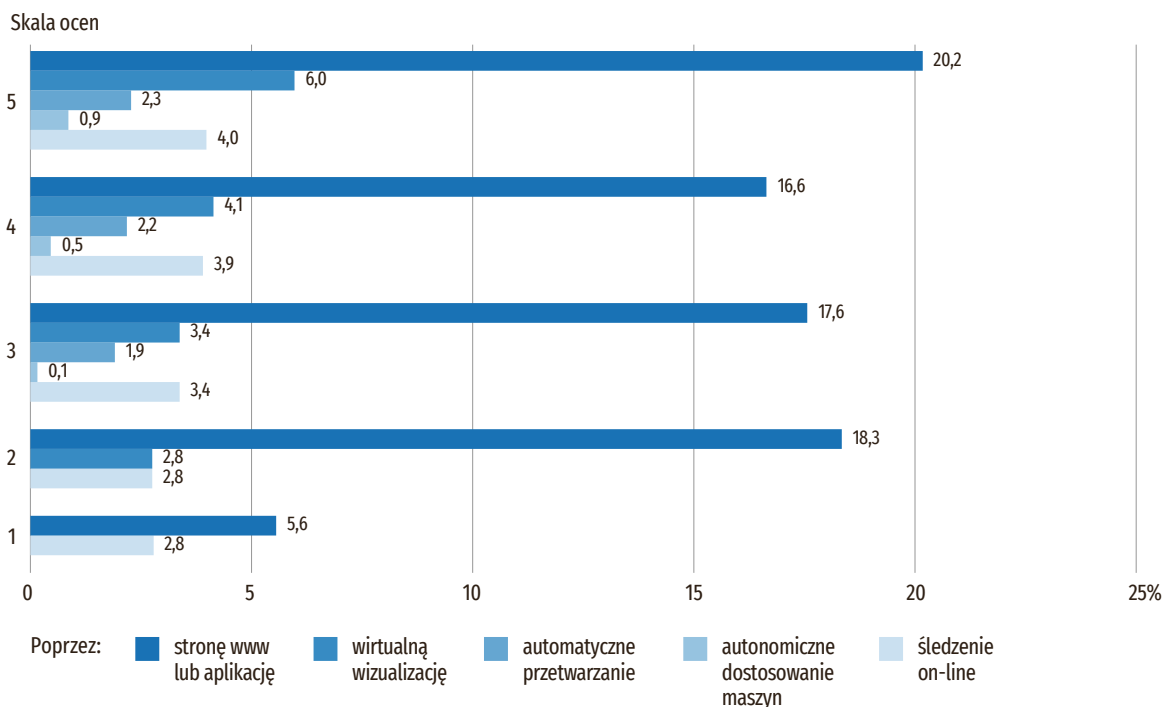


Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom i kontrahentom indywidualne komponowanie zamówień oraz poszczególne funkcjonalności występowały częściej wśród oceniających swoją pozycję konkurencyjną jako dobrą lub znakomitą (oceny 4 i 5) niż wśród jednostek oceniających swoją pozycję na niższym poziomie. Trend ten dotyczył zarówno samooceny konkurencyjności w skali kraju, jak i w skali świata.

Wśród jednostek oceniających swoją pozycję konkurencyjną na „1” w skali kraju, jedynie 5,6% umożliwiło indywidualne komponowanie zamówień przez strony internetowe lub aplikację, natomiast w przypadku podmiotów oceniających się na „5” odsetek ten wyniósł już 20,2%. Wśród wystawiających sobie najniższą ocenę, nie odnotowano przedsiębiorstw oferujących wirtualną wizualizację zamówienia lub takich, których linie produkcyjne automatycznie przetwarzałyby zamówienie, natomiast odsetek podmiotów umożliwiających śledzenie stanu zamówienia on-line wyniósł 2,8%. Wszystkie wskaźniki przyjmowały największe wartości w grupie oceniających się na „5”. Najmniej „wrażliwe” na ocenę konkurencyjności w skali kraju były jednostki umożliwiające klientom śledzenie stanu zamówienia on-line. Różnica wartości tego wskaźnika pomiędzy grupami oceniającymi się na „1” a oceniającymi się na „5” wynosiła jedynie 1,2 p. proc.

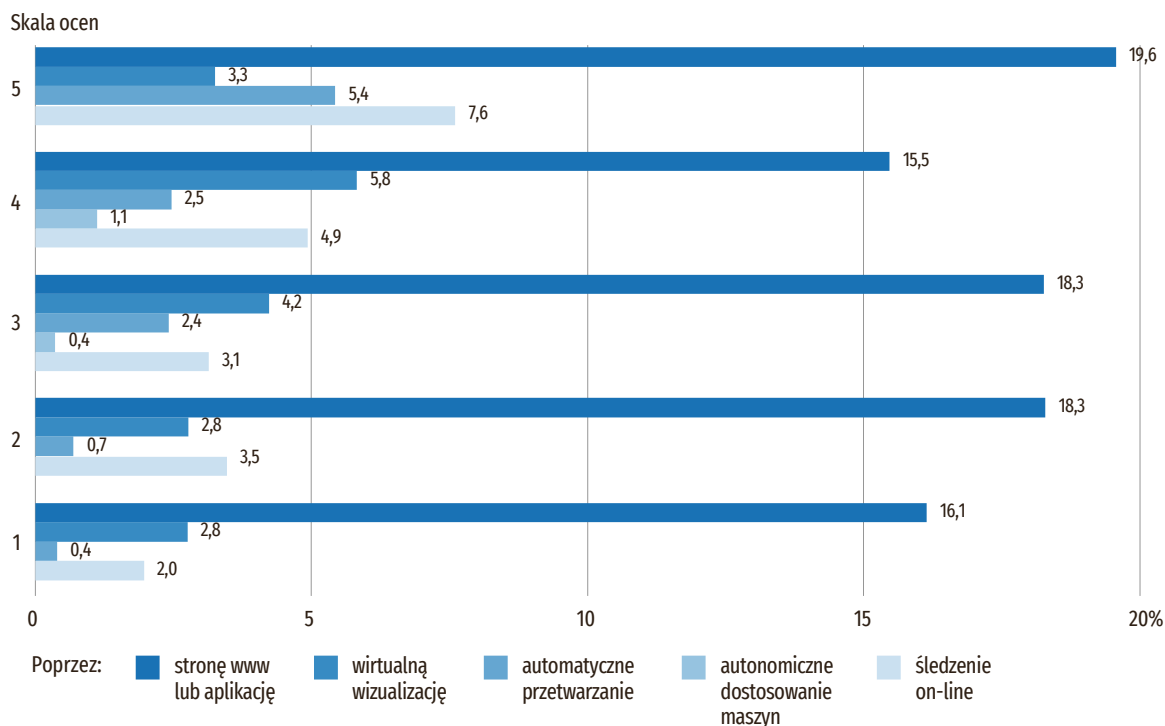
Wykres 56. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom indywidualne komponowanie zamówienia według oceny konkurencyjności na rynku w skali kraju (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w poszczególnych kategoriach ocen)



Źródło: opracowanie własne.

W przypadku oceny konkurencyjności w skali świata odsetek jednostek umożliwiających klientom indywidualne komponowanie zamówienia przybierał bardziej spłaszczony rozkład ocen niż w przypadku ocen w skali kraju. Różnica pomiędzy jednostkami oceniającymi się na „1” a oceniającymi się na „5” wynosiła tylko 3,5 p. proc. (w przypadku oceny w skali kraju – 14,6 p. proc.). Pomimo tego, iż wskaźnik ten przyjmował najwyższą wartość wśród jednostek oceniających się na „5” (19,6%), to najniższa wystąpiła w grupie oceniającej się na „4” (15,5%). Odsetek jednostek, które automatycznie przetwarzały zamówienie i przekazywały na linię produkcyjną przyjął najwyższą wartość w grupie oceniających się na „5” (5,4%), przy czym żadna z tych jednostek nie posiadała automatycznie dostarczających się maszyn, które najczęściej występowały w grupie oceniających się na „4” – 1,1%). Jednostki umożliwiające śledzenie zamówienia on-line najczęściej zaobserwowano również w grupie „piątkowiczów” (7,6%), natomiast wirtualna wizualizacja osiągnęła najwyższą wartość wskaźnika w grupie oceniających się na „4” (5,8%).

Wykres 57. Przedsiębiorstwa umożliwiające klientom indywidualne komponowanie zamówienia według oceny konkurencyjności na rynku w skali świata (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 w poszczególnych kategoriach ocen)



Źródło: opracowanie własne.

Działania obejmujące cykl życia wyrobu realizowane przez ERP

Przedsiębiorstwa wytwarzające ostateczny produkt nie różniły się istotnie od ogółu badanych podmiotów pod względem realizowania przez ich systemy ERP działań obejmujących różne etapy cyklu życia wyrobu. Częściej realizowano zadania związane z działalnością badawczo-rozwojową – o 1,1 p. proc., projektowaniem i testowaniem prototypów – o 1,7 p. proc., sprzedażą i marketingiem – o 2,1 p. proc., serwisowaniem wyrobów – o 2,8 p. proc.), natomiast rzadziej w przypadku zakupu materiałów – o 0,8 p. proc., zadań związanych z produkcją – o 0,3 p. proc. oraz utylizacją wyrobów po okresie eksploatacji – o 0,9 p. proc. Biorąc pod uwagę model zaopatrywania się w komponenty, podzespoły, półprodukty/surowce potrzebne do wytwarzanego przez przedsiębiorstwo produktu najwyższą wartość wskaźników we wszystkich kategoriach zadań realizowanych przez ERP wystąpiła w grupie podmiotów zapatrujących się częściowo samodzielnie i częściowo u zewnętrznych dostawców. Jednostki będące poddostawcami części/komponentów do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów osiągały nieco wyższe wartości wskaźników we wszystkich badanych rodzajach zadań systemów ERP. Natomiast pod względem struktury organizacyjnej najwyższym odsetkiem charakteryzowały się przedsiębiorstwa posiadające dział badawczy i rozwojowy, których system ERP realizował zadania związane z działalnością badawczą i rozwojową (o 16,1 p. proc. wyższy niż ogółem), projektowaniem i testowaniem prototypów (o 8,2 p. proc. wyższy), zakupem materiałów i półproduktów (o 4,9 p. proc. wyższy), produkcją (o 5,2 p. proc. wyższy) oraz utylizacją wyrobów po okresie eksploatacji (o 4,4 p. proc. wyższy). W grupie przedsiębiorstw posiadających dział marketingu najwyższy odsetek wystąpił wśród jednostek, których systemy realizowały zadania związane ze sprzedażą i marketingiem (o 7,0 p. proc. wyższy niż ogółem), a wśród posiadających dział projektowo-konstrukcyjny – zadania związane z serwisowaniem wyrobów (o 8,0 p. proc. wyższy).

