

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Katedra Procesu Zarządzania

Ewelina Senczyszyn-Rożek

**DETERMINANTY SKUTECZNOŚCI ZARZĄDZANIA
PRZEDSIĘBIORSTWEM 4.0**

Napisana pod kierunkiem

Dr hab. Sławomira Wawaka, prof. UEK

Kraków 2025

Podziękowania

Z głęboką wdzięcznością pragnę podziękować mojemu Promotorowi - Panu prof. UEK dr hab. Sławomirowi Wawakowi, za wsparcie, cierpliwość i mądrość, którymi obdarzał mnie przez cały okres pracy nad rozprawą. Dziękuję za inspirujące rozmowy, za wskazywanie kierunków, ale też za przestrzeń do samodzielnego myślenia. Za to, że potrafił mnie zmotywować oraz pokazać, jak budować pozytywne nastawienie i dobrą organizację pracy.

Z całego serca dziękuję moim Rodzicom - za miłość, wychowanie i wartości, które stały się moim kompasem w życiu. Dziękuję również mojemu Rodzeństwu za nieustanną wiarę we mnie.

Słowa wdzięczności kieruję do mojego Męża, za wsparcie, cierpliwość i wiarę, że to, co robię, ma sens. Dziękuję za zrozumienie, ciepło i spokój.

Dziękuję moim Przyjaciółom - za rozmowy, pytania i obecność. Za towarzyszenie mi w tej drodze, często bardziej niż się spodziewali.

Pragnę dedykować tę pracę mojemu Synowi. Niech będzie dla niego świadectwem, że warto mieć wiarę, szukać swojej drogi oraz być otwartym na nowe doświadczenia i wiedzę.

Spis treści

Wstęp	4
1. Rozdział 1. Ewolucja koncepcji przedsiębiorstwa 4.0	8
1.1. Podstawowe założenia koncepcji Przemysłu 4.0	8
1.2. Pojęcie i typologia przedsiębiorstwa w ujęciu klasycznym	38
1.3. Istota i wyróżniki przedsiębiorstwa 4.0.....	43
1.4. Czynniki rozwoju przedsiębiorstwa 4.0	58
2. Rozdział Wybrane podejścia do badania skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami	67
2.1. Pojęcie skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem.....	67
2.2. Metody oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem	90
2.3. Ograniczenia stosowania klasycznych podejść w odniesieniu do przedsiębiorstwa 4.0 98	
3. Rozdział Metodyka badań	117
3.1. Cykl postępowania badawczego	117
3.2. Metody gromadzenia i analizy danych.....	122
3.3. Formuła obliczania współczynników wagowych	128
4. Rozdział Identyfikacja determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 135	
4.1. Klasyczne czynniki determinujące skuteczność zarządzania.....	135
4.2. Specyfika skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0	142
4.3. Czynniki determinujące skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0	157
4.4. Synteza i przygotowanie do oceny ważności determinant.....	170
5. Rozdział Ocena ważności determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.....	178
5.1. Współczynniki wagowe w ocenie ekspertów.....	178
5.2. Determinanty w kontekście różnic w definiowaniu przedsiębiorstwa 4.0 przez grupy eksperckie.....	194
5.3. Formuła aplikacyjna zestawu determinant w ocenie wybranych przedsiębiorstw 4.0 201	
Zakończenie	210
Bibliografia	219
Spis tabel	251
Spis rysunków.....	254
Spis załączników	255

Wstęp

W dobie czwartej rewolucji przemysłowej miarą skuteczności działania staje się nie tylko wypracowany przez przedsiębiorstwo zysk, ale także oddziaływanie na pracowników i społeczeństwo (Schwab, 2016). Polska gospodarka znajduje się w fazie intensywnych przekształceń technologicznych. Jeśli chodzi o cyfryzację gospodarki i społeczeństwa, Polska nadal należy do krajów Unii Europejskiej o niższych wskaźnikach. Według raportu Poland 2024 Digital Decade Country Report (2024), Polska posiada silną infrastrukturę stałego internetu, ale boryka się z niskim poziomem umiejętności cyfrowych i powolnym wdrażaniem zaawansowanych technologii przez przedsiębiorstwa. Pozytywnym aspektem jest jednak wzrost w niektórych obszarach cyfryzacji. Polska odnotowała znaczący postęp w zakresie dostępu do szybkiego internetu, uczestnictwa w kształceniu ustawicznym oraz międzynarodowej współpracy naukowej. Dodatkowo, Polska wyróżnia się ponadprzeciętnymi inwestycjami w technologie informacyjne, szczególnie w obszarze przetwarzania w chmurze, gdzie osiąga 126,8% średniej UE (European Commission, 2025c).

W związku z popularyzacją Przemysłu 4.0, wprowadzaniem nowych technologii, automatyzacji i robotyzacji pracy oraz zmianą podejścia do zarządzania i struktur organizacyjnych w literaturze oraz praktyce biznesowej pojawia się termin przedsiębiorstwa 4.0 (Deloitte, 2018). Definicja przedsiębiorstwa 4.0 nie jest jednoznaczna. Występuje wiele interpretacji w literaturze zagranicznej i polskiej bazujących na istocie organizacji uczącej się oraz inteligentnej (Łobaziewicz et al., 2019, s. 37–51). Próby definiowania są podejmowane przez naukowców, organizacje biznesowe, centra konsultingowe, administrację państwową. Przykładowo według Smutsa (2020) przedsiębiorstwo 4.0 to organizacja, która strategicznie dopasowuje biznes, technologię, konkurencyjność i poziom usług, integrując internet rzeczy, systemy cyberfizyczne, sztuczną inteligencję i chmurę w celu zrównoważonego wzrostu i przewagi konkurencyjnej. W przedsiębiorstwach 4.0 następuje pionowa i pozioma integracja systemów i składowych łańcucha dostaw w większości rodzajów przemysłu (Rejikumar et al., 2019, s. 2533).

Współczesne polskie przedsiębiorstwa napotykają poważne trudności w adaptacji do wyzwań Przemysłu 4.0 z powodu niedoboru dedykowanych modeli zarządzania, braku strategii oraz deficytu kompetencji cyfrowych. Wyniki wcześniejszych badań (m.in. Knowledge Sharing Program (2018) pozostają aktualne i potwierdzane przez najnowsze analizy:

- brak wypracowanych uniwersalnych, zwalidowanych modeli zarządzania odpowiadających specyfice Przemysłu 4.0,

- deficyt kompetencji cyfrowych,
- brak precyzyjnego zdefiniowania nowej roli menadżera (lidera transformacji cyfrowej, integratora danych i innowacji),
- brak klarownej hierarchii priorytetów projektów digitalizacyjnych oraz powiązania inwestycji technologicznych z celami strategicznymi przedsiębiorstwa.

Właśnie te braki w teorii i praktyce zarządzania stanowiły główną motywację do podjęcia badań nad determinantami skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. W związku z tym należy zidentyfikować podstawowy problem badawczy rozprawy. Można go sformułować następująco: jakie są kluczowe kryteria determinujące skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 oraz czy mogą być one zredukowane do względnie niewielkiego zbioru czynników o istotnym znaczeniu dla praktyki zarządczej?

Rozprawa ma na celu określenie kluczowych kryteriów determinujących skuteczność zarządzania przedsiębiorstwami 4.0. Cel główny zostanie zrealizowany poprzez następujące cele szczegółowe:

- C1. Zdefiniowanie specyfiki funkcjonowania przedsiębiorstwa 4.0.
- C2. Analiza dotychczasowych podejść do oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami.
- C3. Identyfikacja wymiarów i kryteriów determinujących skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.
- C4. Przeprowadzenie oceny ważności determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.

Z celu ogólnego oraz celów szczegółowych pracy zostały wyprowadzone hipotezy badawcze: główna i pomocnicze planowanej rozprawy doktorskiej. Autorka zamierza zweryfikować hipotezy poprzez porównanie stanu hipotetycznego z rzeczywistym za pomocą opisanych w dalszej części metod badawczych. Hipoteza główna określa, że istnieje możliwość wskazania stosunkowo niewielkiego zbioru czynników pozwalających wyrazić skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Określenie determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 odnosi się do rozumienia cech Przemysłu 4.0. Zebrane determinanty zostaną poddane analizom, poprzez które planowane jest wyszczególnienie kluczowych cech skuteczności zarządzania. Cechy te wskazane zostaną przez ekspertów i krytyczny przegląd literatury. Rozprawa będzie poszerzona o kwestie dotyczące specyfiki przedsiębiorstw 4.0 i poszczególnych grup ekspertów. Kwestie te zostały opisane w postaci hipotez pomocniczych:

- H1. Klasyczne podejścia do badania skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami nie w pełni odpowiadają specyfice przedsiębiorstw 4.0.
- H2. Zidentyfikowanie kluczowych determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 wymaga zastosowania metodyki badawczej pozwalającej na uwzględnienie różnego rodzaju powiązań istniejących pomiędzy rozpatrywaną grupą czynników.
- H3. Różnice w sposobie definiowania przedsiębiorstwa 4.0 mają znaczenie dla identyfikacji i oceny ważności determinant skuteczności przez ekspertów.
- H4. Istnieje wysoki poziom zgodności co do ważności determinant skuteczności zarządzania pośród ekspertów zajmujących się problematyką przedsiębiorstw 4.0.

Autorka zamierza dokonać usystematyzowania definicji przedsiębiorstwa 4.0 i odniesienia go do klasycznych teorii przedsiębiorstw, a także teorii skuteczności zarządzania. Zidentyfikowane zostaną również determinanty skuteczności zarządzania charakterystyczne dla przedsiębiorstwa 4.0. Działania te będą miały na celu wypełnienie luki badawczej w obszarze poznawczym.

Następnie przeprowadzona zostanie wielokryterialna ocena ważności determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 wraz dobranymi wymiarami i determinantami charakterystycznymi dla specyfiki badanych przedsiębiorstw. Pozwoli to wypełnić lukę badawczą w obszarze metodycznym. Najmniej rozwijanym zagadnieniem dotyczącym determinant skuteczności zarządzania jest rola managerów w przedsiębiorstwach 4.0. Kolejną luką badawczą jest zdefiniowanie roli cyfrowego przywództwa w zakresie skutecznego zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 oraz orientacji na usługi i doświadczenia klienta (Oberer & Erkollar, 2018). Postawa i styl zarządzania lidera mają wpływ na kształtowanie innowacyjnych modeli biznesowych w przedsiębiorstwach 4.0. Ponadto, lider odgrywa kluczową rolę w zarządzaniu i wprowadzaniu transformacji cyfrowej poprzez budowanie wizji oraz wykorzystywanie ambicji i skuteczności w zarządzaniu. Niemniej jednak znaczenie i sposoby doboru stylu zarządzania i form przywództwa nie zostały jeszcze szczegółowo zbadane (Mihardjo et al., 2019). Podjęcie badań determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 wśród różnych grup ekspertów pozwoli na wypełnienie luki badawczej w obszarze praktycznym.

Rozprawa doktorska podzielona jest na pięć głównych rozdziałów, których struktura odpowiada logice procesu badawczego od teoretycznych fundamentów do praktycznych zastosowań. Rozdział pierwszy zawiera przegląd literatury naukowej dotyczącej determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Rozdział stanowi teoretyczne fundamenty

rozprawy i obejmuje ewolucję koncepcji Przemysłu 4.0, pojęcie i typologii skuteczności zarządzania, istotę i wyróżniki przedsiębiorstwa 4.0, czynniki rozwoju przedsiębiorstwa 4.0.

W rozdziale drugim podjęta jest tematyka wybranych podejść do badania skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami. W podrozdziałach definiowane jest pojęcie skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem, metody oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem oraz ograniczenia stosowania klasycznych podejść w odniesieniu do przedsiębiorstwa 4.0.

Rozdział trzeci dotyczy metodyki badań. Określony został przebieg postępowania badawczego, charakterystyka grup eksperckich, metody gromadzenia i analizy danych oraz formuła obliczania współczynników wagowych. Przebieg postępowania badawczego składa się z fazy I konceptualizacji, gdzie opracowany jest zbiór najczęściej stosowanych kryteriów skuteczności zarządzania. Następnie w fazie II operacjonalizacji następuje określenie metod, dobór ekspertów i opracowanie procesu przebiegu oceny ważności determinant. W fazie III przeprowadzone jest badanie eksperckie w celu rozszerzenia i potwierdzenia zestawu determinant o perspektywę praktyczną. W fazie IV następuje analiza wyników badań i wnioskowanie w zakresie zestawu determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Faza V jest Odniesienie się do uzyskanych wyników badań.

Rozdział czwarty polega na identyfikacji determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Obejmuje on klasyczne czynniki determinujące skuteczność zarządzania, specyfikę skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 i opis determinant skuteczności zarządzania charakterystycznych dla przedsiębiorstwa 4.0 na podstawie przeglądu literatury oraz wyników badania eksperckiego. Następnie są wyróżnione czynniki determinujące skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Finalnie opisana jest synteza determinant oraz proponowany model skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.

Rozdział piąty skupia się na ocenie ważności determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Opisane są wyniki analizy współczynników wagowych w ocenie ekspertów w ramach analizy AHP. Następnie, pokazana jest charakterystyka determinant w kontekście definiowania różnic między grupami ekspertów. Finalnie opisana jest formuła aplikacyjna zagregowanego zestawu determinant w ocenie wybranych przedsiębiorstw 4.0.

W zakończeniu podsumowane są cele, hipotezy, główne wnioski i ograniczenia, a także dalsze kierunki badań. Wskazana jest też wartość dodana pracy.

1. Rozdział 1.

Ewolucja koncepcji przedsiębiorstwa 4.0

1.1. Podstawowe założenia koncepcji Przemysłu 4.0

Charakterystyka rewolucji przemysłowych

Przemysł jest integralną częścią gospodarki. Rozwój przemysłu związany jest między innymi z przełomowymi momentami, które charakteryzują się głównie wprowadzaniem i popularyzacją nowych rozwiązań technologicznych. Początkowo rozwój ten następował w formie ewolucji industrialnej, jednak z czasem innowacyjne zmiany zaczęły odbywać się w coraz krótszych odstępach czasu. Zmiany te zostały określone mianem *rewolucji przemysłowych* (2024). Pierwsza rewolucja przemysłowa miała miejsce pod koniec XVIII wieku i polegała na wprowadzeniu maszyn do produkcji, które zasilane były parą wodną. Dodatkowo dzięki wynalezieniu maszyny tkackiej, gdzie nastąpiło użycie energii mechanicznej w połączeniu z systemami sterowania takimi jak regulator siły odśrodkowej, możliwy był znaczący wzrost produktywności w przemyśle tekstylnym (Anderson, 2017). Druga rewolucja przemysłowa miała miejsce na początku XX wieku i jest związana z wprowadzeniem elektryczności oraz masowej produkcji przy użyciu linii produkcyjnych (Carr, 2008). Trzecia rewolucja nastąpiła w latach 70-tych XX wieku. Polegała na przejściu z technologii mechanicznych i analogowych na technologie cyfrowe. Nastąpiła automatyzacja procesów produkcyjnych dzięki czemu organizacja produkcji stała się bardziej efektywna. Pojawiły się również pierwsze systemy i technologie informatyczne. Globalizacja zaczęła pełnić coraz ważniejszą rolę w kontekście łańcuchów dostaw.

W drugiej dekadzie XXI wieku rozpoczęła się czwarta rewolucja przemysłowa, która trwa obecnie. Wyróżnia ją wykorzystanie technologii bazujących na integracji urządzeń, danych i sztucznej inteligencji, co ma na celu zwiększanie stopnia zaawansowania automatyzacji, a w konsekwencji umożliwienie autonomizacji produkcji (Laskowska-Rutkowska, s. 13). Według Laskowskiej-Rutkowskiej istotą czwartej rewolucji przemysłowej są dwa połączone ze sobą procesy: datafikacji i usieciowienia, które w rezultacie prowadzą do personalizacji produkcji i produktu. Pojęcie datafikacji zostało zaproponowane przez Mayer-Schonbergera i Cukiera. Oznacza ono budowanie wartości przedsiębiorstwa za pomocą połączenia danych pochodzących z systemów informatycznych oraz operacyjnych, które wyposażone są w sensory (Mayer-Schönberger et al., 2014). Jeśli chodzi o firmy produkcyjne, technologia datafikacji umożliwia poprawę integracji danych oraz wprowadzenie zaawansowanych rozwiązań technologicznych, np. systemów cyberfizycznych, procesów wspomaganych sztuczną inteligencją, a

także robotów, które przy wykorzystaniu sztucznej inteligencji są bardziej mobilne i wykazują zdolność do współpracy z człowiekiem.

Kolejnym procesem jest usieciowienie, czyli stosowanie modelu rozproszonego w dwóch wymiarach: wewnętrznym (produkcyjnym) i zewnętrznym (relacji z otoczeniem). Systemy produkcyjne są pionowo połączone z procesami biznesowymi w sieć, natomiast poziomo funkcjonują wspólnie z rozproszonymi sieciami wartości. Połączenia te pozwalają na zarządzanie w czasie rzeczywistym w procesach biznesowych od złożenia zamówienia przez klienta, aż do wydania wyrobu gotowego (Kagermann et al., 2011, s. 5). W celu skutecznego wdrożenia koncepcji czwartej rewolucji przemysłowej należy uwzględnić następujące zasady: decentralizację struktur i zarządzania, modułowość, orientację na usługi, interoperacyjność, podejmowanie działań w czasie rzeczywistym oraz wirtualizację. Czwarta rewolucja przemysłowa jest określana mianem Przemysłu 4.0.

Termin Przemysł 4.0 (oryg. *Industrie 4.0*) został po raz pierwszy użyty w 2011 r. na targach w Hanoverze podczas prezentacji projektu strategii technik wysokich rządu Niemiec. Promowane były komputeryzacja procesów wytwórczych, Internet rzeczy itd. Nowa koncepcja zyskała różne nazwy w poszczególnych krajach, np.: *French Les usines du future* (Fabryki Przyszłości) we Francji, *Made different - Factories of the Future* w Belgii czy *Smart Industries* w Holandii. Termin *Industrial Internet of Things* (IIoT) zyskał popularność w USA, gdzie pojawiły się również określenia *zaawansowana produkcja*, *inteligentna produkcja* i *reindustrializacja*. Natomiast w Japonii pojawiły się takie terminy, jak: *Industrial Intelligence* i *e-factory*. W publikacjach naukowych powstały kolejne terminy związane z Przemysłem 4.0, takie jak *inteligentne fabryki*, *inteligentny przemysł*, *cyfrowa produkcja* i *inteligentna produkcja* (Nosalska et al., 2019, s. 838). Koncepcja Przemysłu 4.0 jest obecnie intensywnie implementowana i rozwijana szczególnie w Europie (Blanchet, 2014). Nie funkcjonuje natomiast jedna, spójna definicja terminu Przemysł 4.0, a także nie zostały wyraźnie oddzielone granice od poprzednika, czyli Przemysłu 3.0, który jest innym określeniem trzeciej rewolucji przemysłowej (Hermann et al., 2016; Pereira & Romero, 2017).