Tablica 29. Przedsiębiorstwa realizujące poszczególne działania obejmujące cykl życia wyrobu poprzez system ERP według pozycji w globalnym łańcuchu wartości (% w wierszu)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Odsetek przedsiębiorstw, w których poprzez system ERP realizowano działania						
	bada- wcze i rozwo- jowe	projekto- wanie i testo- wanie prototypu	zakup materia- łów i pół- wyrobów	produk- cja	sprzedaż i marke- ting	serwiso- wanie wyrobów	utyli- zacja wyrobów po okresie eksploa- tacji
OGÓŁEM	15,7	19,1	81,1	80,0	77,4	25,7	11,4
PRZEDSIĘBIORSTWA WYTWARZAJĄCE OSTATECZNY PRODUKT/USŁUGĘ, KTÓRY TRAFIA BEZPOŚREDNIO DO KLIENTA KOŃCOWEGO							
Ogółem	16,8	20,8	80,3	79,7	79,5	28,5	10,5
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji technologicznej	18,4	22,3	82,2	80,8	80,0	30,3	11,6
PRZEDSIĘBIORSTWA KORZYSTAJĄCE Z KOMPONENTÓW, PODZESPOŁÓW LUB PÓŁPRODUKTÓW/SUROWCÓW DOSTARCZONYCH							
Wyłącznie przez samo przedsiębiorstwo	16,7	10,0	71,7	76,7	78,3	11,7	10,0
Częściowo przez samo przedsiębiorstwo, a częściowo poddostawców/podwykonawców	16,8	22,0	83,6	81,7	78,4	28,9	12,4
Wyłącznie przez poddostawców/podwykonawców	12,4	11,8	75,5	75,5	74,2	18,5	8,3
PRZEDSIĘBIORSTWA BĘDĄCE PODDOSTAWCAMI CZĘŚCI/KOMPONENTÓW DO MASZYN/URZĄDZEŃ, SYSTEMÓW INNYCH PRODUCENTÓW							
Ogółem	18,2	24,3	85,8	82,3	78,1	27,9	12,0
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji konstrukcyjnej	20,9	26,6	87,9	80,5	79,8	31,0	12,1
PRZEDSIĘBIORSTWA POSIADAJĄCE W SWOJEJ STRUKTURZE ORGANIZACYJNEJ DZIAŁ							
Badawczo-rozwojowy	31,8	27,3	86,0	85,2	81,9	33,3	15,8
Projektowo-konstrukcyjny	19,5	26,4	85,8	83,6	79,8	33,7	12,0
Dystrybucji	17,1	21,3	82,7	81,5	84,3	29,3	12,2
Marketingu	20,2	21,9	81,5	80,9	84,4	31,0	11,4

Źródło: opracowanie własne.

Rozpatrując dane pod względem wykorzystania technologii *Przemysłu 4.0* przedsiębiorstwa dokonujące analiz dużych wolumenów danych charakteryzowały się najwyższymi wartościami wskaźników wykorzystania systemów ERP w realizacji zadań związanych z: działalnością badawczo-rozwojową (o 14,8 p. proc. wyższy niż ogółem), projektowaniem i testowaniem prototypów (o 8,3 p. proc. wyższy), zakupem materiałów i półproduktów (o 5,2 p. proc. wyższy), produkcją (o 9,5 p. proc. wyższy), sprzedażą i marketingiem (o 7,0 p. proc. wyższy), serwisowaniem wyrobów (o 25,4 p. proc. wyższy) oraz utylizacją wyrobów po okresie eksploatacji (o 7,5 p. proc. wyższy).

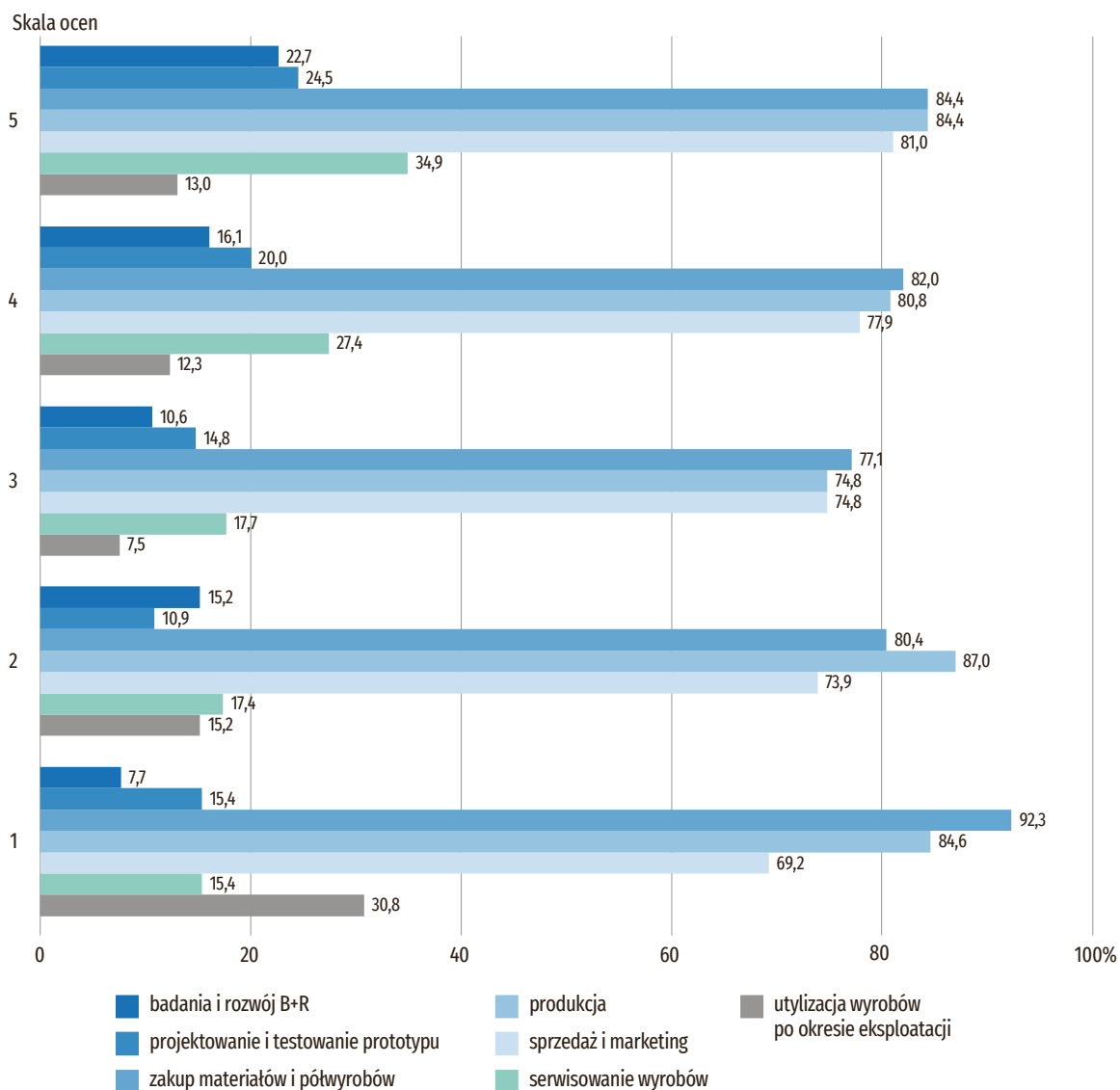
Tablica 30. Przedsiębiorstwa realizujące poszczególne działania obejmujące cykl życia wyrobu poprzez system ERP według wykorzystania poszczególnych technologii *Przemysłu 4.0* (% w wierszu)

TECHNOLOGIE	Odsetek przedsiębiorstw, w których poprzez system ERP realizowano działania						
	działalność badawcza i rozwojowa	projekto- wanie i testowanie prototypu	zakup materiałów i półwyrobów	produkcja	sprzedaż i marketing	serwisowanie wyrobów	utyli- zacja wyrobów po okresie eksploatacji
Ogółem	15,7	19,1	81,1	80,0	77,4	25,7	11,4
Chmura	18,3	21,9	83,5	83,1	80,4	29,3	13,5
Internet rzeczy	18,0	22,5	83,7	84,8	77,8	28,6	12,6
Dane BD	26,5	27,5	86,7	86,7	84,4	36,5	13,7
Analizy BD	30,5	27,4	86,3	89,5	87,4	41,1	18,9
Sztuczna inteligencja	22,9	25,2	84,8	89,0	81,9	35,2	16,2

Źródło: opracowanie własne.

Fakt realizowania przez system ERP zadań przedsiębiorstwa z zakresu poszczególnych etapów cyklu życia produktu nie korelował w żaden istotny sposób z oceną konkurencyjności w skali kraju (wykres 58). Co ciekawe, w przypadku niektórych rodzajów zadań relacja ta miała wręcz ujemny charakter, jak np. zadania związane utylizacją wyrobów po okresie eksploatacji, gdzie wśród podmiotów oceniających się na „1” wskaźnik ten był o 17,8 p. proc. wyższy niż wśród podmiotów oceniających się na „5”. Podobne zjawisko odnotowano w przypadku zakupu materiałów i półproduktów (odpowiednio o 7,9 p. proc. wyższy). Natomiast największa różnica „in plus” wystąpiła w przypadku przedsiębiorstw, których system ERP realizował zadania związane z serwisowaniem wyrobów, gdzie jednostki oceniające się na „5” uzyskały wskaźnik wyższy o 19,6 p. proc. niż oceniające się na „1”. Należy jednak zaznaczyć, że jednostki oceniające się na „1” stanowiły stosunkowo marginalną grupę w skali badania, tym samym wyniki dla tej grupy nie były do końca miarodajne.

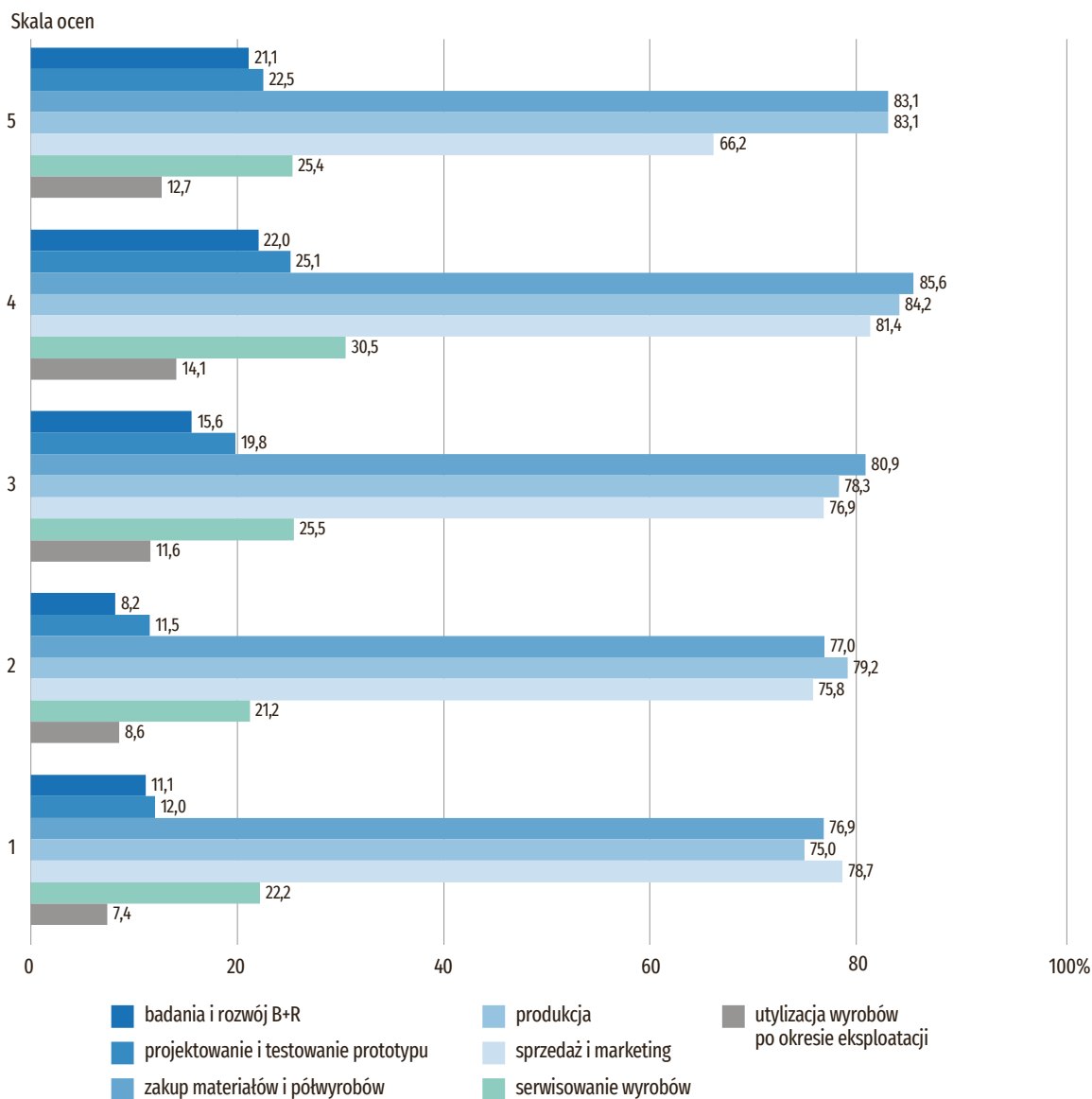
Wykres 58. Przedsiębiorstwa, których system ERP realizuje poszczególne działania obejmujące cykl życia wyrobu według oceny konkurencyjności na rynku w skali kraju (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

W przypadku oceny konkurencyjności w skali świata zaobserwowano lekki trend dodatni w przypadku niemal wszystkich (z wyjątkiem sprzedaży i marketingu) badanych zadań realizowanych przez systemy ERP podmiotów biorących udział w badaniu (wykres 59). Na uwagę zasługuje fakt, że w każdym przypadku wskaźniki przyjmowały najwyższą wartość w grupie jednostek oceniających się na „4”. Największa dodatnia różnica pomiędzy grupami jednostek wystawiających sobie skrajne oceny wystąpiła w przypadku projektowania i testowania prototypów (10,5 p. proc.).

Wykres 59. Przedsiębiorstwa, których system ERP realizuje poszczególne działania obejmujące cykl życia wyrobu według oceny konkurencyjności na rynku w skali świata (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Produkcja maszyn

Przedsiębiorstwa wytwarzające ostateczny produkt częściej niż ogół badanych jednostek były producentami maszyn i urządzeń (o 4,0 p. proc.), a także częściej wyposażały te maszyny w funkcjonalności charakterystyczne dla potrzeb Przemysłu 4.0. Odsetek podmiotów wyposażających produkowane przez siebie maszyny i urządzenia w co najmniej jedną z badanych funkcji był o 3,0 p. proc. wyższy wśród jednostek produkujących maszyny niż przedsiębiorstw ogółem. W przypadku przedsiębiorstw posiadających prawo własności do dokumentacji technologicznej, na podstawie której te maszyny wytwarzano, dysproporcja we wszystkich badanych kategoriach była jeszcze większa. Podmioty zaopatrujące się w komponenty, podzespoły lub półprodukty/surowce potrzebne do produkcji wyłącznie samodzielnie, bądź wyłącznie u podmiotów zewnętrznych były znacznie rzadziej producentami maszyn niż jednostki badane ogółem (odpowiednio o 11,1 i 11,4 p. proc.). Wśród jednostek dywersyfikujących dostawy (zaopatrujących się częściowo samodzielnie, a częściowo u dostawców/podwykonawców) zaobserwowano wyższy odsetek producentów maszyn i urządzeń (o 5,4 p. proc.), a ponadto wyższy odsetek wyposażających te maszyny w funkcjonalności Przemysłu 4.0. Odsetek przedsiębiorstw wyposażających w co najmniej jedną funkcjonalność był w tej grupie o 3,6 p. proc. wyższy niż jednostek badanych ogółem. Przedsiębiorstwa będące poddostawcami części/komponentów do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów, podobnie jak produkujące ostateczne wyroby, charakteryzowały wyższe wskaźniki z omawianego zakresu niż badana grupa ogółem. Odsetek produkujących maszyny i urządzenia był wyższy o 9,0 p. proc., a odsetek wyposażających maszyny w co najmniej jedną badaną funkcjonalność – o 6,0 p. proc. Przedsiębiorstwa posiadające w swojej strukturze dział projektowo-konstrukcyjny były najczęściej producentami maszyn (o 9,2 p. proc. częściej niż jednostki badane ogółem). Podmioty posiadające ten dział najczęściej również wyposażały produkowane przez siebie maszyny w system autonomicznej komunikacji typu „M2M” (o 2,4 p. proc. częściej niż jednostki badane ogółem) oraz w możliwość pracowania w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem (o 6,4 p. proc. częściej niż ogółem). Natomiast podmioty posiadające dział badawczo-rozwojowy najczęściej wyposażały produkowane przez siebie maszyny w dodatkowe systemy sensoryczne (o 4,8 p. proc.) oraz w interfejsy typu „człowiek-maszyna” (o 1,2 p. proc. częściej niż jednostki badane ogółem).

Tablica 31. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia według pozycji w globalnym łańcuchu wartości (% w wierszu)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Odsetek przedsiębiorstw produkujących maszyny i urządzenia					
	ogółem	w tym				
		wyposażone w dodatkowe systemy sensoryczne	posiadające możliwość autonomicznej komunikacji M2M	wyposażone w interfejsy "człowiek-maszyna" AR lub VR	mogące pracować w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem	wyposażone w co najmniej jedną z wymienionych funkcjonalności
OGÓŁEM	16,1	7,1	3,1	2,2	9,0	11,3
PRZEDSIĘBIORSTWA WYTWARZAJĄCE– OSTATECZNY PRODUKT/USŁUGĘ, KTÓRY TRAFIA BEZPOŚREDNIO DO KLIENTA KOŃCOWEGO						
Ogółem	20,1	9,1	4,2	2,4	11,4	14,3
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji technologicznej	23,2	10,7	4,8	3,0	13,2	16,5
PRZEDSIĘBIORSTWA KORZYSTAJĄCE Z KOMPONENTÓW, PODZESPOŁÓW LUB PÓŁPRODUKTÓW/SUROWCÓW DOSTARCZONYCH						
Wyłącznie przez samo przedsiębiorstwo	5,0	2,9	0,0	0,7	3,6	4,3
Częściowo przez samo przedsiębiorstwo, a częściowo poddostawców/podwykonawców	21,5	9,4	3,9	2,8	11,9	14,9
Wyłącznie przez poddostawców/podwykonawców	4,7	2,1	1,6	1,0	2,5	3,3

Tablica 31. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia według pozycji w globalnym łańcuchu wartości (% w wierszu) (dok.)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Odsetek przedsiębiorstw produkujących maszyny i urządzenia					
	ogółem	w tym				
		wyposażone w dodatkowe systemy sensoryczne	posiadające możliwość autonomicznej komunikacji M2M	wyposażone w interfejsy "człowiek-maszyna" AR lub VR	mogące pracować w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem	wyposażone w co najmniej jedną z wymienionych funkcjonalności
PRZEDSIĘBIORSTWA BĘDĄCE PODDOSTAWCAMI CZĘŚCI/KOMPONENTÓW DO MASZYN/URZĄDZEŃ, SYSTEMÓW INNYCH PRODUCENTÓW						
Ogółem	25,1	11,3	3,9	2,6	13,0	17,3
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji konstrukcyjnej	31,7	16,1	5,1	3,8	15,9	22,6
PRZEDSIĘBIORSTWA POSIADAJĄCE W SWOJEJ STRUKTURZE ORGANIZACYJNEJ DZIAŁ						
Badawczo-rozwojowy	23,7	11,9	5,4	3,6	14,0	17,5
Projektowo-konstrukcyjny	25,3	11,7	5,5	3,4	15,4	18,8
Dystrybucji	16,2	8,1	3,6	1,9	9,9	12,2
Marketingu	19,0	8,8	3,7	2,2	10,8	13,3

Źródło: opracowanie własne.

Rozpatrując dane pod kątem wykorzystania technologii *Przemysłu 4.0* najwięcej producentów maszyn i urządzeń odnotowano wśród użytkowników chmury obliczeniowej (o 1,8 p. proc. więcej niż ogółem), natomiast użytkownicy rozwiązań opartych o sztuczną inteligencję oraz przeprowadzający analizy danych typu Big Data produkowali tego typu urządzenia rzadziej niż badana grupa ogółem (odpowiednio o 0,3 i 4,8 p. proc.). Z kolei podmioty użytkujące sztuczną inteligencję częściej wyposażały produkowane przez siebie maszyny we wszystkie badane funkcjonalności wykorzystywane w *Przemysle 4.0*. Odsetek jednostek wyposażających maszyny w co najmniej jedną taką funkcjonalność był w przypadku tej grupy o 3,3 p. proc. większy niż w badanych podmiotach ogółem.