Rewolucja Przemysłowa 4.0 według ujęcia Mazura (Mazur, 2022), w sposób istotny przekształca relacje społeczno-ekonomiczne, będąc katalizatorem głębokich zmian w strukturach gospodarczych, modelach pracy i formach współdziałania międzyludzkiego. Cyfryzacja, automatyzacja i rozwój technologii bazujących na danych nie tylko unowocześniają systemy wytwarzania, lecz także modyfikują sposoby komunikacji, organizacji pracy oraz dystrybucji wartości w społeczeństwie. W rezultacie pojawiają się nowe wzorce powiązań między rynkami,

przedsiębiorstwami i pracownikami, które prowadzą do redefinicji tradycyjnych ról społecznych i zawodowych oraz do powstania bardziej elastycznych, sieciowych form współpracy i wymiany gospodarczej. Dodatkowo coraz większą popularność zyskuje termin Przemysłu 5.0.

Przemysł 5.0 to koncepcja wprowadzona przez Komisję Europejską w styczniu 2021 roku (Breque et al., 2021), która rozszerza podejście Przemysłu 4.0 o trzy fundamentalne filary: humanocentryczność (*human-centricity*), zrównoważony rozwój (*sustainability*) oraz odporność (*resilience*). W odróżnieniu od Przemysłu 4.0, który koncentrował się na automatyzacji, cyfryzacji i produktywności, Przemysł 5.0 stawia człowieka w centrum procesów produkcyjnych, gdzie technologia ma wspierać pracowników, a nie ich zastępować. Pierwszy z filarów, humanocentryczność, wskazuje na człowieka w centrum procesów produkcyjnych. Oznacza to, że technologie mają wspierać pracowników, a nie ich zastępować. Przemysł z założenia ma wspierać pracownika w realizowaniu jego ambicji zawodowych (Thompson-Bahm et al., 2025, s. 91). Następny filar to zrównoważony rozwój, czyli pozytywny wpływ na środowisko poprzez m.in.: działanie w granicach ekologicznych planety, minimalizację odpadów, optymalizację zużycia energii, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, gospodarkę o obiegu zamkniętym (Breque et al., 2021, s. 14). Trzeci filar to odporność, polega na radzeniu sobie z zakłóceniami (np. kryzys, pandemia, problemy w łańcuchach dostaw), elastyczność produkcji czy dywersyfikacja źródeł dostaw. Przemysł 5.0 wprowadza zmianę podejścia od wartości dla akcjonariuszy (*shareholder value*) do wartości dla wszystkich interesariuszy (*stakeholder value*), uwzględniając dobrobyt pracowników, społeczeństwa i środowiska naturalnego (Zhang et al., 2023).

Charakterystyka i wyróżniki cech przedsiębiorstw działających w poszczególnych rewolucjach przemysłowych zostały zebrane w formie tabeli (tab. 1.1) oraz uzupełnione o kluczowe dla rozprawy doktorskiej obszary zarządzania.

Tab. 1.1. Cechy poszczególnych generacji przedsiębiorstw w rewolucjach przemysłowych

Generacja przedsiębiorstwa	Rewolucja przemysłowa	Data rozpoczęcia	Opis innowacji	Wiodące teorie organizacji	Cechy przedsiębiorstwa	Podejście do ZZL	Rola kierownictwa
1.0	pierwsza	koniec XVIII wieku	Mechanizacja produkcji (maszyna parowa, maszyna tkacka)	-	specjalizacja pracy, pierwszy schemat organizacyjny (McCalum)	proste struktury organizacyjne, kierownicy liniowi i sztabowi	kontrolowanie
2.0	druga	początek XX wieku	Produkcja masowa, elektryfikacja (zakłady Forda)	klasyczna behawioralna ilościowa	uporządkowana struktura organizacyjna, zorganizowany system pracy pomiar czasu pracy pracowników, wynagrodzenia, badanie zachowań organizacyjnych (Mayo), wykres planowania i monitorowania realizacji produkcji (Gantt)	zespoły zadaniowe, badanie grup formalnych i nieformalnych, odpowiednie traktowanie pracowników, stabilizacja personelu, usprawnienie systemów motywacyjnych	informowanie pracowników o zadaniach i zmianach, motywowanie, budowanie kultury zaufania i pozytywnych relacji, sterowanie i regulacja procesów
3.0	trzecia	lata 70-te XX wieku	Automatyzacja	systemowa	systemy społeczno-techniczne podlegające regulacji, sterowaniu i projektowaniu, organizacja ucząca się, outsourcing biznesowy	systemy informowania kierownictwa, informatyczne wspomaganie procesów decyzyjnych	Zarządzanie procesami automatyzacji, wsparcie zarządzania ścieżką kariery, zarządzanie talentami
4.0	czwarta	Druga dekada XXI wieku	Hiperautomatyzacja ¹ , Systemy cyberfizyczne, Dynamiczne przetwarzanie danych, Roboty autonomiczne, Sztuczna inteligencja, Big Data, Internet Rzeczy, druk	sieci i współpraca międzyorganizacyjna	organizacje jako sieć powiązań o zmiennej konfiguracji, decentralizacja, pionowa i pozioma integracja łańcucha dostaw, zintegrowanie różnych technologii cyfrowych i fizycznych, federowane ekosystemy danych ²	zarządzanie wielopokoleniowym środowiskiem w kontekście cyfryzacji, integracja ludzi i maszyn, równowaga między technologią a życiem prywatnym	zarządzanie złożonością, zarządzanie pracą zdalną ludzi, maszyn i urządzeń, zarządzanie ekosystemami współpracy

¹ Termin użyty po raz pierwszy w 2019 r. w opracowaniu przedstawicieli firmy konsultingowej Gartner pt. Top 10 Strategic Technology Trends for 2020 Cearleya, Jonesa i innych. Hiperautomatyzacja oznacza wykorzystywanie nowoczesnych technologii nie tylko do procesów, ale także wsparcia pracowników i obejmuje integrację cyfrowych bliźniaków i monitorowanie oraz wspomaganie za pomocą sztucznej inteligencji w czasie rzeczywistym.

² Np. Manufacturing-X, Catena-X.

			3D, AR, VR, Cyfrowy bliźniak, Cloud Computing				
5.0	piąta	2021 ³ w UE	Współpraca człowiek-technologia dla zrównoważonego rozwoju		Przejście od wartości dla akcjonariuszy do wartości dla wszystkich interesariuszy, odporność na zakłócenia.	Wellbeing pracownika jako cel nadrzędny, rozwój kompetencji tzw. przyszłości zakresie AI, myślenia zrównoważonego, uczenia się przez całe życie.	Zarządzanie transformacją zrównoważoną ⁴ , odpowiedzialne wdrażanie AI

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Breque et al., 2021; Gajdzik, 2020; Hamrol & Mantura, 2002; Kagermann et al., 2011; Koźmiński & Latusek-Jurczak, 2011, s. 20; Moczydłowska, 2015; Wolniak & Tomecki, 2024).

Przedstawiona klasyfikacja pięciu generacji przedsiębiorstw (1.0–5.0) odzwierciedla ewolucyjną transformację organizacji w kontekście kolejnych rewolucji przemysłowych, obejmującą zarówno wymiar technologiczny, jak i organizacyjno-społeczny. Analiza pokazuje wyraźny trend przechodzenia od mechanizacji i standaryzacji (Przedsiębiorstwo 1.0 i 2.0), przez automatyzację i informatyzację (Przedsiębiorstwo 3.0), inteligentną cyfryzację i integrację (Przedsiębiorstwo 4.0), aż po współpracę człowiek-technologia dla zrównoważonego rozwoju (Przedsiębiorstwo 5.0). Widoczne jest przejście od podejścia produktocentrycznego do humanocentrycznego. W pierwszych trzech generacjach dominowało dążenie do maksymalizacji produktywności i efektywności przy traktowaniu pracownika jako elementu systemu produkcyjnego. Przemysł 4.0 wprowadził technologie jako narzędzie wzmocnienia człowieka (augmentacja). Do głównych korzyści wdrożenia koncepcji Przemysłu 4.0 należą: zwiększenie wydajności procesów, poprawa jakości pracy, procesów i produktów, efektywniejsze wykorzystanie zasobów, zmniejszenie awaryjności, personalizacja oraz utrzymanie bądź zwiększenie udziału w rynku (Czupryna-Nowak, 2020, s. 29). Natomiast Przemysł 5.0 stawia dobrostan pracownika jako cel nadrzędny, gdzie technologia służy realizacji celów społecznych i ekologicznych, wykraczających poza zysk.

³ Formalnie ogłoszona przez Komisję Europejską w styczniu 2021 (Breque et al., 2021)

⁴ Transformacja zrównoważona jako połączenie trzech filarów: humanocentryczność, zrównoważony rozwój, odporność.

Widoczna jest zmiana roli człowieka od wykonawcy do współtwórcy. W Przedsiębiorstwie 1.0 i 2.0 pracownik był *przedłużeniem maszyny*, wykonującym powtarzalne czynności według ściśle określonych procedur. Przedsiębiorstwo 3.0 zaczęło doceniać wkład intelektualny pracowników (koła jakości, kaizen, ciągłe doskonalenie). Przemysł 4.0 wprowadził koncepcję inteligentnego pracownika (*smart worker*) współpracującego z technologiami cyfrowymi. Przemysł 5.0 nadaje pracownikowi autonomię decyzyjną i realny wpływ na procesy przy wspomaganiu narzędzi sztucznej inteligencji.

Nastąpił również wzrost złożoności kompetencji wymaganych od pracowników. W Przedsiębiorstwie 1.0 dominowały umiejętności manualne (obsługa maszyn parowych, tkalni). Przedsiębiorstwo 2.0 wymagało znajomości procedur i standardów (fordyzm). Przedsiębiorstwo 3.0 dodało kompetencje informatyczne (obsługa komputerów, systemów ERP). Przedsiębiorstwo 4.0 wymaga kompetencji cyfrowych (AI, Big Data, IoT, cybersecurity). Przedsiębiorstwo 5.0 stawia na kompetencje przyszłości: kompetencja rozumienia, wykorzystywania i krytycznej oceny działania systemów sztucznej inteligencji, zrównoważony sposób myślenia, etyczne podejmowanie decyzji, zdolność do ciągłego rozwijania kompetencji, adaptacji do zmian technologicznych i rynkowych (Kuś, 2024, s. 314–315).

Kolejną widoczną zmianą jest akceleracja tempa zmian technologicznych. Pierwsza rewolucja przemysłowa trwała około 80 lat. Druga rewolucja – około 45 lat. Trzecia – około 40 lat. Czwarta rozpoczęła się w 2011 roku i według von Scheela będzie trwać do około 2050 roku w trzech falach. Piąta rozpoczęła się już w 2021 roku, nakładając się na czwartą – co pokazuje, że transformacje nie są sekwencyjne, ale koegzystujące i wzajemnie wzmacniające się.

Przedstawiona klasyfikacja, mimo rzetelnego oparcia na literaturze naukowej i dokumentach programowych, posiada istotne ograniczenia metodologiczne i konceptualne, które należy uwzględnić w interpretacji wyników. Klasyfikacja na pięć generacji przedsiębiorstw (1.0–5.0) jest konstrukcją konceptualną ułatwiającą analizę, ale nie odzwierciedla w pełni złożoności rzeczywistości gospodarczej. W praktyce przedsiębiorstwa znajdują się na różnych etapach dojrzałości technologicznej i organizacyjnej, często łącząc elementy kilku generacji jednocześnie (Wolniak & Tomecki, 2024, s. 633). Przykładowo, fabryka może używać systemów Przemysłu 4.0 (IoT, druk 3D) przy jednoczesnym stosowaniu metod zarządzania charakterystycznych dla Przedsiębiorstwa 2.0 (silna hierarchiczność). Klasyfikacja zakłada uniwersalność progresji 1.0→5.0, podczas gdy różne sektory gospodarki i regiony geograficzne znajdują się na odmiennych poziomach rozwoju. Następnie, daty rozpoczęcia poszczególnych rewolucji przemysłowych są umowne i dyskusyjne wśród historyków gospodarczych. Nie ma

jednoznacznej zgody co do tego, kiedy dokładnie kończy się jedna rewolucja, a zaczyna kolejna. W ograniczeniach należy skazać, że koncepcje Przemysłu 4.0 i 5.0 zostały sformułowane w Europie (Niemcy – Industrie 4.0, 2011; Komisja Europejska – Industry 5.0, 2021) i odzwierciedlają europejskie priorytety jak m.in.: ochronę miejsc pracy, zrównoważony rozwój. Wśród badaczy występuje też dyskusja o zasadności wyodrębnienia Przemysłu 5.0. Wielu badaczy kwestionuje potrzebę wprowadzania koncepcji Przemysłu 5.0, twierdząc, że jest to raczej *doprecyzowanie* lub aktualizacja Przemysłu 4.0, a nie odrębna rewolucja. Gajdzik (2023) określa Przemysł 5.0 jako *upgrade of Industry 4.0*, podkreślając ciągłość między obiema koncepcjami. Sachsenmeier (2016) wskazuje natomiast na zupełnie inne źródła Przemysłu 5.0 (bionika, biologia syntetyczna) nie związane ze specyfiką przedsiębiorstwa 4.0.

Świadomość tych ograniczeń pozwala na krytyczne i refleksyjne wykorzystanie klasyfikacji jako narzędzia analitycznego, unikając pułapki nadmiernego uproszczenia złożonych procesów transformacji organizacyjnej. W niniejszej rozprawie przyjęto stanowisko, że Przemysł 5.0 jest doprecyzowaniem założeń Przemysłu 4.0. Nie stanowi oddzielnej, kolejnej rewolucji, a jest jedynie kolejnym etapem w ramach czwartej rewolucji przemysłowej.

Technologie Przemysłu 4.0

Wdrożenie nowoczesnych technologii jest warunkiem koniecznym dla implementacji Przemysłu 4.0, równocześnie należy przeanalizować podejście do organizacji przedsiębiorstwa i zachodzących w nim procesów (Laskowska-Rutkowska, 2020, s. 15). Według *The Singapore Smart Industry Readiness Index* (2019) transformacja organizacji w kierunku Przemysłu 4.0 zachodzi w trzech obszarach: technologii, organizacji, procesów. W obszarach tych następuje szereg zmian.

Zmiany w obszarze technologicznym są kontynuacją rozwoju poprzedniej rewolucji przemysłowej, a zwiększenie stopnia zaawansowania wynika z możliwości pozyskania danych z licznych i zróżnicowanych źródeł (Lasi et al., 2014, s. 239–242). Według Boston Consulting Group wyróżnia się następujące filary technologii Przemysłu 4.0 (Group, 2015):

- internet rzeczy – w tym przemysłowy internet rzeczy (IoT, IIoT),
- chmura obliczeniowa (*cloud computing*),
- big data i analityka (*big data*),
- sztuczna inteligencja (*artificial intelligence*),
- cyberbezpieczeństwo (*cybersecurity*),
- rzeczywistość rozszerzona (*augmented reality*),
- rzeczywistość wirtualna (*virtual reality*),

- wytwarzanie addytywne (*additive manufacturing*),
- autonomiczne roboty / roboty współpracujące (*autonomous robots, cobots*),
- symulacje (*simulations*),
- pozioma/pionowa integracja oprogramowania (*horizontal/vertical software integration*),

Internet rzeczy (Internet of Things, IoT) jest to środowisko sprzętowo-programistyczne (Kumar et al., 2020, s. 6-1111) składające się z dwu warstw: wirtualnej i rzeczywistej. Warstwa wirtualna integruje się z fizyczną dążąc do interoperacyjności i usieciowienia (Noura et al., 2018, s. 796–809). Szczególną odmianą IoT stosowaną w przedsiębiorstwach produkcyjnych jest tzw. przemysłowy internet rzeczy (IIoT) (Wan et al., 2016, s. 173). Głównym elementem internetu rzeczy są obiekty cyberfizyczne, które mają źródło i odbiorcę danych. Parametry techniczne obiektów cyberfizycznych są następujące: zasilanie, rodzaj łączności, rodzaj zbieranych danych, pasmo transmisji danych, ważność danych, tryby pracy, rodzaj mobilności, znacznikowanie GPS, wymiary fizyczne, miejsce zastosowania czy rozwiązanie jest typowe, powtarzalne, standardowe unikatowe jednostkowe, czas życia, sposób interakcji z człowiekiem, sposób użycia, szkodliwość dla środowiska (Gregor et al., 2020, s. 20–21).

Kolejnym ważnym narzędziem z punktu widzenia przedsiębiorstwa w Przemśle 4.0 jest chmura obliczeniowa (*cloud computing*). Określeniem oznacza taki model przetwarzania danych, gdzie wykorzystuje się na określonych warunkach sprzęt i oprogramowanie na zasadzie centralizacji usług. Dane gromadzone są na serwerach, do których mają dostęp użytkownicy w różnych lokalizacjach. Wyniki obliczeń i analiz są konsolidowane w konkretnych miejscach w sieci (Holsapple et al., 2014). Standaryzacja technologii informacyjno-komunikacyjnych dokonywana jest przez przedstawicieli nauki administracji, biznesu, prawa gospodarczego. Zostały dostosowane nowe standardy rynkowe w celu uproszczenia skomplikowanego przetwarzania i analizy ogromnych zbiorów danych. Należą do nich m.in.: Function as a Service (FaaS), Mobility as a Service (MaaS), Device as a Service (DaaS), Platform as a Service (PaaS) oraz nowe modele biznesowe. Rozwiązania te wykorzystuje się w produkcji, mobilności, logistyce, oprogramowaniu, chmurze obliczeniowej i analityce (Gregor et al., 2020, s. 25). Kolejny model to Everything as a Service (XaaS). Jest to koncepcja bazująca na odejściu od tradycyjnego modelu produktu, który jest oferowany klientowi z jednoznacznym rozdzieleniem ról w postaci firmy (oferenta) i klienta (użytkownika). Model ten ma na celu umożliwienie użytkownikom korzystanie z produktów bez ponoszenia kosztów operacyjnych posiadania i utrzymania ich (Deloitte, 2017).

Big data cechuje się dużą różnorodnością, szybkością, wiarygodnością, wartością i zmiennością danych (Lee & Sohn, 2016). Są one gromadzone w różnym tempie, odmiennych formatach oraz przechowywane w licznych lokalizacjach (Moharm, 2019). Generatorem danych są inteligentne czujniki sprzężone z mikroprocesorami czy obiektami cyberfizycznymi. Big data dostarcza informacji mających znaczenie dla działań organizacji i jednostek za pomocą algorytmów obserwujących np.: procesy, infrastrukturę czy poziom bezpieczeństwa. Big data jest komplementarne z technologią cyfrowego bliźniaka (*digital twin*), czyli cyfrową repliką, bądź modelem procesu, obiektu lub systemu (Tao et al., 2018, s. 3585–3593).

Kolejnym niezbędnym elementem technologicznym jest tzw. sztuczna inteligencja (AI). Jest to pojęcie opisujące zdolność maszyn do odwzorowania ludzkiej inteligencji (Russell & Norvig, 2010). Wyróżnia się kilka podstawowych rodzajów sztucznej inteligencji (Russell et al., 2020):

- wąską sztuczną inteligencję (*Narrow AI*, ANI), czyli AI specjalizująca się w konkretnych zadaniach, np. rozpoznawanie mowy, asystenci wirtualni, autonomiczne pojazdy,
- ogólną sztuczną inteligencję (*General AI*, AGI), czyli hipotetyczny rodzaj AI zdolny do myślenia, rozumienia i działania na poziomie równym ludzkiemu,
- superinteligencję (*Superintelligent AI*, ASI), czyli hipotetyczny system przewyższający ludzką inteligencję we wszystkich aspektach, w tym kreatywności i inteligencji emocjonalnej.