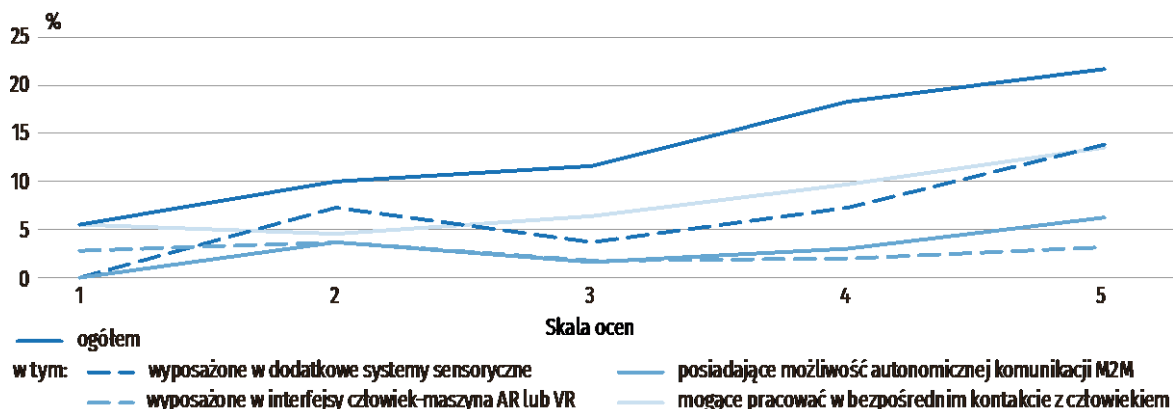
Tablica 32. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia według wykorzystania poszczególnych technologii *Przemysłu 4.0* (% w wierszu)

TECHNOLOGIE	Odsetek przedsiębiorstw produkujących maszyny i urządzenia					
	ogółem	w tym				
		wyposażone w dodatkowe systemy sensoryczne	posiadające możliwość autonomicznej komunikacji M2M	wyposażone w interfejsy "człowiek-maszyna" AR lub VR	mogące pracować w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem	wyposażone w co najmniej jedną z wymienionych funkcjonalności
OGÓŁEM	16,1	7,1	3,1	2,2	9,0	11,3
ERP	16,6	7,5	2,5	1,3	9,0	11,3
Chmura	17,9	8,7	4,7	2,1	11,6	13,3
Internet rzeczy	16,1	8,0	3,3	2,4	9,5	11,7
Dane BD	16,2	6,6	4,2	2,7	10,0	11,2
Analizy BD	11,3	8,5	2,8	1,9	9,4	10,4
Sztuczna inteligencja	15,8	12,5	5,8	4,2	11,7	14,6

Źródło: opracowanie własne.

Wraz ze wzrostem oceny konkurencyjności przedsiębiorstw w skali kraju wzrastał także odsetek producentów maszyn i urządzeń. Był on o 15,3 p. proc. wyższy w przypadku jednostek oceniających się na „5” niż w przypadku jednostek wystawiających sobie ocenę „1”. Odnośnie poszczególnych funkcjonalności produkowanych maszyn można również zaobserwować trendy rosnące, z wyjątkiem jednostek wyposażających produkowane przez siebie maszyny w interfejsy „człowiek-maszyna” (lekki trend ujemny). Największa różnica w odsetku pomiędzy jednostkami oceniającymi się na „1” a oceniającymi się na „5” wystąpił wśród przedsiębiorstw wyposażających produkowane maszyny w dodatkowe systemy sensoryczne (13,9 p. proc.), ale żadne z tych przedsiębiorstw nie oceniło się na „1”.

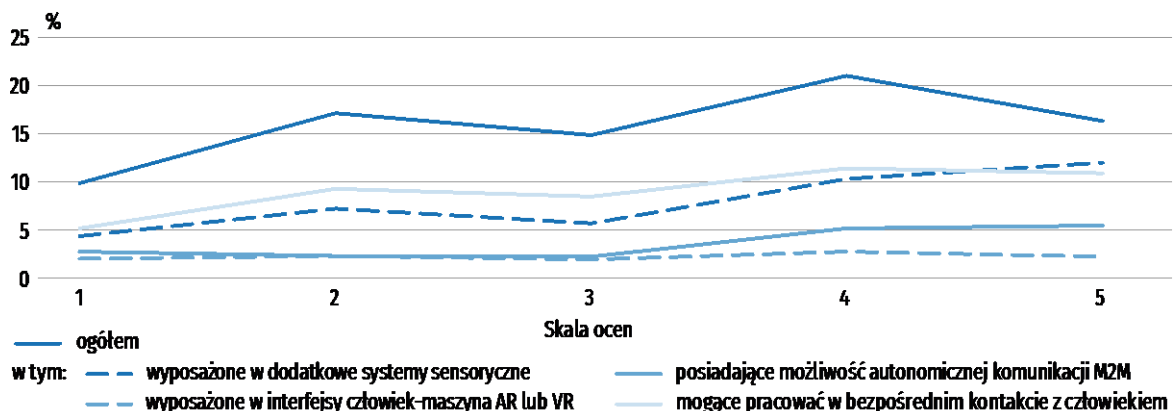
Wykres 60. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia wraz z ich funkcjonalnościami według oceny konkurencyjności na rynku w skali kraju (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

W przypadku oceny konkurencyjności w skali świata sytuacja wygląda dość podobnie. Różnica w odsetku jednostek produkujących maszyny i urządzenia pomiędzy jednostkami oceniającymi się na „1” a oceniającymi się na „5” wyniosła już tylko 6,5 p. proc., jednak odsetek ten przyjął największą wartość w grupie oceniających się na „4” (o 11,2 p. proc. większą niż wśród podmiotów oceniających się na „1”). We wszystkich badanych funkcjonalnościach występował trend dodatni – najłagodniejszy w przypadku podmiotów wyposażających produkowane przez siebie maszyny w interfejsy „człowiek-maszyna”, natomiast najsilniejszy wśród jednostek wyposażających produkowane maszyny w dodatkowe systemy sensoryczne; różnica w odsetkach pomiędzy wystawiającymi sobie skrajne oceny była najwyższa (7,6 p. proc.).

Wykres 61. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia wraz z ich funkcjonalnościami według oceny konkurencyjności na rynku w skali świata (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

Zmiana poziomu nakładów inwestycyjnych na technologie Przemysłu 4.0

Odsetek przedsiębiorstw wytwarzających ostateczny produkt, w których odnotowano zmianę poziomu nakładów inwestycyjnych w ciągu ostatnich dwóch lat związku z wdrożeniem/utrzymaniem/rozbudową technologii Przemysłu 4.0, był tylko o 0,7 p. proc. wyższy niż jednostek badanych ogółem, a wśród jednostek posiadających przynajmniej jedną z badanych technologii – wyższy o 0,8 p. proc. Ze względu na sposób zaopatrywania się przedsiębiorstw w komponenty/podzespoły lub półprodukty/surowce zdecydowanie największy odsetek przedsiębiorstw, w których poziom nakładów na badane technologie wzrósł, wystąpił w grupie zaopatrujących się częściowo samodzielnie, a częściowo u podmiotów zewnętrznych (o 3,3 p. proc. wyższy niż jednostek badanych ogółem). W tej grupie odnotowano również najwyższy odsetek przedsiębiorstw korzystających z technologii Przemysłu 4.0 (o 3,6 p. proc. wyższy niż ogółem). Poddostawcy części/komponentów do maszyn/urządzeń, systemów innych producentów, w których poziom nakładów wzrósł, charakteryzował wyższy odsetek niż jednostek badanych ogółem (o 5,4 p. proc.). W tej grupie odnotowano także najwyższy odsetek podmiotów, w którym wzrost był co najmniej dwukrotny (o 1,1 p. proc. wyższy niż ogółem). Analizując wartości omawianych wskaźników ze względu na występowanie w strukturze organizacyjnej przedsiębiorstw poszczególnych działów, najwyższy wskaźnik wzrostu nakładów dotyczył grupy podmiotów posiadających dział badawczo-rozwojowy (o 14,7 p. proc. wyższy niż ogółem), natomiast najwyższy wskaźnik spadków nakładów odnotowano w przypadku jednostek posiadających dział marketingu (o 0,4 p. proc. wyższy niż ogółem). We wszystkich podanych przekrojach największą grupę stanowiły jednostki, w których nakłady pozostały na podobnym poziomie.

Tablica 33. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów na technologie Przemysłu 4.0 uległ zmianom według pozycji w globalnym łańcuchu wartości (% w wierszu)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Przedsiębiorstwa niekorzystające z technologii	Odsetek przedsiębiorstw korzystających z technologii Przemysłu 4.0, w których poziom nakładów					
		wzrost	w tym			zmniejszył się	pozostał na podobnym poziomie
			nie więcej niż 50%	więcej niż 50%, ale nie więcej niż 100%	więcej niż 100%		
OGÓŁEM	21,9	28,3	20,8	4,5	3,1	2,4	47,4
PRZEDSIĘBIORSTWA WYTWARZAJĄCE OSTATECZNY PRODUKT/USŁUGĘ, KTÓRY TRAFIA BEZPOŚREDNIO DO KLIENTA KOŃCOWEGO							
Ogółem	21,1	29,0	21,5	4,4	3,1	2,4	47,4
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji technologicznej	18,8	31,3	23,1	4,8	3,4	2,6	47,4
PRZEDSIĘBIORSTWA KORZYSTAJĄCE Z KOMPONENTÓW, PODZESPOŁÓW LUB PÓŁPRODUKTÓW/SUROWCÓW DOSTARCZONYCH							
Wyłącznie przez samo przedsiębiorstwo	41,0	13,7	9,4	2,9	1,4	1,4	43,9
Częściowo przez samo przedsiębiorstwo, a częściowo poddostawców/podwykonawców	18,3	31,5	22,9	5,2	3,5	2,7	47,4
Wyłącznie przez poddostawców/podwykonawców	26,5	23,5	18,1	3,1	2,3	1,8	48,2
PRZEDSIĘBIORSTWA BĘDĄCE PODDOSTAWCAMI CZĘŚCI/KOMPONENTÓW DO MASZYN/URZĄDZEŃ, SYSTEMÓW INNYCH PRODUCENTÓW							
Ogółem	15,4	33,7	23,8	5,8	4,2	2,0	48,9
w tym posiadające prawo własności do dokumentacji konstrukcyjnej	10,8	35,5	25,0	6,5	4,0	2,7	51,1

Źródło: opracowanie własne.

Tablica 33. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów na technologie *Przemysłu 4.0* uległ zmianom według pozycji w globalnym łańcuchu wartości (% w wierszu) (dok.)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Przedsiębiorstwa nie korzystające z technologii	Odsetek przedsiębiorstw korzystających z technologii <i>Przemysłu 4.0</i> , w których poziom nakładów					
		wzrósł	w tym			zmniejszył się	pozostał na podobnym poziomie
			nie więcej niż 50%	więcej niż 50%, ale nie więcej niż 100%	więcej niż 100%		
PRZEDSIĘBIORSTWA POSIADAJĄCE W SWOJEJ STRUKTURZE ORGANIZACYJNEJ DZIAŁ							
Badawczo-rozwojowy	11,9	43,0	30,8	8,3	3,9	2,3	42,8
Projektowo-konstrukcyjny	12,5	36,6	26,5	6,2	3,9	2,7	48,2
Dystrybucji	14,7	34,2	24,7	6,0	3,5	2,4	48,6
Marketingu	15,4	33,3	24,6	5,2	3,6	2,8	48,4

Źródło: opracowanie własne.

Pod względem zmian w nakładach inwestycyjnych na technologie pod kątem użytkowania poszczególnych rozwiązań *Przemysłu 4.0* zdecydowanie wyróżniały się dwie grupy przedsiębiorstw: przeprowadzający analizy danych typu Big Data oraz użytkujących technologie oparte o sztuczną inteligencję. W tych dwóch grupach odsetek jednostek, w których poziom tych nakładów wzrósł, był wyższy od odsetka podmiotów, w którym poziom pozostał niezmienny lub zmalał. Omawiane grupy charakteryzowały się także najwyższym wskaźnikiem co najmniej dwukrotnego wzrostu (odpowiednio o 4,6 oraz 4,4 p. proc. więcej niż w grupie wykorzystujących badane technologie ogółem).

Tablica 34. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów na technologie *Przemysłu 4.0* uległ zmianom według wykorzystania poszczególnych technologii *Przemysłu 4.0* (% w wierszu)

TECHNOLOGIE	Odsetek przedsiębiorstw korzystających z technologii <i>Przemysłu 4.0</i> , w których poziom nakładów					
	wzrost	w tym			zmniejszył się	pozostał na podobnym poziomie
		nie więcej niż 50%	więcej niż 50%, ale nie więcej niż 100%	więcej niż 100%		
Ogółem	36,3	26,6	5,7	3,9	3,1	60,7
ERP	37,7	27,9	5,6	4,2	2,9	59,4
Chmura	45,0	33,3	7,3	4,3	2,8	52,3
Internet rzeczy	44,2	33,3	6,4	4,5	2,0	53,7
Dane BD	48,6	32,4	10,8	5,4	2,3	49,0
Analizy BD	57,5	40,6	8,5	8,5	1,9	40,6
Sztuczna inteligencja	56,7	38,3	10,0	8,3	1,3	42,1

Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwa oferujące swoim klientom możliwość indywidualnego komponowania zamówienia charakteryzowały się nieco wyższym poziomem wskaźnika wzrostu nakładów (o 3,0 p. proc. niż ogółem). Generalnie ta grupa przedsiębiorstw częściej wykorzystywała technologie *Przemysłu 4.0* (o 5,1 p. proc.) niż jednostki badane ogółem. Rozpatrując funkcjonalności indywidualnie komponowanych zamówień największy odsetek jednostek, których nakłady wzrosły, odnotowano w grupie przedsiębiorstw dysponujących linią produkcyjną automatycznie dostosowującą maszyny po złożeniu zamówienia (o 46,7 p. proc. wyższy niż ogółem);

warto jednak przypomnieć, że ta grupa przedsiębiorstw ze względu na znikomą liczebność była niemiernodajna. Jedyną grupą, w której odnotowano większy poziom wskaźnika spadków w nakładach niż w badanej grupie ogółem, były jednostki umożliwiające klientom śledzenie on-line etapu realizacji indywidualnie komponowanego zamówienia (o 0,3 p. proc. wyższy niż ogółem).

Tablica 35. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów na technologie *Przemysłu 4.0* uległ zmianom według umożliwiania klientom komponowania indywidualnego zamówienia (% w wierszu)

WYSZCZEGÓLNIENIE	Przedsiębiorstwa nie korzystające z technologii	Odsetek przedsiębiorstw korzystających z technologii <i>Przemysłu 4.0</i> , w których poziom nakładów					
		wzrost	w tym			zmniejszył się	pozostał na podobnym poziomie
			nie więcej niż 50%	więcej niż 50%, ale nie więcej niż 100%	więcej niż 100%		
Ogółem	21,9	28,3	20,8	4,5	3,1	2,4	47,4
poprzez:							
Stronę www lub aplikację	16,8	31,8	25,1	4,2	2,5	2,0	49,4
w tym wirtualną wizualizację	15,7	37,3	28,9	4,8	3,6	2,4	44,6
Automatyczne przetwarzanie	10,0	55,0	40,0	7,5	7,5	0,0	35,0
w tym autonomiczne dostosowanie maszyn	12,5	75,0	50,0	12,5	12,5	0,0	12,5
Śledzenia on-line	6,7	53,3	44,0	6,7	2,7	2,7	37,3

Źródło: opracowanie własne.

Podmioty produkujące maszyny i urządzenia o 4,9 p. proc. częściej niż ogół badanych jednostek odnotowały wzrost poziomu nakładów na technologie *Przemysłu 4.0*. Najwyższy odsetek wzrostów odnotowano w grupie wyposażających produkowane przez siebie maszyny w możliwość pracy w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem (o 13,0 p. proc. wyższy niż ogółem). W żadnym z przedsiębiorstw, w którym wystąpiła przynajmniej jedna z badanych funkcjonalności maszyn, nie odnotowano spadku w nakładach na technologie *Przemysłu 4.0*.

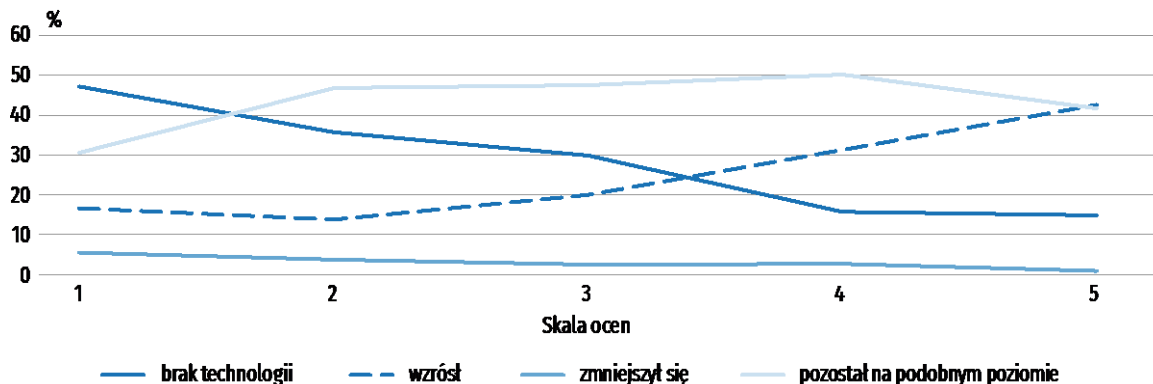
Tablica 36. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów na technologie *Przemysłu 4.0* uległ zmianom według produkcji maszyn i urządzeń (% w wierszu)

INDYWIDUALNIE KOMPONOWANE ZAMÓWIENIE	Przedsiębiorstwa nie korzystające z technologii	Odsetek przedsiębiorstw korzystających z technologii <i>Przemysłu 4.0</i> , w których poziom nakładów					
		wzrost	w tym			zmniejszył się	pozostał na podobnym poziomie
			nie więcej niż 50%	więcej niż 50%, ale nie więcej niż 100%	więcej niż 100%		
Ogółem	21,9	28,3	20,8	4,5	3,1	2,4	47,4
PRODUKUJĄCE MASZYNY							
Ogółem	17,5	33,2	23,6	7,3	2,4	1,5	47,7
Wyposażone w dodatkowe systemy sensoryczne	13,0	39,7	27,4	8,9	3,4	0,0	47,3
Umożliwiające autonomiczną komunikację M2M	17,5	42,9	30,2	11,1	1,6	0,0	39,7
Wyposażane w interfejs człowiek-maszyna AR lub VR	33,3	35,6	24,4	8,9	2,2	0,0	31,1
Mogące pracować w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem	16,8	41,3	28,8	10,3	2,2	0,0	41,8
Z co najmniej jedną z wymienionych funkcjonalności	17,3	39,0	27,3	9,1	2,6	0,0	43,7

Źródło: opracowanie własne.

Wraz ze wzrostem oceny konkurencyjności w skali kraju zwiększył się także odsetek przedsiębiorstw, w których poziom nakładów na badane technologie wzrósł w ciągu ostatnich dwóch lat. Różnica pomiędzy jednostkami oceniającymi się na „1” a oceniającymi się na „5” wyniosła 25,9 p. proc. W przypadku podmiotów odnotowujących spadki trend był odwrotny – jednostki oceniające się na „1” miały o 4,7 p. proc. wyższy odsetek przedsiębiorstw niż jednostki oceniające się na „5”. Najmniejszy odsetek podmiotów, w którym nakłady pozostały na podobnym poziomie, odnotowano wśród wystawiających sobie skrajne oceny.

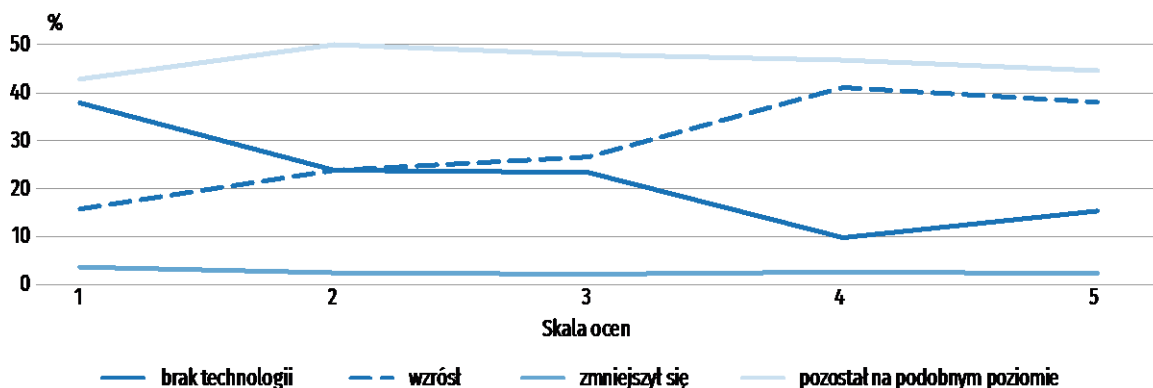
Wykres 62. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów związanych z wdrażaniem/utrzymaniem/rozbudową technologii Przemysłu 4.0 w ciągu 2 lat poprzedzających datę badania uległ zmianom według oceny konkurencyjności na rynku w skali kraju (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)



Źródło: opracowanie własne.

W przypadku oceny konkurencyjności w skali świata najwyższy odsetek wzrostów odnotowano wśród jednostek oceniających się na „4”, a najniższy odsetek spadków wśród jednostek oceniających się na „3”. Różnica pomiędzy skrajnymi ocenami jednostek odnotowujących wzrost poziomu nakładów na technologie wyniosła 22,3 p. proc., natomiast w przypadku przedsiębiorstw deklarujących spadek poziomu nakładów – 1,3 p. proc. Podobnie jak w przypadku oceny konkurencyjności w skali kraju, skrajne oceny sprzyjały także najmniejszemu odsetkowi podmiotów, w którym nakłady pozostały na podobnym poziomie.