Proces rozwoju sztucznej inteligencji przebiega dwutorowo (Lieto & Cruciani, 2013): odgórnie *top-down*, czyli poprzez rozbudowane centra danych pojedynczych systemów oraz oddolnie – *bottom-up*, co oznacza rozproszony rozwój małych jednostek, które dążą do gromadzenia się w formie coraz większych systemów. Procesy te różnią się, jednak ich rozwój prowadzi do obopólnego połączenia w końcowym etapie. Firmy mogą wykorzystać algorytmy uczenia maszynowego do analizy danych, przewidywania trendów i optymalizacji procesów. Głębokie uczenie, w szczególności, ma potencjał do przetwarzania dużych zbiorów danych i rozwiązywania skomplikowanych problemów, co jest istotne w kontekście analizy danych. AI może wspierać procesy planowania i optymalizacji w przedsiębiorstwach. Systemy AI mogą analizować różne scenariusze i rekomendować najlepsze działania, co jest szczególnie przydatne w zarządzaniu łańcuchem dostaw oraz w produkcji (Russell et al., 2020).

Dodatkowo niezbędnym elementem w obszarze technologicznym jest cyberbezpieczeństwo. Jest ono głównie rozpatrywane w aspekcie informatycznym. Licznym opisom poddawane są takie obszary jak: systemy analizy danych, zapory systemowe, serwery kwarantanny czy

sieci neuronowe (Romaniuk, 2020, s. 38). Jednak ze względu na cele niniejszej dysertacji dotyczące skuteczności w obrębie zarządzania bardziej istotnymi są organizacyjne aspekty cyberbezpieczeństwa. Do ochrony coraz liczniej przetwarzanych w sieci danych zaadaptować można powszechnie stosowane standardy i normy bezpieczeństwa danych. Ważną rolę pełnią również postanowienia prawne. W Polsce przykładem takiego dokumentu jest Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 21 maja 2024 r. w sprawie Krajowych Ram Interoperacyjności, minimalnych wymagań dla rejestrów publicznych i wymiany informacji w postaci elektronicznej oraz minimalnych wymagań dla systemów teleinformatycznych - Dz.U.2024.773 (Rada Ministrów, 2024). W powyższym dokumencie powołano się na cztery normy PN-ISO/IEC 27001, PN-ISO/IEC 27002, PN-ISO/IEC 27005, PN-ISO/IEC 24762 opracowane przez podkomitet ISO/IEC JTC 1/SC 27 i przetłumaczone na język polski przez Komitet Techniczny nr 182 ds. Ochrony Informacji w Systemach Teleinformatycznych. Powyższe normy zostały wskazane jako podstawy do ustanawiania zabezpieczeń, zarządzania ryzykiem oraz odtwarzania systemów informatycznych po katastrofie w ramach zarządzania ciągłością działania. Normy ISO serii 27000 dotyczące zakresu zarządzania bezpieczeństwem informacji i budowy systemów zarządzania bezpieczeństwem informacji są obecnie najważniejszymi dla tej dziedziny zarządzania organizacjami, ponieważ bez ustandaryzowanych rozwiązań trudno się wdrożyć skuteczne zabezpieczenia. W związku z globalizacją polski Komitet Techniczny Komitet Techniczny nr 182 ds. Ochrony Informacji w Systemach Teleinformatycznych współpracuje z komitetem CEN/CLC JTC 13 Cybersecurity and Data Protection, który jest europejskim odpowiednikiem komitetu ISO/IEC JTC1/SC 27. Współpraca ma na celu opracowanie szczególnych działań z zakresu cyberbezpieczeństwa i ochrony danych. Inne komitety zajmują się również opracowaniem standardów dla dziedzin takich jak: kryptografia, budowanie kryteriów oceny używanych rozwiązań z zakresu bezpieczeństwa systemów teleinformatycznych (15408, 2022), zabezpieczenia w bezpieczeństwie informacji i usług, zarządzanie identyfikacją i technologie zapewniające prywatność. Kolejnym standardem jest VDA (Verband der Automobilindustrie) wydany przez Association of the German Automotive Industry (VDA, 2023). Bazuje on na ISO/IEC 27001. Różnica między ISO 27001 a VDA ISA polega na odmiennej strukturze wymagań oraz sposobie ich przedstawienia. VDA zawiera katalog pytań bazujący na ISO 27001 oraz dodatkowo kluczowe wskaźniki wydajności (KPI), przykłady dobrych praktyk w zakresie stref bezpieczeństwa, etykietowania informacji cyfrowej, klasyfikację informacji odnoszącą się do ich poufności i wiele innych. Standard VDA odnosi się do branży motoryzacyjnej. W poszczególnych branżach przemysłu stosowane są inne specyficzne rozwiązania jak np. IEC

62443 bezpieczeństwa w systemach sterowania i automatyki przemysłowej. Standardy w obszarze cyberbezpieczeństwa są tak istotne, ponieważ dotyczą projektowania nowych produktów i elementów pojazdów, w których bezpieczeństwo danych uzyskuje najwyższe priorytety. Jednym z ostatnich uzgodnień jest akt o solidarności cybernetycznej (Cyber Solidarity Act, Rozporządzenie UE 2025/38). Cyber Solidarity Act ma na celu wzmocnienie zdolności UE do wykrywania, przygotowania i reagowania na istotne i zakrojone na szeroką skalę zagrożenia i ataki w zakresie cyberbezpieczeństwa. Rozporządzenie zostało opublikowane w Dzienniku Urzędowym UE 15 stycznia 2025 roku i weszło w życie 4 lutego 2025 r. Ustawa ustanawia nowe zdolności UE w celu zwiększenia odporności na zagrożenia cybernetyczne oraz poprawy mechanizmów współpracy. Wprowadza system ostrzegania o cyberbezpieczeństwie składający się z krajowych i transgranicznych centrów operacji cyberbezpieczeństwa (SOC) w całej UE wykorzystujących zaawansowane technologie, takie jak sztuczna inteligencja i analityka danych, do wykrywania zagrożeń i reagowania na nie oraz ułatwienia terminowego udostępniania informacji między granicami (European Commission, 2025a).

Należy również wspomnieć o innych dokumentach prawnych dotyczących cyberbezpieczeństwa. W Polsce jednym z nich jest ustawa z dnia 5 lipca 2018 r. o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa. Ministerstwo Cyfryzacji przedstawiło 24 kwietnia 2024 r. projekt nowelizacji ustawy o Krajowym Systemie Cyberbezpieczeństwa, mający na celu wdrożenie przepisów unijnej dyrektywy NIS2 (Arvato Systems, 2024). Obejmuje ona operatorów usług kluczowych i dostawców usług cyfrowych. Jeśli chodzi o rozwiązania prawne stosowane w Unii Europejskiej, należy do nich dyrektywa NIS z 6 lipca 2018 przedstawiona razem ze strategią cyberbezpieczeństwa UE. W Polsce postanowienia dyrektywy implementowane są za pomocą ustawy z 5 lipca 2018 r. o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa. Kolejnym europejskim aktem prawnym jest Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej 2019/881 z dnia 17 kwietnia 2019 r. w sprawie ENISA (Agencji Unii Europejskiej ds. Cyberbezpieczeństwa) oraz certyfikacji cyberbezpieczeństwa w zakresie technologii informacyjno-komunikacyjnych. Zawiera ono opis kompetencji Europejskiej Agencji ds. Bezpieczeństwa Sieci i Informacji (ENISA) oraz przepisy dotyczące europejskich certyfikacji w zakresie cyberbezpieczeństwa. Certyfikacja obejmuje produkty, usługi i procesy ICT. W akcie określone zostały również trzy poziomy bezpieczeństwa, zależą od poziomu ryzyka związanego z wykorzystaniem danego produktu, usługi lub procesu i są to: poziom podstawowy, poziom istotny i poziom wysoki. Rozporządzenie to zwane jest potocznie aktem o cyberbezpieczeństwie. Celem norm, rozporządzeń i wszelkich aktów prawnych jest zabezpieczenie organizacji i jednostek

przed udostępnianiem w sposób niekontrolowany (błąd ludzki, awaria systemu) lub kontrolowany (cyberatak). 26 czerwca 2025 r. Polski Sejm uchwalił ustawę ustanawiającą krajowy system certyfikacji cyberbezpieczeństwa. Nowe przepisy, opracowane przez Ministerstwo Cyfryzacji, wprowadzają dobrowolne certyfikaty cyberbezpieczeństwa dla produktów i usług ICT, które będą automatycznie rozpoznawane w całej Unii Europejskiej (NASK OSiC, 2025).

Kolejna technologia Przemysłu 4.0 to rzeczywistość rozszerzona (*augmented reality*, AR) to technologia, która łączy elementy świata rzeczywistego z generowanymi komputerowo obiektami graficznymi i informacjami, tworząc interaktywny obraz otoczenia. W odróżnieniu od rzeczywistości wirtualnej, która całkowicie zastępuje środowisko fizyczne, AR jedynie je uzupełnia, pozwalając użytkownikowi obserwować przestrzeń wzbogaconą o cyfrowe elementy wizualne, dźwiękowe czy tekstowe (Li et al., 2015; Mourtzis et al., 2016; Vaidya et al., 2018).

Rzeczywistość wirtualna (*virtual reality*) to zaawansowana technologia informatyczna umożliwiająca tworzenie immersyjnych, trójwymiarowych środowisk komputerowych, które symulują światy rzeczywiste lub całkowicie fikcyjne. Pozwala użytkownikowi wejść w interakcję z wykreowaną cyfrowo przestrzenią dzięki wykorzystaniu specjalistycznych urządzeń takich jak gogle VR, kontrolery ruchu, rękawice haptyczne czy słuchawki przestrzenne (Bajor et al., 2018). Technologia ta oddziela człowieka od otoczenia fizycznego, umieszczając go w środowisku wygenerowanym komputerowo, co umożliwia doświadczanie dowolnych scenariuszy w bezpiecznych, kontrolowanych i ekonomicznie efektywnych warunkach.

Wytwarzanie addytywne (*additivmanufacturing*) to metoda produkcji przyrostowej polegająca na wytwarzaniu warstwowym poprzez nakładanie lub spiekanie materiału budulcowego zgodnie z wirtualnym modelem 3D. Technologia ta umożliwia tworzenie złożonych geometrii niemożliwych do uzyskania w tradycyjnych procesach obróbki, a w środowisku Przemysłu 4.0 stanowi podstawę rozwoju produkcji spersonalizowanej i niskoseryjnej (Woźniak et al., 2018, s. 365–367).

Autonomiczne roboty i roboty współpracujące (*autonomous robots*, *cobots*) stanowią jeden z kluczowych filarów koncepcji Przemysłu 4.0. Automatyzacja dotyczy sterowania procesami technologicznymi i przemysłowymi w sposób umożliwiający zastąpienie lub ograniczenie pracy człowieka w zadaniach powtarzalnych, monotonicznych i wymagających wysokiej precyzji. W dobie czwartej rewolucji przemysłowej pojęcie automatyzacji rozszerza się o integrację człowieka z cyfrowo sterowanymi maszynami oraz systemami połączonymi z siecią cyber-fizyczną (CPS), co pozwala na transparentne i elastyczne zarządzanie procesami w czasie

rzeczywistym. Nową generację stanowią roboty współpracujące, zaprojektowane do bezpiecznej pracy razem z człowiekiem bez potrzeby fizycznych barier ochronnych (Gajdzik, 2022; Świątkowska, 2017).

Symulacje są narzędziem wykorzystywanym do badania i optymalizacji systemów produkcyjnych poprzez tworzenie cyfrowych modeli zachowań procesów, maszyn i zasobów ludzkich. Symulacje pozwalają analizować różne warianty przebiegu procesów bez konieczności ingerowania w rzeczywiste systemy produkcyjne. Technologia ta jest szeroko stosowana w projektowaniu procesów, testowaniu parametrów produkcyjnych oraz w tworzeniu wirtualnych uruchomień (Koliński et al., 2018).

Integracja pionowa i pozioma stanowi podstawę cyfrowej transformacji w Przemysle 4.0. Integracja pionowa odnosi się do pełnego połączenia systemów informatycznych na wszystkich poziomach organizacji - od czujników i sterowników (poziom operacyjny) po warstwy planistyczne i strategiczne (np. MES, ERP, SCM). Umożliwia to przepływ danych w czasie rzeczywistym, synchronizację produkcji i elastyczną rekonfigurację systemów (Abrich, 2025; ACATECH, 2013). Z kolei integracja pozioma obejmuje procesy w całej strukturze łańcucha wartości - od dostawców przez produkcję i logistykę po dystrybucję, pozwalając na współpracę przedsiębiorstw w ramach rozproszonych sieci produkcyjnych (Nosalska et al., 2019).

Oprócz technologii datafikacji do głównych rozwiązań technologicznych według literatury przedmiotu, zaliczyć można technologie cyfrowego bliźniaka, uczenie maszynowe, przetwarzanie brzegowe (*edge computing*) i inne. Na potrzeby rozprawy rozwijanie powyższych technologii stanowi wątek poboczny, aby wyjaśnić istotę przedsiębiorstw czwartej generacji od strony zarządzania.

Zmiany w charakterze zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

Zmiany technologiczne przynoszą znacznie lepsze rezultaty, jeżeli towarzyszą im zmiany organizacyjne i procesowe. Klasyfikacja zmian wynika z trzech obszarów Przemysłu 4.0, do których należą: organizacja, procesy i technologie (Laskowska-Rutkowska, 2020, s. 15).

Z punktu widzenia zarządzania kluczowym obszarem są zmiany organizacyjne. Mają one znaczenie, ponieważ mogą wpłynąć nawet na przekształcenie modelu biznesowego dotychczas realizowanego przez przedsiębiorstwo. Zgodnie z indeksem *The Singapore Smart Industry Readiness Index* w obszarze organizacyjnym wyróżnić można następujące elementy: strategię, przywództwo, pracowników oraz współpracę i projekty. Zaplanowanie zmian wraz z określeniem wizji, kierunku działania, potrzebnych zasobów i procesów jest podstawą budowania

strategii cyfryzacji (Laskowska-Rutkowska, 2020, s. 22). Strategia cyfryzacji uwzględniająca zasady Przemysłu 4.0 cechuje się m.in.: wykorzystaniem zaawansowanych rozwiązań technologicznych łączących dane oraz systemy organizacji, zwiększaniem elastyczności i efektywności działań, budowaniem przewagi konkurencyjnej za pomocą narzędzi cyfrowych, realizacją spersonalizowanych potrzeb klientów, udziałem interesariuszy w procesach i dzieleniu informacji, decentralizacją podejmowania decyzji. Rozwój Przemysłu 4.0 wprowadza istotne transformacje na rynku pracy, prowadząc do zanikania tradycyjnych zawodów, powstawania nowych profesji oraz redefinicji zakresów obowiązków i kompetencji pracowników. Dział zasobów ludzkich w przedsiębiorstwach funkcjonujących w warunkach Przemysłu 4.0 stoi przed wyzwaniami takimi jak: dobór odpowiednich narzędzi technologicznych, przezwyciężenie barier implementacyjnych oraz skuteczne zarządzanie procesem zmiany kultury organizacyjnej. Należy wziąć pod uwagę również zarządzanie pracownikami wielu pokoleń, w szczególności wyzwaniem jest pokolenie Z (Sivathanu & Pillai, 2018). Dostosowanie modelu zatrudnienia jest zależne od wielu czynników: poziomu automatyzacji procesów, stopnia rozwoju gospodarki kraju, którym znajduje się fabryka oraz sposobu zarządzania przedsiębiorstwem (Krzywdzinski, 2017). Wyzwania te wymagają od zarządzających, a w szczególności od kierownictwa dopasowania stylów przywództwa tak, aby doskonalić kulturę uczenia się, innowacji i niesza-blonowego myślenia. Ponadto, zespół Schneidera na podstawie systematycznego przeglądu literatury podzielił wyzwania stojące przed kierownictwem w przedsiębiorstwie 4.0 na 6 klastrów: analiza i strategia, planowanie i implementacja, współpraca, modele biznesowe, zasoby ludzkie, zmiana i przywództwo (Schneider, 2018, s. 816). Szczególnego znaczenia nabierają kompetencje, które umożliwiają odróżnienie pracy człowieka od pracy maszyny, w tym systemów informatycznych, sztucznej inteligencji czy robota.

Ważnymi aspektami w kontekście zmian organizacyjnych są również m.in.: kształtowanie postaw pracowników wobec transformacji cyfrowej oraz rola cyfrowego przywództwa (Śledziwska & Włoch, 2020, s. 25). Wszystkie te obszary zmian są ściśle związane z integracją procesów w przedsiębiorstwie.

Zmiana procesowa, która odbywa się w organizacjach polega na połączeniu systemów operacyjnych (OT) z systemami informatycznymi (IT). Połączenie tych systemów umożliwia inteligentną automatyzację procesów i autonomizację, czyli zamianę rutynowych procesów wykonywanych przez człowieka na pracę maszyn mających zdolność reagowania na czynniki występujące w procesach. Integracja systemów prowadzi również do wcześniej wspomnianych usieciowienia i datafikacji. Dodatkowo systemy mają możliwość komunikowania się, dzięki

czemu zmniejszają liczbę awarii i przestojów. Kolejnym efektem integracji jest dynamiczność procesów, co oznacza reakcję w czasie rzeczywistym i samokorygowanie. Działania te odbywają się w następujących obszarach (Śledziewska & Włoch, 2020, s. 21):

- cykl życia produktu,
- integracja pionowa,
- integracja pozioma.

Cykl życia produktu rozpoczyna się od zaprojektowania go, poprzez złożenie zamówienia, produkcję, wydanie do klienta i recykling dzięki technologiom cyfrowym umożliwiającym integrację procesów, danych i ludzi w trakcie cyklu (Sukhodolov, 2019). Kolejnym obszarem jest integracja pionowa i pozioma. Temat był przytoczony w obszarze technologicznym, ale w obszarze procesowym ma szersze pojęcie. Integracja pionowa, czyli integracja procesów produkcyjnych w ramach jednej organizacji, od pozyskania surowców, przez produkcję, aż po dystrybucję i sprzedaż produktów finalnych. Integracja pionowa pozwala na lepszą kontrolę nad całym łańcuchem wartości i eliminację pośredników. Następnym z obszarów poprawy dynamiki procesów jest integracja pozioma, czyli integracja procesów wewnętrznych organizacji z procesami interesariuszy, takich jak dostawcy, odbiorcy czy konkurenci. Integracja pozioma umożliwia tworzenie sieci współpracy i wymiany informacji, co przyspiesza procesy biznesowe i zwiększa elastyczność organizacji.