Wykres 63. Przedsiębiorstwa, których poziom nakładów związanych z wdrażaniem/utrzymaniem/rozbudową technologii Przemysłu 4.0 w ciągu 2 lat poprzedzających datę badania uległ zmianom według oceny konkurencyjności na rynku w skali świata (w % przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0)

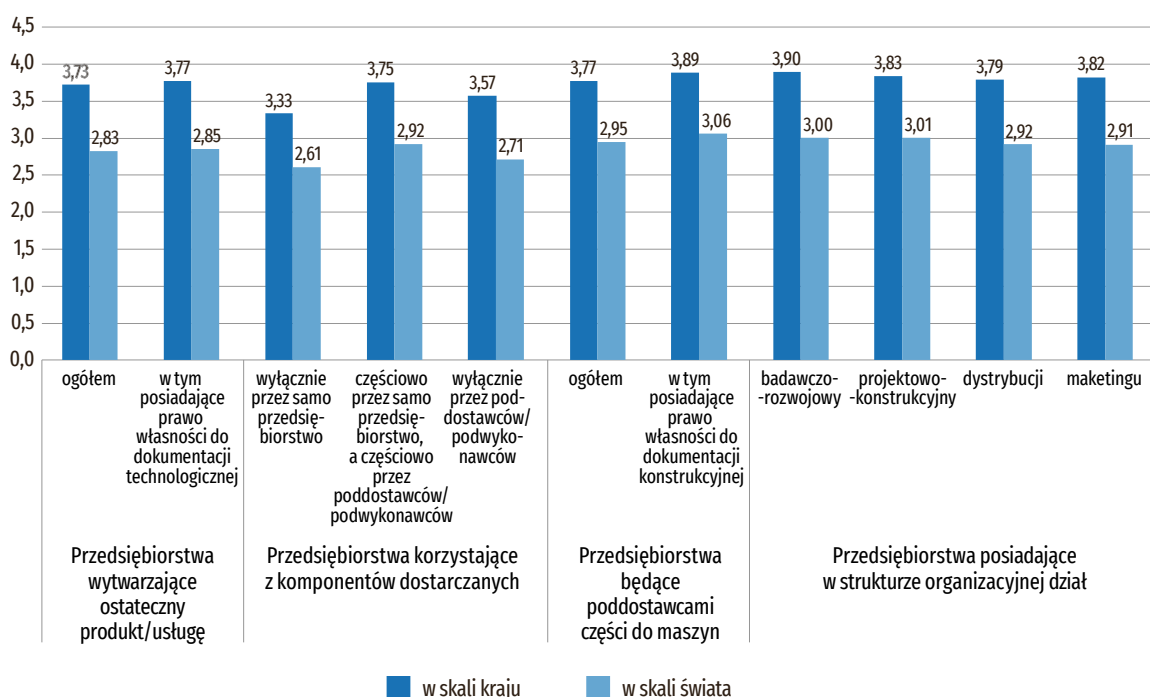


Źródło: opracowanie własne.

Ocena pozycji konkurencyjnej

Przedsiębiorstwa wytwarzające ostateczny produkt charakteryzowały się nieco wyższą średnią oceną w skali kraju (o 0,05 p.) oraz minimalnie wyższą oceną konkurencyjności w skali świata (o 0,02 p.) niż ogół badanych jednostek. Biorąc pod uwagę sposób zaopatrywania się w surowce i podzespoły, jedyną grupę oceniającą się wyżej niż ogół stanowiły podmioty stosujące model mieszany – ich średnia ocena konkurencyjności zarówno w skali kraju jak i świata była o 0,07 p. wyższa niż w jednostkach badanych ogółem. Jeszcze wyższe średnie ocen charakteryzowały poddostawców części do maszyn innych producentów (odpowiednio o 0,09 i 0,10 p. wyższe niż ogółem), przy czym średnia ta była jeszcze wyższa wśród tych poddostawców, którzy posiadali prawo własności do dokumentacji technologicznej. Analizując te dane pod kątem posiadania przez jednostki poszczególnych działów w strukturze organizacyjnej najwyższą średnią ocen w skali kraju zaobserwowano wśród podmiotów dysponujących działem badawczo-rozwojowym (o 0,22 p. wyższa niż wśród przedsiębiorstw ogółem) natomiast w skali świata – dział projektowo-konstrukcyjny (o 0,16 p. wyższa).

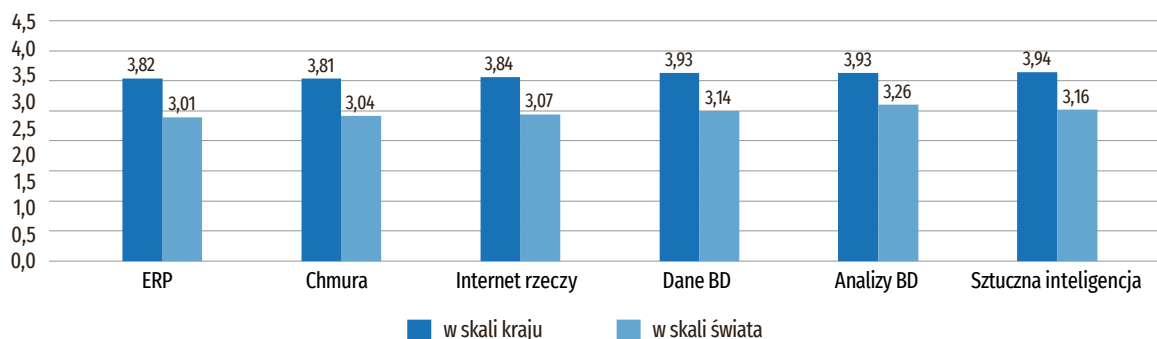
Wykres 64. Średnia ocena konkurencyjności przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 na rynku według pozycji przedsiębiorstw w globalnym łańcuchu wartości



Źródło: opracowanie własne.

Wśród przedsiębiorstw wykorzystujących technologie Przemysłu 4.0 odnotowano wyższą średnią ocen konkurencyjności zarówno w skali kraju jak i świata niż wśród tych, które nie korzystały z badanych technologii. Średnia ocena konkurencyjności jednostek, które stosowały przynajmniej jedną z badanych technologii w skali kraju wyniosła 3,77, a w skali świata – 2,95. Natomiast grupa niekorzystających z żadnej z badanych technologii charakteryzowała się średnimi na poziomach odpowiednio 3,37 oraz 2,50. Najwyższą średnią ocenę konkurencyjności w skali kraju zaobserwowano wśród użytkowników technologii opartej o sztuczną inteligencję (o 0,26 p. wyższa niż ogółem). Natomiast najwyższą średnią ocen konkurencyjności w skali świata wystąpiła wśród przeprowadzających analizy danych typu Big Data (o 0,41 p. wyższa niż ogółem).

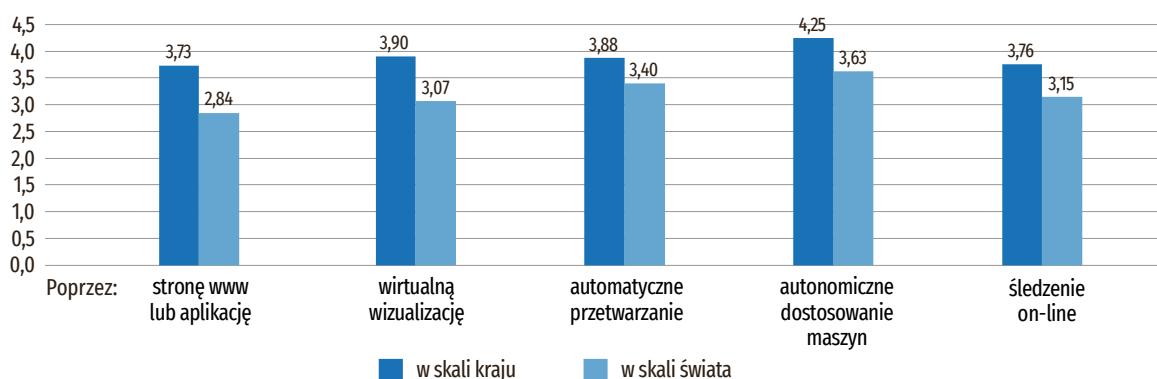
Wykres 65. Średnia ocena konkurencyjności przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 na rynku według wykorzystania poszczególnych technologii Przemysłu 4.0



Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwa udostępniające klientom możliwość dokonywania indywidualnie komponowanych zamówień przez strony internetowe i aplikacje, charakteryzowały się nieco wyższą średnią oceną w skali kraju (o 0,05 p.) oraz minimalnie wyższą oceną konkurencyjności w skali świata (o 0,01 p.) w porównaniu do ogółu badanych jednostek. Natomiast biorąc pod uwagę podmioty wykorzystujące zaawansowane funkcjonalności tych zamówień, średnia ocena konkurencyjności zarówno w skali kraju, jak i świata była każdorazowo wyższa niż w grupie badanych jednostek ogółem. Najwyższe oceny wystąpiły w grupie przedsiębiorstw, w których zamówienie było automatycznie przetwarzane przez linie produkcyjne, a maszyny dostosowywały się bez ingerencji człowieka. W tej grupie średnia ocena konkurencyjności w skali kraju była o 0,57 p. wyższa niż w jednostkach badanych ogółem, a w skali świata – wyższa o 0,78 p.

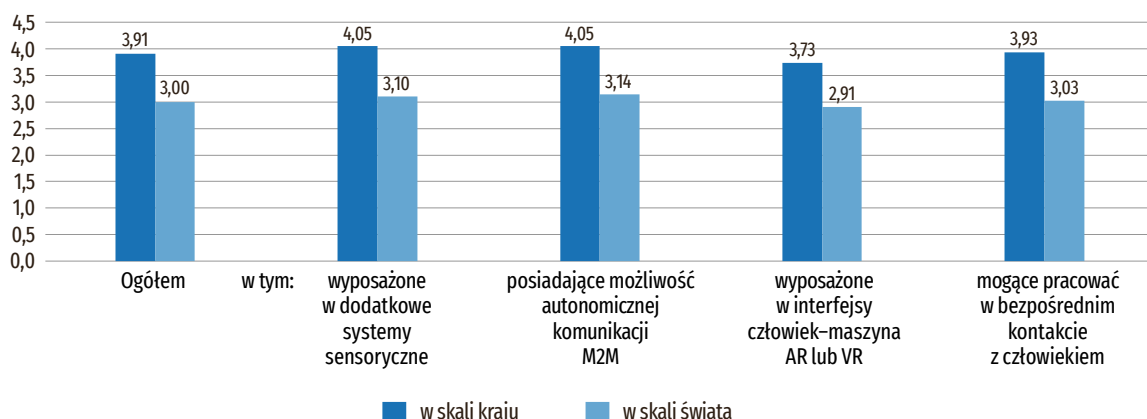
Wykres 66. Średnia ocena konkurencyjności przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 na rynku według umożliwiania klientom indywidualnego komponowania zamówienia



Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwa produkujące maszyny i urządzenia uzyskały wyższą średnią oceną konkurencyjności zarówno w skali kraju, jak i w skali świata w porównaniu do badanych podmiotów ogółem (odpowiednio o 0,23 oraz 0,15 p.). Analizując dane pod kątem funkcjonalności produkowanych maszyn najwyższą średnią ocen zarówno w skali kraju, jak i świata odnotowano w grupie jednostek produkujących maszyny wyposażone w możliwość autonomicznej komunikacji z innymi maszynami (odpowiednio o 0,38 i 0,29 p. wyższą niż w badanych przedsiębiorstwach ogółem).