Firma Siemens Polska we współpracy z Instytutem badawczym Keralla Research prowadzi od pięciu lat coroczne badanie poziomu digitalizacji przedsiębiorstw produkcyjnych w Polsce, publikując raport Digi Index. Badanie obejmuje cztery kluczowe branże: spożywczą, chemiczną i farmaceutyczną, motoryzacyjną oraz przemysł maszynowego. Wskaźnik Digi Index mierzy się w skali od 0 do 4, gdzie wyższa wartość oznacza większą dojrzałość cyfrową i pełniejszą realizację wizji Przemysłu 4.0. Wyniki badania Digi Index 2024 pokazują znaczące zmiany w poziomie cyfryzacji polskiego przemysłu (Siemens, 2024). Średnie przedsiębiorstwa (50-250 pracowników) osiągnęły wskaźnik 2,3 (wzrost z 1,8 w 2023 r.), co jest drugim najwyższym wynikiem w historii badania. Duże przedsiębiorstwa (>250 pracowników) zanotowały nieznaczną korektę z 2,7 w 2023 r. do 2,5 w 2024 r. Sektor motoryzacyjny pozostaje liderem cyfryzacji z wynikiem 2,6, co jest konsekwentne z wszystkimi poprzednimi edycjami badania. Sektor spożywczy wykazał spektakularny skok wzwyż, awansując na wicelidera w grupie firm średnich, co świadczy o intensywnej transformacji tej branży. Analizy wskazują, że poziom zaawansowania cyfryzacji ma fundamentalne znaczenie dla osiągnięcia celów Przemysłu 4.0 i inteligentnej produkcji, wyrażając się w poziomie świadomości zarządzających odnośnie wagi

tego obszaru, stopniu digitalizacji produkcji i wykorzystania danych oraz stanie inwestycji w nowe technologie.

Warto również wspomnieć o benchmarkach Przemysłu 4.0 w skali światowej, czyli tzw. Latarniach Przemysłu 4.0. Są to zakłady produkcyjne uznane za liderów czwartej rewolucji przemysłowej przez przedstawicieli Światowe Forum Ekonomiczne. Zakres oceny obejmuje: cyfryzację, automatyzację, zaawansowane i predykcyjne analizy, rzeczywistość wirtualną i rozszerzoną oraz przemysłowy Internet rzeczy. W 2025 r. na liście znajdowało się 201 obiektów Sieć obejmuje obecnie ponad 30 krajów i 35 sektorów przemysłowych, z rosnącą reprezentacją w Europie Środkowo-Wschodniej, Azji Południowej i Południowo-Wschodniej oraz obu Amerykach.

Czwarta rewolucja przemysłowa ma na celu zwiększenie poziomu wydajności procesów. Może być on osiągany przez przedsiębiorstwo w czterech kluczowych obszarach (Qin et al., 2016):

- nowe modele biznesowe,
- nowe rodzajów usług dla klientów,
- inteligentny produkt,
- inteligentną fabrykę.

Nowe modele biznesowe mają za zadanie koncentrację na danych i podejściu zorientowanym na klienta (Burmeister et al., 2016, s. 132). Przegląd literatury wykazał, że w ramach modeli należy wyróżnić model biznesowy, który definiuje sposób realizacji strategii określonej przez organizację i model dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstwa, który pomaga określić kierującym na jakim etapie realizacji strategii cyfryzacji jest firma.

Według Wekinga i in. wyróżnia się trzy główne archetypy innowacji modeli biznesowych: integrację, serwityzację i ekspertyzę jako usługę. Składowe poszczególnych archetypów zostały przedstawione w tab. 1.2.

Tab. 1.2. Archetypy innowacyjnych modeli biznesowych

Archetyp nadrzędny	Archetypy podrzędne			
	Innowacje crowdsourcingowe	Produkcja jako usługa	Masowa personalizacja	
Serwityzacja	Partnerstwo na cały cykl życia	Produkt jako usługa	Efekt jako usługa	
Ekspertyza jako usługa	Konsulting produktowy	Konsulting procesowy	Platformy brokerskie	Platformy IoT

Źródło: (Weking et al., 2018, s. 5).

Integracja polega na otwarciu innowacyjnych procesów przedsiębiorstwa na zewnątrz, włączając klientów i inne zewnętrzne podmioty w rozwój produktu. W wyniku tego proces produkcji przekształca się od scentralizowanego skierowanego na światowy rynek w krajach o niskich płacach do zdecentralizowanego będącego blisko lokalnych rynków, nawet w krajach o wysokich płacach. Integracja archetypu nadrzędnego (super-archetypu) składa się z trzech pod-archetypów: innowacje crowdsourcingowe, produkcja jako usługa i masowa personalizacja. Według Brabhama innowacje crowdsourcingowe są to cyfrowe, rozproszone modele produkcji oraz sposoby rozwiązania problemów przy udziale internautów i podmiotów zewnętrznych, modele te realizują cele organizatora np. przedsiębiorstwa, rządu lub jednostki (Brabham, 2008, s. 75–90). Kolejnym sub-archetypem jest koncepcja produkcji jako usługi, polega ona na przejściu przez przedsiębiorstwo odpowiedzialności za proces produkcyjny, dzięki czemu pomysły klienta mogą być przekształcone w produkt, jednocześnie następuje maksymalna personalizacja. Trzecim w tej grupie sub-archetypem jest masowa personalizacja i zakłada ona udział klienta w łańcuchu dostaw. Indywidualne potrzeby klienta zostają spełnione dzięki inteligentnej produkcji, gdzie przy zachowaniu dotychczasowego poziomu kosztu produkcji wytwarzać można krótkie serie produkcyjne.

Drugim z głównych archetypów jest serwityzacja, czyli na oferowaniu usług komplementarnych w procesie sprzedaży lub zastępowanie produktów usługami. W ramach serwityzacji występuje archetyp partnerstwa w całym cyklu życia co znaczy, że usługa realizowana jest całym cyklu życia produktu jako wsparcie posprzedażowe i techniczne. Produkt jako usługa, czyli zastąpienie sprzedaży wypożyczeniem lub udzieleniem dostępu do korzystania z produktu. Kolejnym sub-archetypem jest efekt jako usługa. Dochody w tym archetypie generowane są tylko w przypadku, gdy osiągnęte są efekty założone w umowie sprzedaży.

Trzeci rodzaj archetypu odnosi się do ekspertyzy jako usługi. Ten model przewiduje sprzedaż usług konsultingowych i dzieleniu się wiedzą z klientem. Wśród tego typu rozwiązań wyróżnić można konsulting związany z produktem, procesem oraz korzystanie z platform brokerskich i IoT. Platformy brokerskie wykorzystują technologie cyfrowe do wymiany danych z klientem, bazują na dostarczaniu wiedzy, natomiast platformy IoT mimo podobnej specyfiki działania bazują na analizie danych i na ich podstawie tworzą bardziej dopracowane rozwiązania. Transformacja cyfrowa daje wiele możliwości budowania przewagi konkurencyjnej za pomocą platform szczególnie w sektorze MŚP, gdzie koszty wejścia lub zakupu zaawansowanych technologii mogą być zredukowane właśnie za pomocą korzystania z tychże rozwiązań.

Drugi rodzaj modeli to modele dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstwa. Według Nosalskiej dojrzałość cyfrowa jest to umiejętność przedsiębiorstwa do skutecznego używania technologii cyfrowych za pomocą reorganizacji procesów i modeli biznesowych, aby zwiększać przewagę konkurencyjną na rynku. Modele dojrzałości cyfrowej zostały opracowane głównie przez firmy konsultingowe w celu rozwijania prowadzonych usług. Cechy poszczególnych modeli zostały przedstawione w tab. 1.3. Modele te zostały wybrane ze względu na komplementarność podejść, różnorodność geograficzną oraz zawartość kluczowych wymiarów i determinant dla przedsiębiorstwa 4.0.

Tab. 1.3. Wybrane modele dojrzałości dla specyfiki przedsiębiorstwa 4.0

Cecha	RAMI 4.0	ACATECH	Schumacher Model	IMPULS-Industrie 4.0	SIRI
Główne obszary	Hierarchia (poziomy organizacji) Cykl życia produktu Warstwy funkcjonalne	Strategia Zasoby Procesy Kultura	Strategia Przywództwo Klienci Produkty Procesy Kultura Ludzie Wsparcie państwa Technologia	Strategia IT Infrastruktura Organizacja Ekosystem Procesy Zarządzanie danymi	Procesy Technologia Organizacja
Kluczowe determinanty	Aktywa (urządzenia, czujniki) Komunikacja (OPC UA, MQTT) Informacja (big data)	Integracja pionowa/pozioma Digital Twin Cyberbezpieczeństwo	Cyberbezpieczeństwo Zarządzanie danymi Predykcyjne utrzymanie	IoT i automatyzacja Analiza danych Personalizacja usług	Digital Twin Integracja systemów Zrównoważony rozwój
Metodyka oceny	Mapowanie architektoniczne	Ankieta z opisami poziomów	Ankieta (123 pytania)	Ankieta online (24 pytania)	Szczegółowe wytyczne i raporty
Źródło	Bitkom/VDMA (2016)	Schuh i in. (2018)	Schumacher i in. (2016)	Lichtblau i in. (2015)	Singapore EDB (2017)

Źródło: opracowanie własne.

Jednym z popularniejszych wskaźników jest Singapurski Indeks gotowości firm do wdrożenia inteligentnej produkcji (The Singapore Smart Readiness Index). Został on opracowany na podstawie standardu kompleksowej architektury w Przemysle 4.0 Reference Architectural Model for Industry 4.0 (RAMI 4.0) oraz niemieckiego wskaźnika the Industrie 4.0 Maturity Index opracowanego przez German Academy of Science and Engineering. Model składa się z trzech osi architektonicznych: hierarchia (poziomy organizacji), cykl życia produktu i warstwy funkcjonalne.

Kolejny model to ACATECH – analizuje cztery obszary strukturalne przedsiębiorstwa: zasoby, systemy informacyjne, kulturę organizacyjną oraz strukturę organizacyjną. Każde przedsiębiorstwo może strategicznie zdecydować, który etap dojrzałości reprezentuje najlepszą równowagę między kosztami, możliwościami a korzyściami w jego indywidualnych okolicznościach. Model definiuje sześć etapów dojrzałości (komputeryzacja, łączność, widoczność, przejrzystość, przewidywalność, adaptowalność) analizowanych w czterech obszarach strukturalnych przedsiębiorstwa. Jest to najbardziej uznany akademicko model opracowany we współpracy z RWTH Aachen i firmą Infosys (Schuh et al., 2018).

Model Schumachera składa się z następujących obszarów: strategia, przywództwo, klienci, produkty, procesy, kultura, ludzie, wsparcie państwa, technologia (Schumacher et al., 2016). Jest to model empiryczny obejmujący 9 wymiarów i 62 pozycji oceny dojrzałości Przemysłu 4.0. Wykorzystuje pięciostopniową skalę dojrzałości z naciskiem na aspekty organizacyjne, które były zaniedbywane w innych modelach technologicznych.

Model IMPULS został opracowany przez Fundację IMPULS Niemieckiej Federacji Inżynierii (VDMA) we współpracy z IW Consult i Instytutem Zarządzania Przemysłowego FIR na RWTH Aachen. Składa się z sześciu kluczowych wymiarów i sześciu poziomów gotowości (0-5). Główne obszary to: strategia, IT, infrastruktura, organizacja, ekosystem, procesy, zarządzanie danymi (Lichtblau et al., 2015).

Model SIRI został opracowany przez Singapore Economic Development Board we współpracy z McKinsey Company, obecnie globalny standard Przemysłu 4.0 rekomendowany przez World Economic Forum. Struktura oparta na trzech wymiarach i ośmiu filarach ocenianych w pięciostopniowej skali. Główne obszary to: procesy, technologia, organizacja (INCIT, 2025).

Obecnie w opracowaniach znaleźć można wiele innych modeli jak: Deloitte Digital Maturity Model (2025) oceniający holistyczną podróż transformacji cyfrowej przez analizę czterech kluczowych wymiarów z naciskiem na integrację strategii biznesowej z wykorzystaniem technologii, SIMMI 4.0 (System Integration Maturity Model Industry 4.0) czy Construction 4.0 Maturity Model jako przykład modelu stosowanego w konkretnej branży (Jäkel et al., 2024).

W listopadzie 2024 roku Akademia Leona Koźmińskiego oraz firma ASTOR zaprezentowały wyniki raportu TechImpact™ 2024, przeprowadzonego wśród 102 przedsiębiorstw z sektora FMCG. Raport dowodzi, że polskie firmy inwestujące w cyfryzację i automatyzację lepiej kontrolują zyskowność, mają lepszy zwrot na aktywach operacyjnych (ROOA) oraz

nawet o 30% korzystniejszy wskaźnik rotacji zapasów (*Raport TechImpactTM...*, 2024). Badanie zidentyfikowało trzy poziomy dojrzałości technologicznej:

- poziom podstawowy – 47% przedsiębiorstw dopiero rozpoczyna automatyzację,
- poziom średni – częściowa integracja procesów,
- poziom zaawansowany – pełna automatyzacja i cyfryzacja.

Jako główne wnioski należy wymienić, że tylko 30% firm w pełni korzysta z systemów MES (Manufacturing Execution System) do zarządzania produkcją, jedynie 3% firm stosuje algorytmy sztucznej inteligencji, a zaawansowanie cyfrowe wyraźnie koreluje z poprawą kluczowych wskaźników finansowych. Kolejne działania w zakresie wdrażania modeli i narzędzi badania dojrzałości technologicznej są prowadzone przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP), która uruchomiła w marcu 2025 roku platformę 4digital, dedykowaną wspieraniu cyfryzacji polskich przedsiębiorstw. Portal udostępnia skaner ADMA (Advanced Digital Maturity Assessment), który analizuje siedem kluczowych obszarów: zaawansowane technologie produkcyjne, cyfryzacja, ekologia, inteligentna produkcja oraz inne wymiary dojrzałości cyfrowej. Narzędzie to umożliwia przedsiębiorstwom (w szczególności MŚP) przeprowadzenie samodzielnej oceny poziomu cyfryzacji, określenie priorytetowych obszarów wymagających interwencji oraz monitorowanie postępów transformacji (PARP, 2025).

Następnym obszarem podejścia przedmiotowego do zwiększania wydajności działań i kontynuacja zagadnienia modeli biznesowych są nowe rodzaje usług dla klientów. Systemy zarządzania relacjami z klientami Customer Relationship Management (CRM) i Enterprise Resource Planning (ERP) zyskają owe znaczenie, ponieważ ich zadaniem będzie wsparcie nowych funkcjonalności (Ranjan et al., 2016; Roblek et al., 2016). Głównym celem nowego CRM jest zapewnianie klientowi obsługi w czasie rzeczywistym, np. promocja marketingowa *just-in-time*, wycena na żądanie itp. Natomiast celem nowych systemów ERP będzie szczegółowe odczytywanie i przechowywanie danych o czynnościach związanych z podstawowymi procesami biznesowymi dotyczące jakości, energii, czasu itp. Celem tych działań będzie dalsze stosowanie analizy predykcyjnej oraz optymalizacji poziomu zasobów. Złożone systemy, takie jak ERP rozwijają się z systemów informatycznych obsługujących procesy w zakresie zaawansowanych systemów informacyjnych (Ouadoud et al., 2017). Nowe rodzaje usług bazują na rozwiązaniach wykorzystujących inteligentne produkty.

Trzecim obszarem podejścia przedmiotowego jest inteligentny produkt. Klient w czasach czwartej rewolucji przemysłowej chce nie tylko zobaczyć efekt końcowy, ale otrzymywać informację zwrotną o postępie procesu w czasie rzeczywistym. Stąd też inteligentne produkty

są wyposażone w czujniki, aby uwidocznąć klientowi cały proces produkcyjny i logistyczny (Halaška & Šperka, 2020, s. 318). Inteligentny produkt umożliwia również wykonywanie obliczeń, przechowywanie danych czy wchodzenie w interakcje z otoczeniem, np. urządzenia kontrolujące funkcje zdrowia w czasie rzeczywistym (Miche et al., 2009, s. 21; Schmidt et al., 2015, s. 1–4). Inteligentne produkty są ściśle związane z poziomem zaawansowania technologicznego fabryki, w której są wytwarzane, zwanej podobnie inteligentną.

Ostatni, ale równie ważny obszar podejścia przedmiotowego to inteligentna fabryka. Jest to połączenie różnych źródeł produkcji z automatyczną komunikacją, wymianą danych, przejściem od centralizacji do decentralizacji procesów (Halaška & Šperka, 2020, s. 317). Według Weyera i in. (2015) kompatybilność technologii automatyzacji jest kluczowym czynnikiem w układzie modułowym inteligentnych fabryk. Modułowe podejście do produkcji pozwala osiągnąć: większą elastyczność produkcji, personalizację, serwityzację usług dla klienta w trakcie procesu sprzedaży i po nim. Do technologii wspomagających inteligentną produkcję należą: systemy (zdalnej) identyfikacji radiowej (RFID) i systemy lokalizacji czasu rzeczywistego (RTLS), które służą optymalizacji produkcji i zarządzaniu wieloma wersjami produktu, dzięki czemu uzyskiwana jest większa elastyczność linii montażowych (Salkin et al., 2018, s. 14). Autorka zauważa potrzebę uzupełnienia charakterystyki inteligentnej fabryki zaproponowanej przez Halaška i Šperka o cztery archetypy fabryki przyszłości opracowane przez Gracela (2018, s. 9–21) zebrane na rys. 1.2.



Rys. 1.1. Archetypy fabryki przyszłości

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Gracel, 2018, s. 9–21).

Inteligentna zautomatyzowana i zrobotyzowana fabryka charakteryzuje się wysokim wolumenem produkcji oraz niskimi kosztami wytworzenia uzyskanymi za pomocą wysokiego poziomu automatyzacji. W fabryce znajdują się dedykowane zautomatyzowane linie produkcyjne, które mają wspólny moduł konfekcjonowania. Archetyp znajduje zastosowanie np. w branży spożywczej ponieważ, umożliwia współpracę z wieloma sieciami dystrybucji. Następnym archetypem jest cyfrowa masowa indywidualizacja w fabryce. Odznacza się produkcją średnich lub dużych wolumenów o wysokiej indywidualizacji, krótkich seriach produkcyjnych, częstymi przebrojeniami, a także organizacją produkcji w formie linii produkcyjnych. Kolejno wyróżnia się mobilną modułową fabrykę, która umożliwia łatwy montaż poszczególnych elementów, elastyczność w przenoszeniu w zależności od dostępności surowca czy rynku docelowego, np. system produkcji palet tekturowych w IKEA. Ostatnim z wymienianych archetypów jest produkcja ręczna z wykorzystaniem cyfryzacji. Znajduje zastosowanie w niszy rynkowej, a w szczególności produkcji towarów luksusowych, gdzie praca wykonywana jest ręcznie przez najwyższej klasy specjalistów. W zakresie prac znajduje się wykorzystanie nowoczesnych technologii obróbki czy malowania. Przykładowym produktem w ramach produkcji ręcznej są np. auta luksusowe jak Bentley, Ferrari. Powyżej opisane charakterystyki odnoszą do cech odróżniających poszczególne rodzaje. Mają one również cechy wspólne jak np. priorytetem jest rozwój kompetencji managerów, stosowanie programów ciągłego doskonalenia, cyfrowy przepływ informacji, stosowanie ustandaryzowanych procedur w obszarze cyberbezpieczeństwa.

Wskaźniki i strategie pomiaru transformacji cyfrowej

Przedsiębiorstwa w czwartej rewolucji cyfrowej współpracują nie tylko w zakresie wewnętrznych procesów czy kontaktu z klientem w czasie rzeczywistym. Do zwiększania swojej wartości i przewagi konkurencyjnej potrzebne jest im środowisko rozwoju, które zapewnić może w dużej mierze polityka państwa.