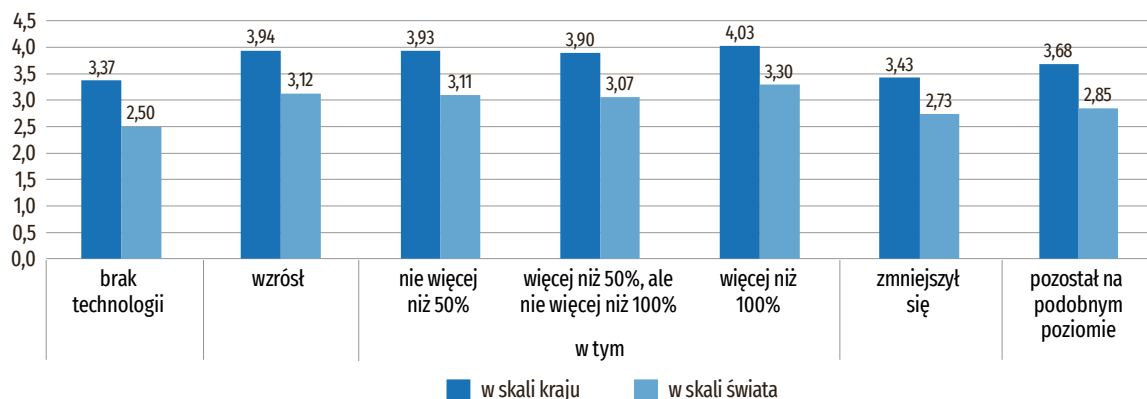
Wykres 67. Średnia ocena konkurencyjności przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 na rynku według produkcji maszyn i urządzeń wraz z ich funkcjonalnościami



Źródło: opracowanie własne.

Rozpatrując średnią ocenę konkurencyjności pod kątem zmiany poziomu nakładów na technologie Przemysłu 4.0 w ciągu ostatnich dwóch lat (od daty przeprowadzenia badania), można zauważyć następującą zależność: przedsiębiorstwa, w których nakłady wzrosły, charakteryzowały się wyższą średnią ocen niż jednostki badane ogółem, zarówno w skali kraju, jak i świata (odpowiednio o 0,26 i 0,27 p.). Jednostki, w których odnotowano spadek nakładów wyróżniały niższe średnie ocen (odpowiednio o 0,25 i 0,12 p.), natomiast średnie ocen jednostek, w których nakłady pozostały na podobnym poziomie, kształtowały się na takim samym poziomie co ogół jednostek. Przyglądając się bliżej przedsiębiorstwom, w których wystąpił wzrost nakładów, najwyższą średnią ocen odnotowano w grupie z co najmniej dwukrotnym jego wzrostem (odpowiednio o 0,35 i 0,45 p. wyższa niż ogółem).

Wykres 68. Średnia ocena konkurencyjności przedsiębiorstw istotnych dla Przemysłu 4.0 na rynku według zmian poziomu nakładów związanych z wdrażaniem/utrzymaniem/rozbudową technologii Przemysłu 4.0 w ciągu 2 lat poprzedzających datę badania



Źródło: opracowanie własne.

4. Podsumowanie i rekomendacje

4. Summary and recommendations

Wyznacznikiem współczesnej reindustrializacji jest zjawisko *Przemysłu 4.0*. Postępujący proces zmian w sektorze przemysłu wydaje się być nieunikniony. Zagadnienie *Przemysłu 4.0* staje się przedmiotem dużego zainteresowania decydentów odpowiedzialnych za kreowanie strategii rozwoju całego kraju, jak również regionów. W najbliższym czasie należy spodziewać rosnącego zapotrzebowania użytkowników danych statystycznych na wskaźniki monitorujące procesy przemian gospodarczych. Taka sytuacja stanowi wyzwanie dla statystyki publicznej. Jednym z jej statutowych zadań jest identyfikowanie oraz opisywanie nowych zjawisk społeczno-gospodarczych. Zagadnienie *Przemysłu 4.0* nadal pozostaje nieopisane przez statystykę na szczeblu europejskim. W obecnych studiach tematu brak jest informacji jak *Przemysł 4.0* wpływa na funkcjonowanie przedsiębiorstw, ich struktury organizacyjne i procesy wewnętrzne.

Przeprowadzona praca badawcza *Wypracowanie metodologii oraz badanie stopnia dostosowania wybranych przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia czwarta fala rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0)* miała charakter eksperymentalny. Jej głównym celem było opracowanie metodologii badania zjawiska *Przemysłu 4.0*. Cel ten został osiągnięty. Opracowana metodologia została przetestowana na celowo dobranej grupie przedsiębiorstw. Natomiast wyniki badania pilotażowego pozwalają podjąć próbę wnioskowania w zakresie struktury i współzależności. Wyodrębniona w raporcie końcowym metodologia, wyszczególnia technologie, które mogą mieć charakter modułów, a ich analiza może odbywać się oddzielnie, na różnych poziomach szczegółowości. Tym samym poszczególne moduły mogą być zastosowane, jako uzupełnienie w już istniejących badaniach przedsiębiorstw. Słabą stroną takiego podejścia jest brak kompleksowości w kontekście zagadnienia *Przemysłu 4.0*, natomiast mocną stroną jest możliwość powiązania cząstkowych danych dot. *Przemysłu 4.0* ze szczegółowymi informacjami z innej domeny statystycznej, np. handlu.

Niniejsza praca badawcza nie stanowi końca rozważań nad zagadnieniem *Przemysłu 4.0*. wręcz przeciwnie stanowi pierwszy krok do pełnego opisu tego wielowątkowego i złożonego zagadnienia. Kontynuując pracę w tym zakresie rekomenduje się możliwość użycia opracowanej metodologii jako podstawy konceptualizacji dalszych badań dotyczących *Przemysłu 4.0* oraz udział przedstawicieli polskiej statystyki publicznej w pracach metodologicznych dotyczących zagadnienia *Przemysłu 4.0* na arenie międzynarodowej. W przypadku potrzeby dalszych studiów tematu rekomenduje się rozszerzenie zakresu podmiotowego o pozostałe sektory gospodarki, w szczególności o handel i usługi. Istnieje również możliwość rozszerzenia zakresu przedmiotowego w oparciu o aktualne potrzeby informacyjne użytkowników danych.

Wśród najważniejszych wniosków z przeprowadzonej pracy badawczej wymienić należy, że:

- w badanych przedsiębiorstwach najczęściej wykorzystywaną technologią był Internet rzeczy (43,2% badanych przedsiębiorstw). Ponad połowa przedsiębiorstw korzystała z co najmniej jednej z technologii takich jak: chmura obliczeniowa, Internet rzeczy czy sztuczna inteligencja. Przedsiębiorstwa wykorzystujące przynajmniej jedną technologię *Przemysłu 4.0* charakteryzowały znacznie wyższe wskaźniki wykorzystywania pozostałych technologii;
- powody wykorzystania technologii były uzależnione od ich rodzaju. Chmurę obliczeniową wykorzystywano najczęściej w celu podniesienia bezpieczeństwa (57,8% spośród przedsiębiorstw wykorzystujących chmurę). Wykorzystanie rozwiązań Internetu rzeczy głównie służyło integracji procesów wewnątrz przedsiębiorstwa (dla 53,3% spośród przedsiębiorstw wykorzystujących Internet rzeczy). Zastosowanie rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji przeważnie miało na celu podniesienie wydajności produkcji (65,4% spośród przedsiębiorstw wykorzystujących sztuczną inteligencję);
- najczęściej wskazywanym powodem niekorzystania z opisywanych technologii był brak potrzeby. Odsetek przedsiębiorstw wskazujących ten powód oscylował na poziomie 70% niezależnie od rodzaju technologii;

- spośród podmiotów korzystających z co najmniej jednej technologii 18,5% deklarowało wpływ jej zastosowania na stan zatrudnienia, przy czym 6,2% wykazało redukcję liczby etatów, 9,2% – wzrost liczby etatów, a 8,5% – zatrudnienie nowych wysoko wykwalifikowanych specjalistów. Zjawisko wzrostu liczby etatów oraz zatrudniania wysoko wykwalifikowanych specjalistów występowało najczęściej w przedsiębiorstwach prowadzących analizy Big Data (12,3% spośród przedsiębiorstw prowadzących analizy Big Data);
- składanie klientom indywidualnie komponowanego zamówienia poprzez stronę internetową lub aplikację umożliwiło 17,5% badanych przedsiębiorstw, 4,0% przedsiębiorstw udostępniło wizualizację indywidualnie zamawianego wyrobu, a 3,7% oferowało śledzenie zamówienia on-line;
- w linii produkcyjne przetwarzające indywidualnie komponowane zamówienia bez udziału człowieka wyposażone było 2,0% badanych przedsiębiorstw, natomiast 0,4% posiadało linię produkcyjną, na której zbrojenie maszyn w celu realizacji indywidualnie komponowanego zamówienia w trybie produkcji seryjnej odbywało się bez udziału człowieka;
- spośród badanych przedsiębiorstw 16,1% produkowało maszyny i urządzenia, w tym 2,2% maszyny lub urządzenia wyposażone w interfejs wykorzystujący technologie rozszerzonej czy wirtualnej rzeczywistości;
- większość badanych jednostek (47,4%) wskazała, że poziom nakładów na inwestycje związane z technologiami charakterystycznymi dla *Przemysłu 4.0* pozostał w ciągu ostatnich dwóch lat na podobnym poziomie. Zwiększenie poziomu nakładów deklarowało 28,3% przedsiębiorstw, a 2,4% ich redukcję;
- wśród badanych przedsiębiorstw swoją pozycję konkurencyjną wyżej oceniały przedsiębiorstwa korzystające z technologii *Przemysłu 4.0*.

Spis załączników

List of annexes

1. Formularz Dostosowanie przedsiębiorstw do czwartej fali rewolucji przemysłowej (*Przemysł 4.0*) – załącznik nr 1
2. Słownik pojęć – załącznik nr 2
3. Wyroby wysokiej techniki – załącznik nr 3
4. Podejście dziedzinowe: klasyfikacja Przetwórstwa przemysłowego i usług według intensywności tablica (PKD 2007) – załącznik nr 4
5. Raport jakości – załącznik 5
6. Tablice wynikowe – załącznik 6

Bibliografia

Bibliography

1. Ali S., Qaisar S.B., Saeed H., Khan M.F., Naeem M., Anpalagan A., (2015), Network challenges for cyber physical systems with tiny wireless devices: A case study on reliable pipeline condition monitoring, Sensors (Basel).
2. Antrobus V., Burnett G., Krehl C., (2017), Driver-passenger collaboration as a basis for human-machine interface design for vehicle navigation systems, Ergonomics.
3. Barbosa J., Leitão P., Adam E., Trentesaux D., (2015), Dynamic self-organization in holonic multi-agent manufacturing systems: The ADACOR evolution, Comput Ind.
4. Barton D., Court D., (2012), Making advanced analytics work for you, Harv Bus Rev.
5. BionicANTs: Cooperative behaviour based on natural model [Internet]. Esslingen: Festo AG & Co. KG; 2015 https://www.festo.com/PDF_Flip/corp/Festo_BionicANTs/en/#8/z.
6. Bloom N., Garicano L., Sadun R., Van Reenen J., (2014), The distinct effects of information technology and communication technology on firm organization, Manage Sci.
7. Brown B., Chui M., Manyika J., (2011), Are you ready for the era of big data?, McKinsey Quarterly
8. Colin M., Galindo R., Hernández O., (2015), Information and communication technology as a key strategy for efficient supply chain management in manufacturing SMEs, Procedia Comput Sci.
9. Davis J., Edgar T., Porter J., Bernaden J., Sarli M., (2012), Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance, Comput Chem Eng.
10. Derler P., Lee E.A., Vincentelli A.S., (2012), Modeling cyber-physical systems, Proc IEEE .
11. Digital pneumatics: The first valve to be controlled using apps. Esslingen: Festo AG & Co. KG; 2017 <https://www.festo.com/vtem/en/cms/10169.htm>.
12. Feeney A.B., Frechette S.P., Srinivasan V., (2015), A portrait of an ISO STEP tolerancing standard as an enabler of smart manufacturing systems, J Comput Inf Sci Eng.
13. Fosso Wamba S., Akter S., Edwards A., Chopin G., Gnanzou D., (2015), How big data can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study, Int J Prod Econ.
14. Hashim J., (2007), Information communication technology (ICT) adoption among SME owners in Malaysia, Int J Bus Inform.
15. Hermann M., Pentek T., Otto B., (2016), Design principles for industrie 4.0 scenarios, 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7427673>
16. Jiang B., Fei Y., (2015), Smart home in smart microgrid: A cost-effective energy ecosystem with intelligent hierarchical agents, IEEE Trans Smart Grid.
17. Ketteni E., Kottaridi C., Mamuneas T.P., (2015), Information and communication technology and foreign direct investment: Interactions and contributions to economic growth, Empir Econ.
18. Klotz E., Duwe J., (2017), A pneumatic revolution in automation. Control Eng Europe.

19. Koren Y., Wang W., Gu X., (2017), Value creation through design for scalability of reconfigurable manufacturing systems, *Int J Prod Res.*
20. Kusiak A., (1990), *Intelligent manufacturing systems*, Prentice Hall Press, Old Tappan.
21. Lasi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M., *Industry 4.0, Business & Information Systems Engineering.*
22. *Learning Gripper: Gripping and positioning through independent learning*. Esslingen: Festo AG & Co. KG; 2013.
23. Lee E.A., (2008), *Cyber physical systems: Design challenges*. In: *Proceedings of the 11th IEEE Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing*, Orlando, FL, USA. Piscataway: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. https://www.researchgate.net/publication/4336650_Cyber_Physical_Systems_Design_Challenges
24. Lee J., Lapira E., Bagheri B., Kao H., (2013), Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment, *Manuf Lett.*
25. Lee J., Wu F., Zhao W., Ghaffari M., Liao L., Siegel D., (2014), Prognostics and health management design for rotary machinery systems-Reviews, methodology and applications, *Mech Syst Signal Process.*
26. Li B., Hou B., Yu WLu., X., Yang C., (2017), Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: A review, *Front Inform Tech El.*
27. Ling L., (2018), China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of Made in China 2025 and Industry 4.0, *Technological Forecasting and Social Change.*
28. Lucke D., Constantinescu C., Westkämper E., (2008), Smart factory – a step towards the next generation of manufacturing. In: *Manufacturing systems and technologies for the new frontier: the 41st CIRP conference on manufacturing systems*, Tokyo https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-84800-267-8_23
29. Luo M., Yan H.C., Hu B., Zhou J.H., Pang C.K., (2015), A data-driven two-stage maintenance framework for degradation prediction in semiconductor manufacturing industries, *Comput Ind Eng.*
30. Majda P., (2019), Badanie stopnia dopasowania przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia czwarta fala rewolucji przemysłowej (*Przemysł 4.0*), Szczecin.
31. Manyika J., Chui M., Brown B., Bughin J., Dobbs R., Roxburgh C., et al., (2011), *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*, McKinsey Global Institute, New York.
32. McFarlane D., Sarma S., Chirn J.L., Wong C.Y., Ashton K., (2003), Auto ID systems and intelligent manufacturing control, *Eng Appl Artif Intel.*
33. Oztemel E., (2010), *Intelligent manufacturing systems*, Benyoucef L., Grabot B. (Eds.), *Artificial intelligence techniques for networked manufacturing enterprises management*, Springer, London.
34. Pajor M., (2019), *Przemysł 4.0*, Szczecin.
35. Perrey J., Spillecke D., Umblijs A., (2013), Smart analytics: How marketing drives short-term and long-term growth, Court D., Perrey J., McGuire T., Gordon J., Spillecke D. (Eds.), *Big data, analytics, and the future of marketing & sales*, McKinsey & Company, New York.
36. Priego R., Iriondo N., Gangoiiti U., Marcos M., (2017), Agent-based middleware architecture for reconfigurable manufacturing systems, *Int J Adv Manuf Tech.*
37. Zhong R.Y., Xu X., Klotz E., Newman S.T., (2017), *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review*, *Engineering*, Vol. 3, Issue.
38. Shen W.M., Hao Q., Wang S., Li Y., Ghenniwa H., (2007), An agent-based service-oriented integration architecture for collaborative intelligent manufacturing, *Robot Com-Int Manuf*, 23 (3).
39. Shen W.M., Norrie D.H., (1999), Agent-based systems for intelligent manufacturing: A state-of-the-art survey, *Knowl Inf Syst.*
40. Simpson T.W., Jiao J.R., Siddique Z., Hölttä-Otto K., (2014), *Advances in product family and product platform design: Methods & applications*, Springer-Verlag, New York.
41. Tan Y., Goddard S., Pérez L.C., (2008), A prototype architecture for cyber-physical systems, *ACM SIGBED*.
42. Wan J., Tang S., Li D., Wang S., Liu C., Abbas H., et al., (2017), A manufacturing big data solution for active preventive maintenance, *IEEE Trans Ind Inform.*
43. Wang S.Y., Wan J., Li D., Zhang C., (2016), Implementing smart factory of Industrie 4.0: An outlook, *Int J Distrib Sens N.*

44. Xu X., (2017), Machine Tool 4.0 for the new era of manufacturing, *Int J Adv Manuf Tech*, 92 (5–8).
45. Yew A.W.W., Ong S.K., Nee A.Y.C., (2016), Towards a griddable distributed manufacturing system with augmented reality interfaces, *Robot Com-Int Manuf*.
46. Yin Y.H., Nee A.Y.C., Ong S.K., Zhu J.Y., Gu P.H., Chen L.J., (2015), Automating design with intelligent human-machine integration, *CIRP Ann-Manuf Tech*.
47. Zhong R.Y., Huang G.Q., Lan S., Dai Q.Y., Chen X., Zhang T., (2015), A big data approach for logistics trajectory discovery from RFID-enabled production data, *Int J Prod Econ*.
48. Zhong R.Y., Huang G.Q., Lan S., Dai Q.Y., Zhang T., Xu C., (2015), A two-level advanced production planning and scheduling model for RFID-enabled ubiquitous manufacturing, *Adv Eng Inform*.
49. Zhong R.Y., Newman S.T., Huang G.Q., Lan S., (2016), Big data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: Challenges, opportunities, and future perspectives, *Comput Ind Eng*.
50. Zou J., Chang Q., Arinez J., Xiao G., Lei Y., (2017), Dynamic production system diagnosis and prognosis using model-based data-driven method, *Expert Syst Appl*.
51. Kagermann H., Wahlster W., Helbig J., (2013 Apr.), National Academy of Science and Engineering. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group, National Academy of Science and Engineering, Munich.
52. Siemens AG. Sinalytics: The new Siemens platform for digital services , 2015.
53. Zhong R.Y., Huang G.Q., Dai Q.Y., Zhang T., (2014), Mining SOTs and dispatching rules from RFID-enabled real-time shopfloor production data, *J Intell Manuf.*
54. Adolphs P., Auer S., Bedenbender H., Billmann M., Hankel M., Heidel R., et al., (2016), Struktur der verwaltungsschale: Fortentwicklung des referenzmodells für die Industrie 4.0-komponente [Interent], Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin, <https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/struktur-der-verwaltungsschale.html>.
55. Hoffmeister M., Grahle R. (2016). Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0) .
56. Qiu X., Luo H., Xu G., Zhong R.Y., Huang G.Q., (2015), Physical assets and service sharing for IoT-enabled Supply Hub in Industrial Park (SHIP), *Int J Prod Econ*.
57. Winig L. (2016), GE's big bet on data and analytics. *MIT Sloan Manag Rev* .
58. An outline of smart manufacturing scenarios 2016 . Tokyo: Industrial Value Chain Initiative; 2017.
59. Dressler U. (2016), Internet of Things in Japan: Quietly, systematically plowing.
60. Lasi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M., *Industry 4.0, Business & Information Systems Engineering*.
61. Fettke P., (2013), Big Data, Industrie 4.0 und Wirtschaftsinformatik. Vortrag vom 25. Oktober 2013 anlässlich der Ernennung zum DFKI Research Fellow.
62. Ganzarain J., Errasti N., (2016), Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0, *J. Ind. Eng. Manag.*
63. State Council of People Republic of China, Building a World Manufacturing Power-premier and 'Made in China 2025' Strategy (2017).
64. Li. L., (2018), China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of Made in China 2025 and "Industry 4.0", *Technological Forecasting and Social Change*.
65. Gorkhali A., Xu L., (2016), Enterprise application integration in industrial integration: a literature review, *J. Ind. Integr. Manag.*
66. Yang M., (2017), China and Germany Cooperate on Collaborative Robots, Chinadaily.com.cn.
67. Li L., (2018), China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of Made in China 2025 and Industry 4.0, *Technological Forecasting and Social Change*.
68. Jiang R., Kleer R., Piller F.T., (2017), Predicting the future of additive manufacturing: a Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030, *Technol. Forecast. Soc. Chang*.
69. Posada J., Toro C., Barandiaran I., Oyarzun D., Stricker D., de Amicis R., et al. (2015), Visual computing as a key enabling technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet, *IEEE Comput Graph Appl*.