Strategie wdrażania zmian związanych z koncepcją Przemysłu 4.0 są tworzone przez następujące rodzaje organizacji m.in. (Sokołowski & Markowska, 2021, s. 6):

- kraje, np. USA (program *Advanced Manufacturing Partnership*), Niemcy (*High-Tech Strategy 2020*), Francja (*La Nouvelle France Industrielle*), Wielka Brytania (*Future of Manufacturing*), Korea Południowa (*Innovation in Manufacturing 3.0*), Chiny (*Made in China 2025*), Japonia (*5th Science and Technology Basic Plan*), Singapur (*Research, Innovation and Enterprise 2020 Plan*),
- firmy, np. Intel (*Industrial Internet Consortium IIC*), Siemens, Mitsubishi Electric, Emerson Electric (*IoT and CPS project*), ABB,

- instytucje, np. Komisja Europejska (*Factories of the Future – FoF*).

W kształtowaniu transformacji cyfrowej kluczową rolę odgrywa nie tylko przedsiębiorstwo, ale również państwo. Jego rola polega m.in. na budowaniu środowiska sprzyjającego rozwojowi strategii cyfryzacji, zapewnieniu odpowiedniej edukacji dostosowanej do potrzeb rynku pracy czy opracowaniu legislacji zapewniającej prosperowanie poszczególnych organizacji. Obecną sytuację polskich przedsiębiorstw można określić za pomocą wybranych wskaźników cyfryzacji odnoszących się do krajów wspólnoty europejskiej oraz mających zasięg ogólnosiwiatowy. Przykładowymi wskaźnikami są: Digital Decade Country Report (zastępujący DESI), European Innovation Scoreboard (EIS), Global Innovation Index (GII) oraz gęstość robotyzacji według IFR.

Digital Decade Country Report 2024 jest obecnie głównym narzędziem Komisji Europejskiej do monitorowania postępów państw członkowskich w realizacji celów Cyfrowej Dekady do 2030 roku, zastępując dotychczasowy indeks DESI (European Commission, 2024). Według raportu z lipca 2024 roku, Polska wykazuje znaczące postępy m.in. w obszarze cyfryzacji MŚP (tempo wzrostu polskich start-upów jest 6-krotnie wyższe niż średnia UE). Jednocześnie raport identyfikuje istotne wyzwania: jedynie 44,3% Polaków posiada przynajmniej podstawowe umiejętności cyfrowe (w porównaniu do średniej UE wynoszącej 55,6%). W zakresie adopcji zaawansowanych technologii, tylko 3,7% polskich przedsiębiorstw wdrożyło rozwiązania z zakresu sztucznej inteligencji (średnia UE to 8%), a 19,3% wykorzystuje zaawansowaną analitykę danych (średnia UE to 33,2%).

Według European Innovation Scoreboard 2024, Polska zajmuje 40. miejsce wśród 133 gospodarek ocenianych w Global Innovation Index, wykazując lepsze wyniki w zakresie efektów innowacji (38. miejsce) niż w nakładach innowacyjnych (45. miejsce). W ramach klasyfikacji europejskiej Polska plasuje się na 25. miejscu spośród 39 krajów europejskich. Raport EIS 2024 wskazuje, że między 2017 a 2024 rokiem wydajność innowacyjna UE wzrosła o 10%, co stanowi istotny postęp, jednak Polska nadal pozostaje w grupie krajów o umiarkowanej wydajności innowacyjnej (European Commission, 2024).

Kluczowym wskaźnikiem zaawansowania Przemysłu 4.0 jest gęstość robotyzacji, mierzona liczbą robotów przemysłowych na 10 000 pracowników sektora produkcyjnego. Według danych International Federation of Robotics (IFR) za rok 2024, Polska zainstalowała 2344 nowe roboty przemysłowe, co stanowi spadek o 13% w porównaniu do roku poprzedniego i trzeci kolejny rok spadku po rekordowym 2021 roku (3532 roboty). Mimo tego Polska pozostaje największym rynkiem robotyki w Europie Środkowo-Wschodniej, zajmując 20. miejsce

w rankingu globalnym i 8. miejsce w Europie, wyprzedzając Holandię, Czechy, Austrię i Danię (Plastech.biz, 2025). Gęstość robotyzacji w Polsce wynosi 81 robotów na 10 000 pracowników w sektorze produkcyjnym (w tym 247 w branży motoryzacyjnej i 62 w innych przemysłach), co pozostaje znacznie poniżej średniej globalnej wynoszącej 177 robotów, średniej azjatyckiej (204) oraz średniej europejskiej (148).

Jeśli chodzi o genezę wdrożenia strategii związanych z cyfryzacją w Polsce to w 2018 r. ówczesne Ministerstwo Cyfryzacji opublikowało strategię gospodarki opartej o dane. Koncepcja została nazwana Przemysł+. Cele są w trakcie realizacji. Głównymi celami strategii są:

- zwiększenie szans na prowadzenie autonomicznej polityki gospodarczej nastawionej na rozwój współpracy zagranicznej,
- zagwarantowanie wzrostu konkurencyjności za pomocą technologii cyfrowych,
- zapewnienie poprawy jakości życia poprzez stworzenie korzystnego rynku pracy zorientowanego na człowieka.

Kolejnym znaczącym krokiem w rozwoju transformacji cyfrowej w Polsce było nadanie statutu Fundacji Platforma Przemysłu Przyszłości na mocy Zarządzenia Nr 11 Ministra Przedsiębiorczości i Technologii z dnia 8 kwietnia 2019 r. Głównym celem utworzenia fundacji było podnoszenie kompetencji i konkurencyjności przedsiębiorstw działających na terenie Polski. Od stycznia 2025 r. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP) przejęła zadania Fundacji Platforma Przemysłu Przyszłości. PARP kontynuuje realizację projektów wspierających cyfrową transformację przedsiębiorstw, oferując narzędzia oraz wiedzę pomocną we wprowadzaniu nowych technologii i rozwoju umiejętności przyszłości.

Kierunki i ryzyka rozwoju transformacji cyfrowej w przedsiębiorstwach

Uwzględniając wyniki analizy projektu 2017/18 Knowledge Sharing Program with Visegrad Group: Innovation Policy for SMEs in the Era of Industry 4.0 znaczna część polskich przedsiębiorstw sektora MŚP koncentruje się w większym stopniu na szybkich efektach niż długotrwałej perspektywie. Odmiennie prezentuje się sytuacja dużych przedsiębiorstw, które wdrażają kluczowe elementy Przemysłu 4.0 określając długotrwałe efekty. W związku z tym trwają prace nad identyfikacją barier transformacji cyfrowej i dostosowaniem rozwiązań do prowadzenia przedsięwzięć w ramach wdrażania Przemysłu 4.0 (KSM, 2018). Wyróżnić można wiele barier wdrożenia zasad Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach. Należą do nich m.in.: trudność w dostępie do kredytu, brak dostępu do rynku, brak aktualizacji technologii, brak ram politycznych, obawy pracowników przed utratą pracy, brak zrozumienia znaczenia Przemysłu 4.0, brak gotowości siły roboczej (niedostateczne kompetencje) oraz utrzymanie

odpowiedniego poziomu cyberbezpieczeństwa (Khanzode et al., 2021, s. 7). Jedną z obaw organizacji jest aspekt rentowności i niepewności w systemach przetargowych, które mogą znacznie utrudnić firmom wprowadzenie idei Przemysłu 4.0. Następnie jak w przypadku każdej zmiany, może pojawić się opór pracowników przeciw wprowadzeniu nowych technologii. Opór pracowników może wynikać z obaw związanych z utratą pracy lub brakiem umiejętności niezbędnych do wykonywania nowych zadań, szczególnie dotyczy to managerów średniego szczebla. Kolejnym zidentyfikowanym elementem jest brak gotowości sieci do współpracy i integracji technologii na poziomie łańcucha dostaw. Wprowadzenie nowych technologii cyfrowych wymaga także dostosowania standardów i normalizacji (Horvath & Szabo, 2019). W celu prowadzenia i przyjęcia nowych technologii, firmy powinny opracować innowacyjne formy szkolenia, które pomagają skutecznie rozwijać kompetencje pracowników i kierowników w zmieniającym się środowisku. Jednym z czynników ryzyka nieskutecznego zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 może być niewłaściwe dopasowanie kompetencji, stąd należałoby określić ich rolę i sposoby doboru do potrzeb organizacji (Škrinjarić & Domadenik, 2019).

Według wyników badań opracowanych w raporcie *Przemysł 4.0 w Polsce*. Potrzeby przedsiębiorstw w zakresie kompetencji (Młody & Weinert, 2019a) poddane ocenie kompetencje cyfrowe stanowią podstawę skutecznych działań managera w transformacji cyfrowej. Manager ten powinien wykazywać się: wiedzą, umiejętnościami oraz postawami wymaganymi na tym stanowisku. Firmy produkcyjne powinny aktywnie współpracować z uniwersytetami (Ahmad et al., 2018) i innymi organizacjami edukacyjnymi w celu opracowania programów edukacyjnych obejmujących wiele dziedzin, w tym matematyki, inżynierii, programowania oraz analizy i przetwarzania danych (Ríos et al., 2017). Pomimo zidentyfikowanych barier i przeszkód organizacje są coraz bardziej świadome problemów związanych z wdrażaniem rozwiązań transformacji cyfrowej (Młody & Weinert, 2019b). W Polsce powyższa tematyka jest wyzwaniem współczesnych przedsiębiorstw.

Przemysł 4.0 w ramach rozwoju koncepcji, zbierania coraz większej liczby badań oraz wdrożeń zmierza w różnych kierunkach. Aktualnie zaobserwować można rozwój w kierunku koncepcji takich jak:

- strategia organizacyjna,
- roadmap ewolucyjny,
- Production Level 4,
- podejście agentowe,
- Manufacturing X.

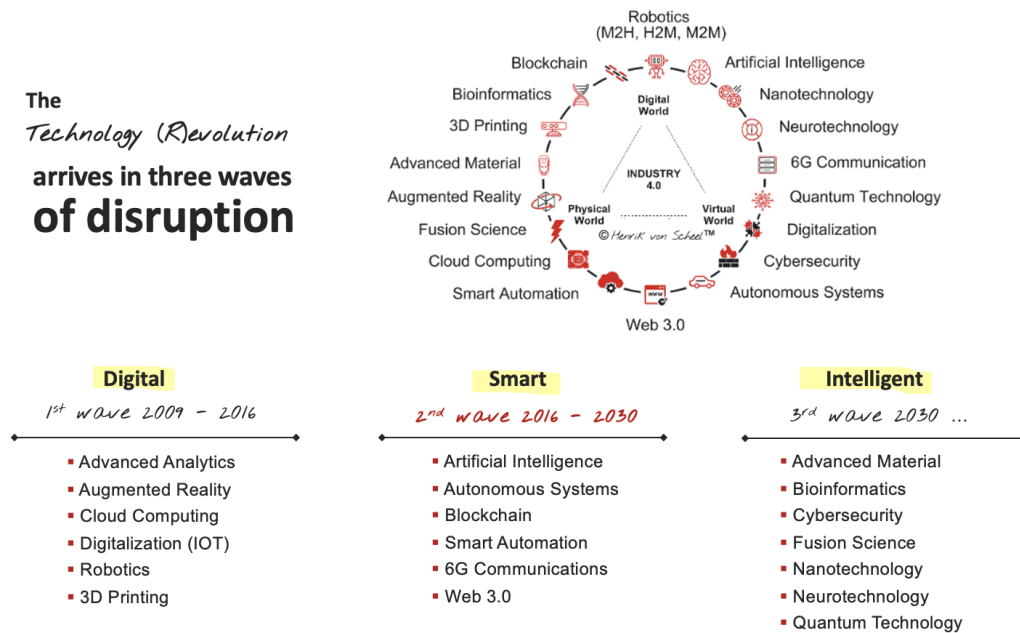
Przedstawienie wybranych koncepcji rozwoju Przemysłu 4.0 należy zbudować w oparciu o wielowymiarową logikę progresji, która uwzględnia trzy kluczowe osie rozwoju: od abstrakcji do konkretyzacji, od wewnątrz organizacji na zewnątrz (od mikro do makro) oraz od teorii do praktyki. Taka struktura pozwala stopniowo budować zrozumienie, przechodząc od fundamentów teoretycznych i strategicznych, przez praktyczne implementacje, aż do wizji ekosystemowej współpracy międzynarodowej.

Strategiczna Perspektywa Organizacyjna stanowi fundamentalne ramy teoretyczne i strategiczne dla zrozumienia Przemysłu 4.0 z perspektywy organizacyjnej. Smuts i współautorzy (2020) przeprowadzili systematyczny przegląd literatury (SLR), identyfikując kluczowe aspekty organizacyjne związane z I4.0, takie jak strategia, innowacja modeli biznesowych, zarządzanie pracownikami, ekosystemy cyfrowe oraz digitalizacja łańcucha wartości. Model stanowi punkt wyjścia teoretyczny, który pokazuje, jak przedsiębiorstwa 4.0 powinny holistycznie podejść do transformacji cyfrowej.

Kolejny badacz, Von Scheel (2021) wyróżnił trzy fale transformacji cyfrowej wraz z technologiami (rys. 1.2) :

- 1. fala (2009-2016) obejmuje: digitalizację, internet rzeczy, zaawansowaną analitykę, przetwarzanie w chmurze, rozszerzoną rzeczywistość, robotykę, druk 3D,
- 2. fala (2016-2030) obejmuje: sztuczną inteligencję, systemy autonomiczne, blockchain, inteligentną automatyzację, komunikację 6G, sieć trzeciej generacji,
- 3. fala (2030-) obejmuje: naukę integracyjną, technologie kwantowe, cyberbezpieczeństwo, neurotechnologię, nanotechnologię, bioinformatykę, zaawansowane materiały.

**The
Technology (R)evolution
arrives in three waves
of disruption**



Rys. 1.2. Trzy fale rewolucji przemysłowej według von Scheela

Źródło: The Fourth Industrial Revolution (2021).

Pierwsza fala koncentrowała się na budowaniu fundamentów cyfrowych – tworzeniu infrastruktury czujników, połączeń i podstawowych systemów analitycznych. Cel biznesowy był jasny: poprawa produktywności, jakości i efektywności oraz lepsze zarządzanie ryzykiem poprzez integrację i automatyzację. Druga fala koncentruje się na wykorzystaniu danych zgromadzonych w fazie 1 do budowania inteligentnych systemów. Trzecia fala reprezentuje pełną cyfryzację i wykorzystanie możliwości Przemysłu 4.0 do wykształcenia prawdziwej przewagi konkurencyjnej. Koncepcja von Scheela stanowi most między wizją strategiczną a wykonaniem operacyjnym, dostarczając organizacjom ramy do systematycznego, stopniowego i wartościowo-zorientowanego podejścia do transformacji Przemysłu 4.0.

Von Scheel (2021) definiuje również czwartą rewolucję przemysłową jako efekt interakcji i wzajemnego przenikania się trzech odrębnych sfer:

- świata cyfrowego obejmującego systemy informatyczne, przetwarzanie danych oraz technologie komunikacyjne,
- świata fizycznego odnoszącego się do rzeczywistych procesów produkcyjnych i obiektów materialnych,
- świata wirtualnego integrującego symulacje, modelowanie i środowiska cyfrowe wspierające procesy decyzyjne.

Interakcja tych trzech sfer tworzy potencjał do bezprecedensowego wzrostu gospodarczego i zwiększenia produktywności. Równocześnie generując wyzwania o charakterze destrukcyjnym, które mogą stanowić jedno z najbardziej krytycznych i przełomowych okresów w historii rozwoju przemysłu i gospodarki.

Kolejnym podejściem jest *agency*. Tłumaczona może być jako: sprawczość, podmiotowość, agencja. Jest to pojęcie pochodzące z socjologii, szczególnie rozwinięte przez Giddensa, które odnosi się do zdolności jednostki do działania autonomicznie, podejmowania decyzji i wpływania na własne życie oraz otoczenie. W kontekście przedsiębiorstwa 4.0 i technologii sztucznej inteligencji, *agency* człowieka można definiować jako zakres i swobodę działania pracownika, obejmujący jego zdolność do podejmowania autonomicznych decyzji, samodzielnego rozwiązywania problemów, kreatywnego działania oraz realnego wpływu na procesy produkcyjne i organizacyjne, przy wsparciu technologii cyfrowych, które rozszerzają ludzkie możliwości, a nie je ograniczają (Bornet, 2024).

Kluczowe komponenty *agency* w środowisku Przemysłu 4.0 (Chatterjee et al., 2019):

- autonomia decyzyjna , czyli zdolność do podejmowania niezależnych decyzji w obszarze swojej odpowiedzialności,
- swoboda działania, czyli możliwość wyboru sposobów realizacji zadań, nie tylko ich mechaniczne wykonywanie,
- wpływ na otoczenie, czyli realna zdolność do zmiany procesów, procedur i systemów,
- refleksyjność, czyli świadome monitorowanie własnych działań i ich konsekwencji,
- możliwość działania inaczej, fundamentalna cecha *agency* według Giddensa, polega na tym, że podmiot zachowuje *agency* tylko wtedy, gdy zachowuje możliwość działania inaczej, niż sugerują struktury.

Pojęcie agencji w obszarze przedsiębiorstwa 4.0 odnosi się coraz częściej z przejściem od automatyzacji (zastępowanie człowieka przez maszyny) do augmentacji (wzmocnienie ludzkich możliwości przy współdziale technologii). Według pracowników firmy Kenerika (Bornet, 2024), augmentacja stanowi alternatywne podejście do rozwoju sztucznej inteligencji, w którym technologia nie zastępuje człowieka, lecz wzmacnia jego kompetencje poprzez łączenie potencjału obliczeniowego sztucznej inteligencji z unikalnymi zdolnościami ludzkimi, takimi jak intuicja, empatia czy myślenie krytyczne.

Production Level 4 to koncepcja opracowana w 2019 roku przez SmartFactory-KL – inicjatywę technologiczną działającą przy Niemieckim Centrum Badań nad Sztuczną Inteligencją (DFKI, 2025) w Kaiserslautern. Stanowi ona aktualizację koncepcji Przemysłu 4.0 i

reprezentuje wizję autonomicznej produkcji przyszłości (SmartFactory-KL, 2020). Nazwa Production Level 4 opiera się na modelu fazowym z branży motoryzacyjnej opracowanym przez Society of Automotive Engineers (SAE), który dzieli etapy rozwoju autonomicznej jazdy na pięć poziomów (od 0 do 5). Poziomy autonomii według SAE J3016:

- poziom 0 – brak automatyzacji jazdy,
- poziom 1 – wspomaganie kierowcy,
- poziom 2 – częściowa automatyzacja jazdy,
- poziom 3 – warunkowa automatyzacja jazdy,
- poziom 4 – wysoka automatyzacja jazdy (pojazd wykonuje wszystkie zadania jazdy w ograniczonej domenie operacyjnej bez wymagania interwencji człowieka),
- poziom 5 – pełna autonomia (całkowita autonomiczna lokomocja bez jakiegokolwiek ingerencji człowieka).

W modelu autonomicznej jazdy poziom 5 oznacza całkowitą autonomię bez udziału człowieka. W koncepcji Production Level 4 świadomie nie dąży się do pełnej autonomii w produkcji (poziom 5). Inteligentna fabryka przyszłości opiera się na poziomie 4, w którym człowiek świadomie znajduje się w centrum produkcji jako osoba podejmująca decyzje i biorąca odpowiedzialność za swoje czyny. Production Level 4 został opracowany jako aktualizacja Przemysłu 4.0 w 2019 roku i oznacza produkcję pomocniczą skoncentrowaną na człowieku (DFKI, 2025).

Najnowszym i najbardziej zaawansowanym trendem w rozwoju przedsiębiorstwa 4.0 jest przejście od transformacji wewnątrzorganizacyjnej do budowania międzynarodowych ekosystemów wymiany danych i współpracy, czego ucieleśnieniem jest inicjatywa Manufacturing-X (2023). Manufacturing-X reprezentuje sfederowaną, zdecentralizowaną przestrzeń danych dla inteligentnej produkcji, opartą na fundamentach europejskiej inicjatywy Gaia-X (2025), która definiuje zasady suwerenności danych, interoperacyjności i współpracy międzysektorowej. W tym modelu pojedyncze przedsiębiorstwo 4.0 nie funkcjonuje jako izolowana *inteligentna fabryka*, ale jako węzeł w globalnej sieci wartości, wymieniający dane z partnerami, dostawcami i klientami przy zachowaniu pełnej kontroli nad swoimi danymi. International Manufacturing-X Council łączy inicjatywy z Niemiec (Plattform Industrie 4.0), Austrii, Holandii, USA (CESMII), Korei Południowej, Japonii i innych krajów, tworząc globalny standard wymiany danych przemysłowych. Manufacturing-X koncentruje się na konkretnych przypadkach użycia o wysokiej wartości biznesowej i społecznej: dekarbonizacji łańcuchów wartości poprzez śledzenie emisji CO₂, cyfrowych paszportach produktów wspierających gospodarkę o

obiegu zamkniętym, transparentności łańcucha dostaw w czasie rzeczywistym oraz efektywnej identyfikacji części i komponentów. Przykładem praktycznej implementacji jest Catena-X – pierwsza otwarta przestrzeń danych dla przemysłu motoryzacyjnego, utworzona przez BMW, Mercedes-Benz, Volkswagen i ponad 150 partnerów, która udowodniła, że konkurenci mogą współpracować w zakresie wymiany danych przy zachowaniu suwerenności i bezpieczeństwa (2025). Manufacturing-X pokazuje, że przyszłość przedsiębiorstwa 4.0 to nie tylko inteligentna fabryka, ale inteligentny ekosystem oparty na zaufaniu, wspólnych standardach i współtworzeniu wartości w sieciach międzynarodowych.

Analiza kluczowych trendów pokazuje, że współczesna koncepcja Przemysłu 4.0 daleko wykracza poza pierwotne ujęcie technologiczne. Jest to wielowymiarowy proces transformacji, który integruje perspektywę strategiczną (holistyczne dopasowanie organizacyjne), temporalną (ewolucja w falach technologicznych), społeczną (koncentracja na człowieku i agencja), teoretyczną (teoria agencji jako fundament) oraz ekosystemową (globalne sieci wymiany danych). Kluczowym przesłaniem tej syntezy jest odrzucenie technologicznego determinizmu i wskazanie na to, że sukces Przemysłu 4.0 zależy nie od samych technologii, ale od sposobu, w jaki ludzie wykorzystują, interpretują i transformują te technologie w ramach strategicznie dopasowanych organizacji współpracujących w globalnych ekosystemach. Przemysł 4.0 przestaje być hasłem pt.: wdrożenie technologii i staje się dalszym etapem transformacji organizacyjnej i społecznej. Ta ewolucja koncepcji zmierza w kierunku do Przemysłu 5.0, w którym wartości humanistyczne i ekologiczne staną się równie ważne jak efektywność operacyjna. Niemniej jednak, w obszarze Przemysłu 4.0 pozostają obszary, które mają luki badawcze, które należy uzupełniać.

Istnieją też ryzyka związane z trendami rozwoju Przemysłu 4.0. Do jednych jest z nich należy według Smutsa (2020) ryzyko rozłamu strategicznego, które polega na braku synchronizacji między strategią cyfrową a strategią biznesową, co może prowadzić do inwestycji technologicznych bez zwrotu i projektów IT oderwanych od celów organizacji. Konsekwencjami mogą być: marnotrawstwo zasobów finansowych i ludzkich, frustracja managerów czy brak wymiernych korzyści biznesowych z transformacji. Kolejne ryzyko wskazał Von Scheel (2021) i jest to zagrożenie polegające na zwiększaniu się luki kompetencyjnej spowodowane tempem zmian technologicznych niewspółmiernym do zdolności organizacji i pracowników do uczenia się. Mapa trzech fal von Scheela pokazuje, że technologie ewoluują wykładniczo – co było aktualne w fazie 1 (2009-2016), stało się przestarzałe w fazie 2 (2016-2025), a tymczasem przemysł wchodzi już w fazę 3 (2025+) z technologiami kwantowymi, neurotechnologią. Może

również wystąpić ryzyko związane z inwestowaniem w technologie Przemysłu 4.0 i łączeniem ich z przestarzałymi systemami ERP, co może prowadzić do narastającej złożoności i kosztów utrzymania, tzw. długu technologicznego (Wolniak & Tomecki, 2024, s. 633). Sukces transformacji wymaga zatem nie tylko inwestycji w technologie, ale przede wszystkim świadomego, refleksyjnego i odpowiedzialnego zarządzania zmianą organizacyjną, kulturową i kompetencyjną, z zachowaniem równowagi między produktywnością, zrównoważonym rozwojem i dobrem człowieka jako centralnego podmiotu transformacji.

1.2. Pojęcie i typologia przedsiębiorstwa w ujęciu klasycznym

Charakterystyka przedsiębiorstwa w ujęciu klasycznym

Przedsiębiorstwo dąży do zaspokojenia potrzeb innych podmiotów życia społecznego przez wytwarzanie produktów lub świadczenie usług. Działania te są motywowane chęcią pozyskania korzyści majątkowych.

Zgodnie z art. 55 Kodeksu cywilnego przedsiębiorstwo jest *zorganizowanym zespołem składników niematerialnych i materialnych przeznaczonym do prowadzenia działalności gospodarczej* (Kodeks cywilny, 1964). Według Kieżuna przedsiębiorstwo to zespół ludzi, który w sposób powtarzalny realizuje cele organizacji. Występuje w nim członek kierowniczy oraz potrzebna aparatura (1998, s. 30). W działalności przedsiębiorstwa jako systemu wyróżnić można następujące elementy istotne dla jego sprawnego funkcjonowania (Kieżun, 1998, s. 34):

- stała wymiana surowców, produktów i usług z innymi organizacjami,
- obustronny charakter relacji w środowisku zewnętrznym,
- formalnie określona struktura organizacyjna,
- stymulowanie rozwoju przedsiębiorstwa przez właściwe działania decyzyjne kadry kierowniczej,
- strategia dopasowana do kontekstu otoczenia przedsiębiorstwa,
- nastawienie na realizację określonego celu i ocenę stopnia realizacji przez otaczające podmioty.

Rozwój koncepcji przedsiębiorstwa ukierunkowany jest rozpoczynając od przedsiębiorstw tradycyjnych, poprzez uczące się, inteligentne, aż do organizacji sieciowych i wirtualnych. Ich rozwój pozwolił na ukształtowanie się przedsiębiorstwa 4.0.

Organizacja ucząca się jest to organizacja która sprawnie działa w zakresie tworzenia, pozyskiwania i przekazywania wiedzy. Potrafi również dostosowywać swoje reakcje do nowej

wiedzy i doświadczeń (Garvin, 1998, s. 51). Przedsiębiorstwo można uznać za organizację uczącą się, gdy (Kudelska, 2013, s. 24):

- ciągle uczy się pozyskiwania nowej wiedzy oraz posiada do tego narzędzie i mechanizmy,
- traktuje nowe działalności jako możliwość do uczenia się,
- uczy się rozpowszechniania nowych procedur, instrukcji, metod i procesów,
- doskonalą swoje procesy,
- reaguje na zjawiska w swoim otoczeniu,
- otwarcie współpracuje z otoczeniem.

Koncepcja organizacji uczącej się jest związana z tworzeniem strategii innowacyjności w przedsiębiorstwie (Penc, 2003, s. 129). Innowacje są efektem uczenia się i podnoszenia poziomu inteligencji.

Kolejnym rodzajem organizacji jest organizacja inteligentna. Jej funkcjonowanie jest wypadkową wielu czynników, podobnie jak w przypadku każdego innego rodzaju organizacji. W celu zdefiniowania czy przedsiębiorstwo można określić mianem inteligentnego należy przeanalizować jego historię, osiągnięcia, pozycję rynkową, współpracę międzynarodową oraz stosowane technologie i wdrożenia organizacyjne, technologiczne czy procesowe. Można również analizować czy przedsiębiorstwo jest inteligentne przez kontekst jego wymiarów inteligencji. Poszczególne wymiary i ich charakterystyka zostały przedstawione w tab. 1.4.

Tab. 1.4. Charakterystyka wymiarów inteligentnego przedsiębiorstwa

Wymiar	Charakterystyka wymiaru inteligentnego przedsiębiorstwa
Informacyjny	Zdolność szybkiego pozyskiwania i sprawnego używania informacji przez pracowników
Marketingowy	Umiejętność zwinnego dopasowania do potrzeb klientów, ciągłego kreowania rynku, znajdowania nowych i utrzymania stałych klientów
Spółeczny	Budowanie sprzyjającego rozwojowi pracowników środowiska pracy, umiejętne delegowanie zadań i uprawnień
Organizacyjny	Zdolność adaptacji do nowych zadań i umiejętnego projektowania stanowisk pracy
Finansowy	Umiejętne zarządzanie środkami pieniężnymi w celu realizacji działań bieżących i inwestycji
Ekologiczny	Troska o ochronę środowiska, zmniejszanie negatywnego wpływu i emisji zanieczyszczeń
Innowacyjny	Poszukiwanie nowych oryginalnych rozwiązań, kreatywność pracowników
Technologiczny	Zastosowanie odpowiednich rozwiązań technologicznych, aby pozyskać wysoką jakość produktów i usług

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Wyskwarski, 2015, s. 161).

Przytoczone definicje odnoszą się do teorii organizacji i zarządzania ze szczególnym uwzględnieniem aspektów gospodarki opartej na innowacji. Koncepcja inteligentnej organizacji stanowi odpowiedź na procesy transformacji zachodzące we współczesnej gospodarce, gdzie wiedza, innowacyjność i zdolność do ciągłego uczenia się stają się kluczowymi czynnikami przewagi konkurencyjnej. Gospodarka oparta na innowacji, będąca fundamentem funkcjonowania inteligentnych przedsiębiorstw, charakteryzuje się kluczową rolą wiedzy jako strategicznego zasobu oraz nastawieniem na systematyczne wdrażanie innowacji we wszystkich obszarach działalności.

Następny rodzaj organizacji istotny w kontekście zrozumienia przedsiębiorstwa czwartej generacji to organizacja sieciowa, czyli taki rodzaj działalności, który bazuje na połączeniu przedsiębiorstw, które nie są powiązane ze sobą kapitałowo. Powiązania oznaczają współpracę najczęściej w postaci umów. Połączone ze sobą w ten sposób jednostki kooperują zgodnie z zasadami rynku (Stabryła & Wawak, 2012). Sieci funkcjonują lokalnie, regionalnie, w skali całego kraju lub międzynarodowo. W przypadku, gdy następuje wzrost wartości i sprzedaży danego dobra dla poszczególnych odbiorców, następuje tzw. efekt sieci, czyli wzrost wartości produktu wraz ze wzrostem liczby użytkowników (Stabryła & Wawak, 2012).

Budowanie przewagi przedsiębiorstwa w konkurencyjnym środowisku

Przedsiębiorstwa poszukując możliwości rozwoju na rynkach międzynarodowych mają do czynienia z procesami globalizacji. Procesy globalizacji odnoszą się do każdej dziedziny funkcjonowania przedsiębiorstwa, łączą gospodarki, społeczeństwa i kultury na całym świecie, umożliwiając swobodniejszy przepływ towarów, usług, informacji i kapitału, a także wpływając na różne aspekty funkcjonowania współczesnych organizacji. Źródeł globalizacji można szukać w zróżnicowanych procesach, których efekty częściowe wpłynęły na rozwój jej czynników (tab. 1.5). Główną determinantą działań globalnych są zmiany w sferze komunikacji i obiegu informacji, a także rozwoju technologii informacyjnych (Jaki, 2012, s. 62).

Tab. 1.5. Źródła globalizacji i jej efekty

Lp.	Źródła globalizacji	Efekty cząstkowe
1.	Procesy deregulacji, deetatyzacji, liberalizacji, prywatyzacji gospodarek	– zwiększenie poziomu konkurencji wewnątrz i zewnątrz – podnoszenie się wymogów dotyczących efektywności gospodarowania
2.	Rosnąca otwartość gospodarek, znoszenie barier celnych	– łatwiejszy dostęp w przepływie kapitału – wzrost mobilności kapitału – wzrost międzynarodowych inwestycji – tworzenie się kooperacji globalnej – powstanie korporacji międzynarodowych – wzrost zakresu wymagań ze strony inwestorów
3.	Zwiększenie częstotliwości procesów fuzji i przejęć	– dominacja inwestorów instytucjonalnych w strukturach własnościowych przedsiębiorstw
4.	Zmiana roli człowieka w działalności przedsiębiorstwa	– zwiększenie znaczenia kapitału intelektualnego – rozwój i wzrost znaczenia zagadnienia zarządzania wiedzą
5.	Rozwój technik i technologii informatycznych	– szybszy dostęp do informacji – większa efektywność łańcucha dostaw
6.	Procesy transformacji gospodarczej	– swoboda oddziaływania mechanizmów rynkowych – rozwój przedsiębiorczości w skali lokalnej i międzynarodowej

Źródło: (Dziura & Kaczmarek, 2003, s. 21–34; Jaki, 2012, s. 61; Penc, 2003, s. 123–138; Wahl & Flejterski, 2003, s. 17–47).

Cele przedsiębiorstwa są powiązane z podejmowanymi decyzjami oraz służą ukierunkowaniu realizowanych działań, a w efekcie ocenie stopnia wykonanych działań i skuteczności zarządzania. Efekty rozwoju przedsiębiorstwa materializują się jako spełnienie oczekiwań poszczególnych grup interesariuszy, np. właścicieli, kierowników, pracowników, banków, konkurentów, lokalnych społeczności oraz państwa. Szczegółowe wybrane cele grup interesów zostały przedstawione w tab. 1.6.

Tab. 1.6. Interesariusze przedsiębiorstwa i ich cele

Rodzaj interesariusza	Cele
Właściciele i ich pełnomocnicy	Maksymalizacja wartości rynkowej przedsiębiorstwa, maksymalizacja dywidendy, maksymalny zwrot z kapitału
Potencjalni inwestorzy	Maksymalny zwrot z inwestycji
Managerowie	Wynagrodzenie, udział w zysku, świadczenia pozapłacowe i niematerialne, prestiż
Pracownicy	Wynagrodzenia, stabilność zatrudnienia, gwarancja zatrudnienia, świadczenia pozapłacowe i niematerialne
Banki (kredytodawcy)	Zwrot pożyczonego kapitału wraz z odsetkami, atrakcyjność inwestycji
Kooperanci	Stale i niedrogie dostawy (odbiorcy), stałe i drogie zakupy (dostawcy), zaspokojenie potrzeb
Konkurenci	Określenie mocnych i słabych stron przedsiębiorstwa w celu skutecznego konkurencji
Samorząd terytorialny	Dochody z podatków i opłat, zapewnianie miejsc pracy
Lokalne społeczności	Tworzenie miejsca pracy, zainteresowanie środowiskiem naturalnym, budowanie perspektywy przyszłości, wspieranie lokalnych wydarzeń
Państwo	Dochody z podatków i opłat, tworzenie miejsca pracy, zapewnienie dobrobytu społecznego

Źródło: (Jaki, 2012, s. 67; Marcinkowska, 2011, s. 19; Wedzki, 2006, s. 13–17).

Przedsiębiorstwo określa sposób realizacji strategii uwzględniając interesy swoje i interesariuszy zewnętrznych. Przedstawione w tab. 1.7 modele przedsiębiorstwa wskazują na szeroki zakres uwarunkowań składających się na ich istotę w zależności od nauki lub dyscypliny (Sudol, 2006, s. 64–72). Sposób funkcjonowania przedsiębiorstwa może oddziaływać na efektywność kreowania jego wartości.

Tab. 1.7. Podstawowe modele przedsiębiorstwa i ich charakterystyka

Model przedsiębiorstwa	Nauka lub dyscyplina opisu	Istota przedsiębiorstwa
Ekonomiczny	Mikroekonomia, teoria przedsiębiorstwa	Byt ekonomiczny przekształcający nakłady w efekty w celu uzyskania dochodu
Finansowy	Finanse przedsiębiorstwa, analiza finansowa przedsiębiorstwa	Podstawą działalności jest kapitał, którego celem jest pomnażanie wartości poprzez inwestowanie
Produkcyjny (technologiczny)	Zarządzanie produkcją, logistyka, nauki techniczne	Przedsiębiorstwo to układ techniczny, który przekształca nakłady, surowce i zasoby w dobra i usługi.
Marketingowy	Marketing	Podmiot rynkowy funkcjonujący w sferze realnej i realizujący cele poprzez interakcje z dostawcami i odbiorcami
Organizacyjny	Nauki o zarządzaniu	Przedsiębiorstwo jeszcze szczególnym przypadkiem organizacji, która do skutecznej realizacji swoich celów wymaga zarządzania
Systemowy	Teoria systemów, cybernetyka	Przedsiębiorstwo to zorganizowana całość będąca systemem ekonomicznym ukierunkowanym na maksymalizację korzyści pochodzących z oddziaływania efektu synergii
Prawny	Nauki prawne	Przedsiębiorstwo to podmiot praw i obowiązków, którego ustroj jest implikowany przez obowiązujące ustawodawstwo, dzieli się na formy prawne i typy własności
Behawioralny (socjopsychologiczny)	Socjologia organizacji, zachowania organizacyjne	Przedsiębiorstwo jest to system społeczny, którego podstawowym zasobem są pracownicy, którzy umożliwiają użycie zasobów rzeczowych, niematerialnych i finansowych
Etyczny (etyczno-kulturowy)	Etyka biznesu	Przedsiębiorstwo to podmiot, który funkcjonuje bazując na obowiązujących w danym społeczeństwie normach moralnych etycznych i kulturowych, które oddziałują na relacje między przedsiębiorstwem a interesariuszami

Źródło: (Gruszecki, 2003, s. 33–37; Jaki, 2012, s. 76–77; Noga, 2011, s. 121–127; Sudol, 2006, s. 34).

Główną determinantą skuteczności strategii przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstw klasycznych jest optymalizacja działań w obszarach procesów produkcyjnych, marketingu, prac badawczych oraz procesów inwestycyjnych za pomocą stosowania kooperacji z poszczególnymi uczestnikami rynku. Poszczególni uczestnicy rynku poprzez współpracę osiągają wzrost wartości organizacji. Rozwój przedsiębiorstw może odbywać się w charakterze

innowacji lub restrukturyzacji zasobów organizacyjnych (Bartkowiak & Niewiadomski, 2012, s. 51–52). Jednym z modeli konkurencji jest model pięciu sił Portera. Do sił, do których należą (Porter, 1992, s. 21–46):

- groźba wejścia – na rynku zawsze mogą pojawić się nowi konkurenci, przedsiębiorstwa podejmują próby zapobiegania temu poprzez ustawienie wysokich barier wejścia,
- wzrost rywalizacji między konkurentami, czyli określony układ sił między poszczególnymi konkurentami, dążenie do równowagi układu,
- siła przetargowa dostawców, czyli im większa jest specjalizacja produktu czy usługi, tym trudniej jest z nimi konkurować,
- siła przetargowa nabywców, czyli wypadkowa podaży i popytu, gdzie gdy podaż przewyższa popyt jest to rynek klienta, a gdy popyt przewyższa podaż - rynek producenta,
- groźba substytucji, czyli zagrożenie zastąpienia przez produkty i usługi substytucyjne.

Model pięciu sił Portera pozostaje uniwersalny w zmieniającej się gospodarce, jednak w związku z postępem technologicznych zmieniają się narzędzia budowania przewagi konkurencyjnej (Czapla, 2020, s. 51).

1.3. Istota i wyróżniki przedsiębiorstwa 4.0

Koncepcja inteligentnego rozwoju została usankcjonowana w Unii Europejskiej w 2010 r. Traktatem Lizbońskim. W związku z tym w Polsce realizowany jest m.in. Program Operacyjny Inteligentny Rozwój (POIR) oraz Strategia Innowacyjności i Efektywności Gospodarki na lata 2011-2020 (SIEG) *Dynamiczna Polska* przygotowana przez Ministerstwo Gospodarki w 2011 r. W gospodarce opartej na rozwoju głównymi kierunkami są: prowadzenie badań naukowych, realizacja badań B+R przez przedsiębiorstwa, rozwijanie nowych technologii i produktów, rozwój sektora MŚP. Inteligentny rozwój gospodarki odbywa się głównie w obszarze przemysłu. Stąd też coraz większe znaczenie zyskują transformacja cyfrowa i koncepcja Przemysłu 4.0.

Strategia inteligentnego rozwoju odnosi się do organizacji strumienia wartości w całym cyklu życia produktów. Wykorzystywane są wielowymiarowe instrumenty państwowe, poprzez które dany kraj (także przedsiębiorstwa) podnosi swoją pozycję w globalnym łańcuchu wartości dodanej (Mączyńska & Okoń-Horodyńska, 2020, s. 11). Rola państwa sprowadza się do dwu zadań: zwalczania zawodności rynku blokujących potencjał rozwoju innowacyjności (Banse et al., 2019, s. 50–56, 110–118) oraz opracowania polityki proinnowacyjnej zachęcającej do inwestowania i rozwoju projektów transformacji przemysłu (Okoń-Horodyńska 2018).

Stan realizacji założeń koncepcji Przemysłu 4.0 w Polsce zaobserwować można poprzez wskaźniki takie jak: wskaźnik gęstości robotyzacji czy indeksu wskazującego na poziom ucyfrowienia gospodarki i społeczeństwa. Wskaźniki te związane są z automatyzacją, która jest charakterystyczna dla trzeciej rewolucji przemysłowej, jednak w koncepcji Przemysłu 4.0 jej znaczenie wzrasta. Zautomatyzowane systemy produkcji są wyposażone dodatkowo w łącza sieciowe. Połączenie w sieć wszystkich elementów systemu prowadzi do tworzenia cyberfizycznych systemów produkcji, inteligentnych fabryk oraz mobilności urządzeń. Najbardziej popularnymi rozwiązaniami innowacyjnymi są inteligentne algorytmy czy materiały i technologie znajdujące się w produktach. Opracowanie tego typu rozwiązań wymaga zatrudniania wykwalifikowanej kadry oraz odmiennych niż dotychczas form zarządzania (Kreuter & Wagner, 2003, s. 28). Obecnie klient kupuje nie tylko produkt, ale także wartości materialne i niematerialne związane z produktem. W takim układzie szczególne znaczenie odgrywa paradygmat informacyjno-technologiczny. Wynika to z zastosowania różnego rodzaju technologii informacyjno-komunikacyjnych, internetu rzeczy czy usług, chmur obliczeniowych, wirtualnej rzeczywistości oraz technologii mobilnych. Przedsiębiorstwa otwarte są na współpracę w ramach sieci z szerokim gronem interesariuszy w całym łańcuchu dostaw (Castells, 2008). Według Castellsa głównymi cechami tego paradygmatu są: informacja jako *surowiec* dla technologii, wszechobecność nowych technologii, elastyczność, sieciowość, technologie działające w ramach zintegrowanych systemów.

Paradygmat informacyjno-technologiczny silnie koresponduje z paradygmatem współczesnego zarządzania przedsiębiorstwem. Jamali sprecyzował szereg zasad zarządzania w warunkach funkcjonowania współczesnych organizacji (2005, s. 109), które wchodzi w skład paradygmatu współczesnego zarządzania przedsiębiorstwem. Pierwsza zasada wskazuje na to, że przewaga konkurencyjna może być budowana za pomocą jakości oferowanych produktów i usług oraz integracji portfela rozwiązań technologicznych. Kolejną zasadą jest szybkie reagowanie na zmiany powstające w otoczeniu i potrzeby klientów. Należy też utrzymywać wysoki poziom elastyczności w komunikowaniu się i działaniu. Nowe inteligentne rozwiązania są również możliwe przez tworzenie wielofunkcyjnych i interdyscyplinarnych zespołów, w których pomysły generowane są dzięki kreatywności oraz entuzjazzmowi pracowników. Ponadto pracownicy traktowani są nie jako zasób, a jako kluczowy kapitał ze zdolnością do szybkiego reagowania na innowacje (Moczydłowska, 2015, s. 27–36). Potrzebni są coraz bardziej wykwalifikowani kierownicy, ale także pracownicy, którzy często mają styczność z nowoczesnymi technologiami. Dynamicznie zmieniają się potrzeby przedsiębiorstw stąd wymagane jest

ciągłe uczenie się organizacji. Nie każdy pracownik jest w stanie ciągle podnosić swoje kwalifikacje i rozwój, co implikuje wzrost fluktuacji kadr. W związku z tym zmieniają się potrzeby działań motywacyjnych, budowania lojalności oraz zaangażowania w rozwój organizacji.

Najnowszym kierunkiem zmian w gospodarce opartej na inteligentnym rozwoju jest paradygmat Przemysłu 4.0. Zawiera on określone zasady działania (Hermann et al., 2015), do których należą: interoperacyjność pracowników, systemów cyberfizycznych i infrastruktury produkcyjnej, wizualizacja poprzez wirtualną rzeczywistość, decentralizacja procesów i struktur, działanie w czasie rzeczywistym, orientacja na usługi, modularność procesów czy samokontrola sieci (inteligentna sieć). Głównym zamierzeniem koncepcji Przemysłu 4.0 jest przyspieszenie procesów automatyzacji, robotyzacji, inteligentnych rozwiązań, co prowadzi do rozwoju przedsiębiorstw. Odnosząc się do szerszego kontekstu zagadnienia czwartej rewolucji przemysłowej, główne kierunki oceny i rozwoju przedsiębiorstw skupione są na badaniu modeli dojrzałości i ram funkcjonowania systemów informatycznych (Leyh et al., 2016). Duże znaczenie zyskuje znalezienie powiązań między środowiskiem funkcjonowania przedsiębiorstwa a jego kompatybilnością z systemami informatycznymi (Zarte et al., 2016). Integracja działalności biznesowej z nowoczesnymi technologiami jest wyzwaniem dla przedsiębiorstw czwartej generacji.

W związku z popularyzacją Przemysłu 4.0, wprowadzaniem nowych technologii, automatyzacji i robotyzacji pracy, oraz zmianą podejścia do zarządzania i struktur organizacyjnych coraz częściej pojawia się termin odpowiedzialnego biznesu 4.0 oraz przedsiębiorstwa 4.0 (Deloitte, 2018). Występuje wiele jednoznacznych interpretacji definicji przedsiębiorstwa 4.0 w literaturze zagranicznej i polskiej bazujących na istocie organizacji uczącej się oraz inteligentnej (Łobaziewicz et al., 2019, s. 37–51). W tab. 1.8 zostały zgromadzone definicje przedsiębiorstwa 4.0 oraz definicji, na których bazuje.

Tab. 1.8. Klasyfikacja definicji przedsiębiorstwa 4.0 według systemowego punktu widzenia

Systemowy punkt widzenia	Obszar badacza	Autor	Rodzaj organizacji	Definicja
społeczny, psychologiczny	nauka	Senge	organizacja ucząca się	ludzie stale doskonalią możliwości osiągania pożądanych wyników, w których powstają wzorce otwartego myślenia, swobodnie rozwijają się aspiracje zespołowe, a ludzie stale się uczą jak się uczyć.
społeczny	nauka	Garvin	organizacja ucząca się	wykazuje zdolność do tworzenia, przyswajania, interpretacji, transferu oraz zapamiętywania wiedzy. Organizacja celowo zmienia sposób postępowania dostosowując go do nowo zdobytej wiedzy.
społeczny	nauka	Campbell, King	organizacja ucząca się	tworzy i przekształca wiedzę przez co jej zachowania i poglądy są na bieżąco modyfikowane, a także modyfikowane są organizacyjne rezultaty jej działania.
społeczny	nauka	Saint Onge	organizacja ucząca się	jest zdolna do wychwytywania efektów uczenia się w różnych jej obszarach oraz włączania ich w organizacyjną bazę wiedzy, która jest wykorzystywana dla tworzenia nowych zdolności.
społeczny	nauka	Bogdanienko	organizacja ucząca się	podkreśla wagę organizacyjnego uczenia się poprzez doświadczanie i udoskonalanie dotychczasowych sposobów działania organizacji względem tych doświadczeń.
społeczny, psychologiczny	nauka	Chrostowski	organizacja ucząca się	jest fundamentem rozwoju kluczowych kompetencji przedsiębiorstwa, wzmacniających jej przewagę konkurencyjną i związanych z budowaniem przyszłej strategii, z pełną świadomością wykorzystuje procesy uczenia się do ciągłego rozwiązywania problemów oraz podnoszenia efektywności zarządzania.
społeczny	nauka	Friedman, G. Pinchot&E. Pinchot, Stewart, Wiig	inteligentne przedsiębiorstwo	podmiot skutecznie działający w obecnych warunkach gospodarczych przy równoczesnej zdolności do efektywnego podejmowania przyszłych wyzwań.
techniczno-ekonomiczny	nauka	Quinn	inteligentne przedsiębiorstwo	podmiot konwertujący zasoby intelektualne na łańcuch wartości użyteczny dla klientów docelowych.
techniczno-ekonomiczny	nauka	Ming, Feng, Hopkins, Lavallo, Balboni, Kruschwitz, Shokley, Dayani, Stubbs, Tan, Cao	inteligentne przedsiębiorstwo	podmiot używający technologie nastawione na wiedzę, pracujący w trybie on-line, ciągle zwiększający efektywność procesów biznesowych w kontekście budowania przewagi konkurencyjnej.
społeczny	nauka	Dayal	inteligentne przedsiębiorstwo	organizacja charakteryzująca się szybkim przystosowaniem do zmian. Obserwująca procesy

				biznesowe oraz wszelkie interakcje z interesariuszami.
społeczny	nauka	Thannhuber	inteligentne przedsiębiorstwo	podmiot osiągający wysoki poziom działalności biznesowej przez optymalizację równowagi sił. Potrafi przetwarzać dużą ilość informacji pochodzących z różnych źródeł, utrzymując przy tym wysoki oczekiwany poziom jakości i skuteczności.
społeczny	nauka	Brett	inteligentne przedsiębiorstwo	organizacja, która nie tylko adaptuje się do zmian, ale także aktywnie kształtuje otoczenie wokół siebie.
psychologiczny	nauka	Christensen	inteligentne przedsiębiorstwo	jednostka interaktywna posiadająca zdolność do oduczania się nieaktualnych zachowań i nawyków.
społeczny	nauka	Nonaka, Takeuchi	inteligentne przedsiębiorstwo	organizacja, która bazuje w dużej mierze nie na działaniach badawczo-rozwojowych, a na potencjale pracowników - ich sposobie zachowania, generowania pomysłów oraz kulturze organizacyjnej
społeczny	nauka	Hamel, Prahalad	inteligentne przedsiębiorstwo	organizacja realizująca ciągły proces uczenia składający się z obserwacji wewnętrznego i zewnętrznego otoczenia oraz wchodzenia z nim w interakcje przez podejmowanie decyzji i korygowanie zachowań organizacyjnych
społeczny	nauka	Deiser	inteligentne przedsiębiorstwo	organizacja pozwalająca pracownikom na autonomię pracy w ramach ich kompetencji przy ograniczonej kontroli przełożonych
społeczny/techniczno-ekonomiczny	nauka	Choo	inteligentne przedsiębiorstwo	podmiot łączący dwa fundamenty działania: racjonalny rachunek ekonomiczny oraz uczenia się przez doświadczenie.
techniczno-ekonomiczny	nauka	Dexiong, Xiang	inteligentne przedsiębiorstwo	rodzaj organizacji zwinnej działającej w wysoce zmiennym biznesowym ekosystemie zarządzania. Ma zdolność do automatyzacji, konfiguracji i optymalizacji procesów.
społeczny	nauka	Mikuła	inteligentne przedsiębiorstwo	system wielopłaszczyznowo powiązanych podsystemów łączących aspekty zarządzania, kapitału intelektualnego, zasobów rzeczowych i finansowych, wchodzących ze sobą w interakcje.
społeczny	nauka	Niemczyk	inteligentne przedsiębiorstwo	organizacja inteligentna różni się od uczącej się, ponieważ potrafi poprzez wykorzystanie wiedzy, doświadczenia, stawiania na rozwój i potencjał ludzki rozumie swoje otoczenie lepiej niż inni uczestnicy rynku.
społeczny	nauka	Romanowska	inteligentne przedsiębiorstwo	podmiot nazywany jest inteligentnym innowatorem, którego kluczowym czynnikiem powodzenia jest właściwe wykorzystanie i zarządzanie wiedzą tak, aby szybko

				przystosowywać się , a nawet wyprzedzać zmiany. Zasoby intelektualne przedsiębiorstwa są trudne do skopiowania.
społeczny/techniczno-ekonomiczny	nauka	Łobaziewicz	inteligentne przedsiębiorstwo	organizacja będąca udoskonaloną wersją organizacji uczącej się, posiadająca zdolność do przewidywania przyszłości poprzez kreowanie zmian zamiast ich adaptowanie. Mądrze wykorzystuje nowoczesne, inteligentne technologie. Istotna jest dla niej wiedza o zasobach materialnych i niematerialnych i jej przełożenie na kulturę i potencjał organizacyjny.
techniczno-ekonomiczny	consulting	Accenture Technology	inteligentne przedsiębiorstwo	podmiot zdolny do zarządzania ogromnymi ilościami danych, wykorzystujący inteligentne systemy informatyczne nowej generacji.
techniczno-ekonomiczny	consulting	Światowe Forum Ekonomiczne	inteligentne przedsiębiorstwo	podmiot tworzony w oparciu o inteligentne maszyny i technologie informatyczne, które umożliwiają przekształcenie Big Data w Smart Data. W ten sposób mogą osiągać wyższy poziom skuteczności zarządzania i innowacyjności niż inne podmioty rynkowe.
techniczno-ekonomiczny	biznes	Koncern IBM	inteligentne przedsiębiorstwo	organizacja posiadająca wysokie zdolności analityczne i myślenia zespołowego potrzebne do podejmowania niezbędnych decyzji na podstawie danych wewnętrznych i zewnętrznych. Dostęp do informacji pochodzi z rozproszonych źródeł.
techniczno-ekonomiczny	consulting	TECH	inteligentne przedsiębiorstwo	organizacje wspomagające podejmowanie decyzji Internetem Rzeczy, technologią chmury, mobilnością. Zasoby fizyczne przyjmują formę cyfrową i są wyposażone w inteligentne algorytmy. Umożliwia to sprawniejsze działanie.
techniczno-ekonomiczny	biznes	The Global State of Intelligent Enterprise	inteligentne przedsiębiorstwo	organizacja wdrażająca najnowsze rozwiązania technologiczne takie jak sztuczna inteligencja, inteligentna automatyka, analizy predyktoryjne czy uczenie maszynowe.
społeczny	nauka	Dumitrache, Caramihai, Stanescu	cyberinteligentne przedsiębiorstwo	organizacja bazująca na architekturze cyber-fizycznego systemu, w której integracja urządzeń i biznesów biznesowych prowadzi do wzrostu zwinności w środowisku
społeczny	consulting	Deloitte	przedsiębiorstwo 4.0	organizacja, której celem jest nie tylko wypracowanie zysku, ale także uwzględnienie w swoim łańcuchu wartości dobrych relacji z interesariuszami wewnętrznymi (pracownikami) i zewnętrznymi tj. klientami, organizacjami państwowymi,

				agencjami pracy i reklamy czy uczelniami.
społeczny/techniczno-ekonomiczny	nauka	Moreira, Ferreira, Serucab	przedsiębiorstwo 4.0	organizacja, która kładzie nacisk na tworzenie wartości dla ekosystemu organizacyjnego. Odgrywa rolę w promowaniu kultury uczenia się przez całe życie, współpracy i innowacji w celu osiągnięcia jej strategicznych celów. Model identyfikuje i przedstawia relacje i interakcje między pracownikami, technologią i narzędziami, strategią biznesową i procesami biznesowymi.
społeczny	nauka	Tirabeni, De Bernardi	przedsiębiorstwo 4.0	organizacja charakteryzująca się modelami biznesowymi skoncentrowanymi na usługach, zintegrowanej sieci współpracy, otwartą kulturą i strukturą organizacyjną. Wykorzystywane są zwinne i partycypacyjne style zarządzania. Pracownicy szkoleni są oraz działają przy wsparciu nowoczesnych technologii.
społeczno-techniczno-ekonomiczny	nauka	Kagermann, Wähler, Helbig	przedsiębiorstwo 4.0	obejmuje techniczną integrację systemów cyberfizycznych w produkcji i logistyce oraz wykorzystanie Internetu Rzeczy i Usług (Internet of Things and Services) w procesach przemysłowych. Rezultaty tych procesów mają implikacje dla tworzenia wartości, modeli biznesowych, usług oraz organizacji pracy.
społeczno-techniczno-ekonomiczny	nauka	Smuts, Van der Merwe, Smuts	przedsiębiorstwo 4.0	organizacja, która strategicznie dopasowuje biznes, technologię, konkurencyjność i poziom usług, integrując IoT, CPS, AI i chmurę w celu zrównoważonego wzrostu i przewagi konkurencyjnej.
społeczno-techniczno-ekonomiczny	consulting	Von Scheel	przedsiębiorstwo 4.0	Przedsiębiorstwo 4.0 rozwija się w trzech falach: (1) efektywność operacyjna przez cyfrową integrację (2009–2016), (2) wzrost biznesowy przez cyfrową inżynierię i autonomię (2016–2025), (3) różnicowanie rynkowe przez technologie przyszłości (2025+) – ze skupieniem na wartości i ludziach w centrum transformacji.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Deloitte, 2018; Kagermann et al., 2011; Łobaziewicz et al., 2019, s. 25–51, 2019; Moreira et al., 2018, s. 525–532; Smuts et al., 2020; Tirabeni et al., 2019, s. 98–110; Von Scheel, 2021).

Próby definiowania są podejmowane przez naukowców, organizacje biznesowe, centra konsultingowe, administrację państwową. Termin przedsiębiorstwo 4.0 w ciągu ostatnich lat stał się przedmiotem rosnącego zainteresowania w literaturze naukowej, stanowiąc logiczną

konsekwencję rozwoju koncepcji Przemysłu 4.0 i jej wpływu na modele biznesowe organizacji. Dlatego też, aby zrozumieć istotę tej generacji przedsiębiorstwa, należy sięgnąć po charakterystyki, z których wywodzi się pojęcie przedsiębiorstwa 4.0. W pierwszej kolejności należy odnieść się do definicji organizacji inteligentnej, która z kolei ma swoje pochodzenie w określeniu organizacja ucząca się. Należy uwzględnić także czynniki systemowe warunkujące sprawne funkcjonowanie tj. społeczne, techniczno-ekonomiczne oraz psychologiczne. Wybrana definicja opisuje przedsiębiorstwo 4.0 za pomocą charakterystyki przedsiębiorstwa cyfrowego, które wykorzystuje technologie informacyjne (IT) jako przewagę konkurencyjną we wszystkich obszarach swojej działalności: produkcji, procesów biznesowych, marketingu i interakcji z klientami. Tradycyjne przedsiębiorstwo przekształca się w firmę podążającą ścieżką transformacji cyfrowej. Produkt lub usługa, oferowane przez takie przedsiębiorstwo, również stają się cyfrowe (Andriushchenko et al., 2019, s. 70). Zauważyć można wiele cech wyróżniających przedsiębiorstwo 4.0 na tle klasycznego. Należą do nich m.in. zarządzanie ogromną ilością danych pochodzących z różnych źródeł, rozwój kompetencji cyfrowych, decentralizacja władzy, nowe style przywództwa, orientacja na usługi, nowe modele biznesowe, eksperymentowanie ze sztuczną inteligencją czy tworzenie kultury organizacyjnej sprzyjającej wewnątrznie współpracy ludzi i maszyn, a zewnątrznie środowisku interesariuszy. Do głównych filarów przedsiębiorstw działających w Przemysle 4.0 należą (PwC, 2016, s. 7):

- wertykalna i horyzontalna cyfryzacja oraz integracja łańcucha wartości,
- cyfryzacja produktów oraz usług,
- modele biznesowe bazujące na nowoczesnych technologiach w tworzeniu których bierze udział klient.

Do istotnych wyróżników przedsiębiorstwa 4.0 należą elementy, które funkcjonują w przedsiębiorstwach, ale wymagają dostosowania do specyfiki przedsiębiorstwa w Przemysle 4.0. Można wyróżnić wśród nich: nowe modele i wzorce konkurowania, organizacyjną kulturę otwartości, dzielenie się wiedzą, dążenie do cyfryzacji, korzystanie z platform sieciowych, zrównoważoną produkcję, technologie informacyjno-komunikacyjne, Przywództwo 4.0, kompetencje cyfrowe i nowe znaczenie kompetencji uniwersalnych oraz szybkość realizacji usługi wraz z zaawansowaną personalizacją bez zwiększania kosztów wytworzenia. Systemy informatyczne i technologie informacyjno-komunikacyjne (ICT) stanowią podstawę przedsiębiorstwa 4.0. Przedsiębiorstwo jako jednostka gospodarcza uzyskuje kolejny wymiar obok ekonomicznego, prawnego, społecznego itd. Jest to wymiar technologiczny (Romaniuk, 2020, s. 14). Przedsiębiorstwo 4.0 odróżnia od klasycznego przedsiębiorstwa sposób budowania przewagi

konkurencyjnej. Technologie i modele biznesowe opisane w podrozdziale 1.1 kształtują nowe rodzaje modeli i wzorców konkurowania. Do przykładowych modeli należą: model SPEED oraz opisany wcześniej model XaaS. Akronim SPEED oznacza pierwsze litery słów dotyczących głównych czynników powodzenia organizacji czwartej generacji (Poniewierski, 2019, s. 64). Rozwinięciem skrótu są:

- *security* (S), czyli bezpieczeństwo, prywatność i zaufanie, bez których działania związane z cyfryzacją postrzegane byłyby jako zagrożenie,
- *partnership* (P) jest to budowanie sojuszy i współpracy,
- *emerging and disruptive technologies* (E) – nowe i przełomowe technologie, jest to znajomość przez liderów koncepcji kryjących się pod nazewnictwem poszczególnych nowoczesnych technologii,
- *economy and business* (E) - gospodarka i biznes – oznacza to określenie działań i narzędzi, których należy użyć, aby otrzymać korzyści biznesowe funkcjonując w danej gospodarce,
- *digital transformation* (D) - transformacja cyfrowa, czyli przystosowanie się przedsiębiorstwa do ciągle zmieniających się warunków w świecie cyfrowym poprzez dopasowanie umiejętności, oczekiwań i motywacji pracowników w zależności od pokolenia.

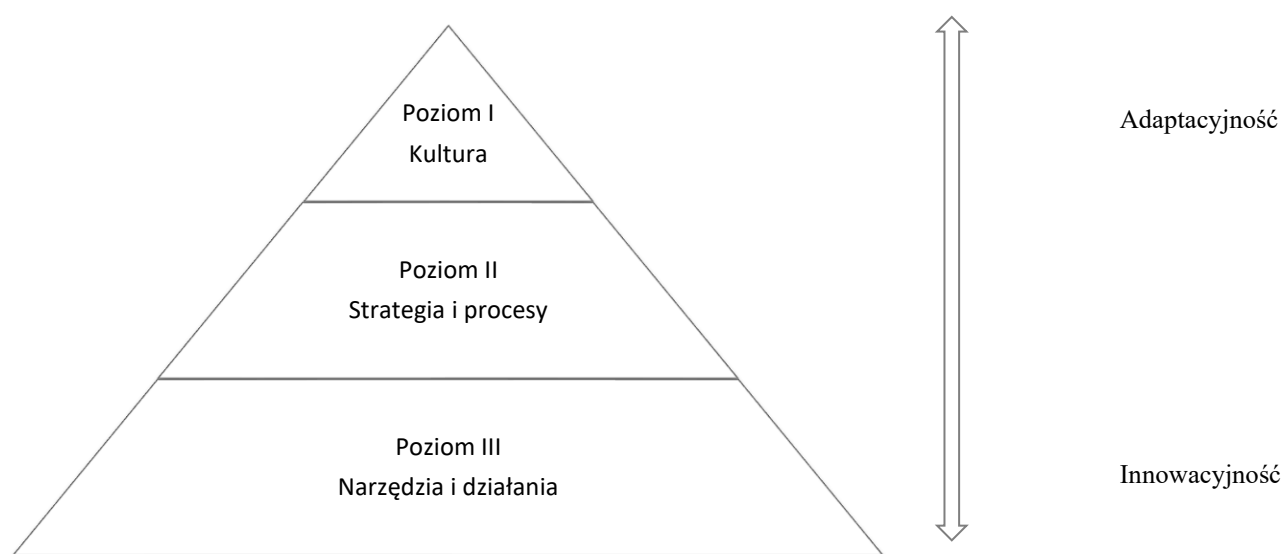
Natomiast wśród wybranych wzorców wyróżnić można (Gorevaya & Khayrullina, 2015, s. 348–349):

- wzorzec separacji (*separation*), co oznacza podzielenie modelu biznesowego na odrębne modele dzięki czemu łatwiej jest dostosować się do potrzeb jednostek lub przedsiębiorstw,
- wzorzec długiego ogonu (*long tail*) polega na znalezieniu dużej liczby klientów zainteresowanych zakupem wąsko wyspecjalizowanej grupy produktów, czyli produktów niszowych,
- wzorzec wielostronnych platform (*multilateral platforms*) zakłada wykorzystanie i wymianę zasobów różnych klientów, firma jest pośrednikiem, który umożliwia wzajemne korzystanie z produktów przez każdą ze stron,
- wzorzec *freemium*, czyli darmowy dostęp do określonej usługi wraz z możliwością zakupu dodatkowych materiałów, usługi podstawowe są darmowe, natomiast rozszerzenie funkcjonalności wymaga płatności,

- wzorzec otwartych platform (*open platforms*) polega na otwartej współpracy komercyjnej lub społecznej pomiędzy partnerami zewnętrznymi oraz uwzględnianiem interakcji klientów.

Podsumowując temat modeli i wzorców konkurowania, przedsiębiorstwo niezależnie od tego jakie ma cele biznesowe, powinno posiadać określone wartości i działać zgodnie z nimi. W ten sposób buduje indywidualny ekosystem sprzyjający rozwojowi i powodzeniu.

Współczesne przedsiębiorstwa, które chcą osiągać sukces wymagają zmiany podejścia do budowania ekosystemu rozwoju. Podejście to powinno bazować na utworzeniu systemu funkcjonowania organizacji przy pomocy poszczególnych narzędzi metod i rozwiązań (Kozielski et al., 2017, s. 25). Zgodnie z modelem ekosystemu rozwojowego przedsiębiorstwa, należy przyjąć tworzenie przewagi konkurencyjnej na trzech poziomach (narzędzia, strategia i procesy, kultura). Na każdym poziomie działaniom powinny towarzyszyć zdolności adaptacji i innowacyjności (rys. 1.3).



Rys. 1.3. Ekosystem rozwojowy – źródła sukcesu przedsiębiorstwa 4.0

Źródło: (Kozielski et al., 2017, s. 25).

Poziom trzeci odnosi się do obszaru przedsiębiorstwa, w którym podejmowane są działania operacyjne i taktyczne. Należą do nich wykorzystanie narzędzi i instrumentów, którymi łatwo zarządzać, co wiąże się z ryzykiem naśladownictwa. Na poziomie drugim widoczna jest możliwość konkurowania w dłuższym horyzoncie. Obejmuje on możliwość tworzenia takich strategii i procesów, które poprzez zastosowanie innowacyjności i adaptacyjności mogą być w ograniczonym stopniu naśladowane. Na najwyższym, pierwszym poziomie fundamentem jest kultura organizacyjna, która jest również tworzona na bazie innowacyjności i adaptacyjności.

Z poziomem konkurencji związany jest dodatkowy czynnik, który w przypadku przedsiębiorstwa 4.0 nabiera jeszcze większego znaczenia niż w organizacjach klasycznych i jest to przywództwo (Echeverria, 2012).

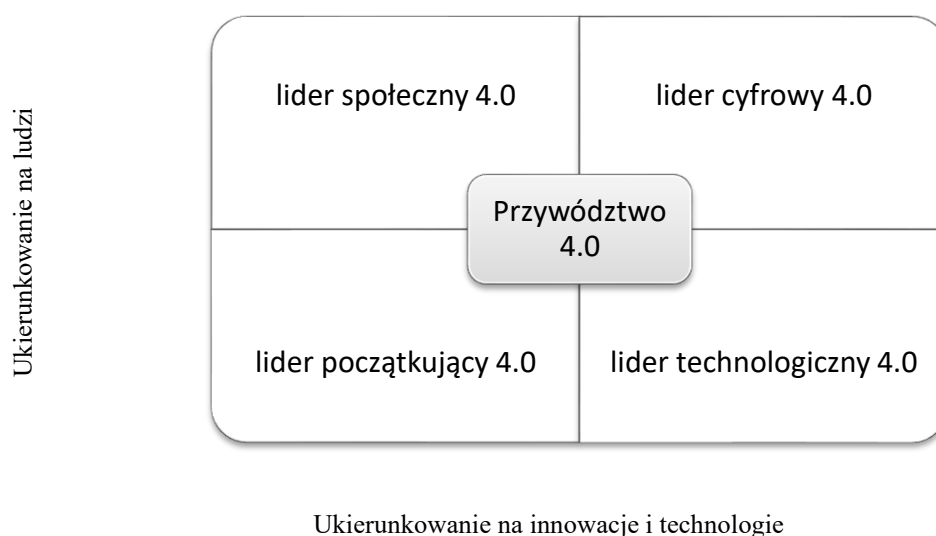
Współczesne podejście do przywództwa analizuje sposób postępowania i zachowania liderów, a także wyodrębnia poszczególne style zarządzania i ich wpływ na efektywność zarządzania w realizacji strategii przedsiębiorstwa. Przywództwo erze czwartej rewolucji cyfrowej określane jest mianem *Przywództwa 4.0* lub przywództwa cyfrowego (*digital leadership*). W literaturze znaleźć można wiele cech i wyróżników przywództwa cyfrowego (tab. 1.9).

Tab. 1.9. Główne cechy Przywództwa 4.0

Lp.	Autor	Rok	Główna cecha Przywództwa 4.0
1.	Bawany	2019	Umiejętność liderów do budowania strategii transformacji cyfrowej.
2.	DeWaal i in.	2016	Integracja przywództwa transformacyjnego i technologii cyfrowej.
3.	Sow i Aborbie	2018	Połączenie dobranych stylów przywództwa mające na celu wdrożenie z powodzeniem technologii cyfrowych.
4.	Gunzel-Jensen i in.	2018	Połączenie przywództwa: transakcyjnego, transformacyjnego, i autentycznego wraz z innowacyjnymi zachowaniami.
5.	Oberer i Erkollar	2018	Silny nacisk na innowację. Podejście zorientowane na zespół i bazujące na współpracy.
6.	Husing i in.	2013	Kierowanie zasobami ludzkimi z użyciem technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT).
7.	Oxford Leadership	2017	Odpowiedzialność, udostępnianie informacji, ustalone cele i ich ewaluacja, zarządzanie poprzez konflikt, zmiany i innowacje.

Źródło: (Czupryna-Nowak, 2020, s. 54).

Oberer i Erkollar (2018) przeprowadzili badania nad podejściem do zachowań liderów w przedsiębiorstwach 4.0 polegające na analizie teorii behawioralnego przywództwa. W wyniku badań opracowano matrycę stylu Przywództwa 4.0 (rys. 1.4). Na osi *X* znajdują się zagadnienia dotyczące ukierunkowania na innowacje i technologie, natomiast na osi *Y* dotyczą ludzi w organizacji.



Rys. 1.4. Matryca Przywództwa 4.0

Źródło: (Oberer & Erkollar, 2018, s. 4).

Czynnikami odnoszącymi się do ukierunkowania lidera na kierowanie ludźmi były: wykształcenie, kompetencje, podejmowanie interakcji i stosowanie wybranych form komunikacji. Matryca składa się z czterech ćwiartek:

- początkujący lider 4.0,
- społeczny lider 4.0,
- technologiczny lider 4.0,
- cyfrowy lider 4.0.

Początkujący lider 4.0 zwraca uwagę na tradycyjne procesy produkcyjne, w szczególności na produkt finalny, technologie mają dla niego małe znaczenie. Społeczny lider 4.0 nadaje priorytetowi tworzenie przyjaznej atmosfery i wsparcia dla pracowników, bez uwzględniania wpływu wprowadzanych technologii i innowacji. Jeśli chodzi o charakterystykę technologicznego lidera 4.0 to jest on silnie nastawiony na wdrażanie nowoczesnych technologii i innowacji, aby zwiększać efektywność działania, natomiast pracownicy mają dla niego niewielkie znaczenie. Cyfrowy lider 4.0 łączy zastosowanie rozwiązań technologicznych z ich wpływem na ludzi, dostosowuje model organizacyjny do potrzeb i kompetencji pracowników. Jest to najbardziej odpowiedni i oczekiwany styl przywództwa w dopasowaniu do transformacji cyfrowej.

Według raportu ASTOR (Gracel et al., 2017) umiejętności przywódcze kierownictwa i krytyczne myślenie są niezbędne do efektywnego zarządzania i wprowadzania zmian w przedsiębiorstwie 4.0. Rola managerów jest poszerzona o zadania mentora i opiekuna. Ponadto w koncepcji Przemysłu 4.0 widoczny jest nacisk na wiedzę, ciągłe uczenie się i innowacje. W związku z tym opracowano konstrukt przywództwa zorientowany na wiedzę, łącząc

transformacyjny i transakcyjny styl przywództwa (Donate & Sánchez de Pablo, 2015). Przywództwo zorientowane na wiedzę jest bardziej specyficzne dla uczenia się i innowacji, może być rozwijane poprzez testowanie innowacyjnego modelowania ról, stymulowanie rozpowszechniania wiedzy i zachowań wspierających, delegowania, konsultacji i mentoringu. Jedną z cech Przemysłu 4.0 jest wspomaganie procesów decyzyjnych za pomocą rozwiązań technologicznych. Dzięki stosowaniu narzędzi wsparcia, kierownicy mogą łatwiej zarządzać wdrażaniem transformacji cyfrowej w przedsiębiorstwie 4.0. Przykładowym modelem jest S3: *Sensing, Smart, Sustainable*. Atrybuty dotyczące czujników (*Sensing*) i inteligencji (*Smart*) odnoszą się do nowoczesnych maszyn i technologii, które są usieciowione i datafikowane, natomiast atrybut zrównowżenia (*Sustainable*) związany jest z procesem podejmowania decyzji na podstawie danych dostarczonych z obszaru atrybutów czujników i inteligencji (Cortes et al., 2019, s. 1).

Wyszukiwanie zagrożeń w wypieraniu pracy ludzi przez maszyny nie jest pojęciem nowym w historii rewolucji przemysłowych. Przykładem jest ruch luddyczny, w którym na przełomie XVIII i XIX wieku ludzie niszczyli maszyny i urządzenia przemysłowe, ponieważ widzieli w nich przyczynę niskiego wynagrodzenia i zagrożenia bezrobociem (*Słownik wyrazów obcych PWN*, 2004, s. 665).

Do zadań inżynierów należą obsługa programów i algorytmów programujących maszyny, natomiast managerowie w większym stopniu będą mieli do czynienia z nadzorem procesów produkcyjnych niż zarządzaniem zasobami ludzkimi (Jabłoński, 2019, s. 156). Obecne grupy zawodowe najbardziej podatne na automatyzację, które mogą zaniknąć to m.in.: operatorzy w przetwórstwie spożywczym, pracownicy administracyjni i obsługi biurowej, pracownicy sprzątający, pracownicy obrotu pieniężnego, pracownicy zajmujący się informowaniem klientów, robotnicy w górnictwie i budownictwie, maszyniści, pracownicy transportu i prac maszynowych, kasjerzy, operatorzy maszyn (Lewandowski & Magda, b.d.). W prowadzonych analizach struktury zatrudnienia w Przemysle 4.0 wskazuje się na spadek udziału zawodów, w których wymagane są średnie kwalifikacje w stosunku do zawodów z wymaganiami wysokich lub niskich kwalifikacji (Braña, 2019, s. 1–16). Widoczne są również trendy mówiące o powstaniu nowych zawodów związanych z obsługą nowoczesnych technologii oraz współpracy ludzi z robotami i sztuczną inteligencją (Li et al., 2022).

Szczególnego znaczenia nabierają kompetencje, które umożliwiają odróżnienie pracy człowieka od pracy maszyny, w tym systemów informatycznych, sztucznej inteligencji czy

roboty. Kompetencje te zostały określone m.in. w raporcie Future of Jobs 2025 (World Economic Forum, 2025). Są one podzielone według trzech obszarów:

- kompetencje kognitywne,
- kompetencje technologiczne i cyfrowe,
- kompetencje ludzkie i społeczne.

Kompetencje kognitywne obejmują myślenie analityczne, myślenie kreatywne, rozwiązywanie złożonych problemów oraz myślenie systemowe. Kompetencje technologiczne i to nowe umiejętności cyfrowe oraz związane z interakcją z maszynami, w tym sztuczna inteligencja i big data, alfabetyzacja technologiczna, cyberbezpieczeństwo oraz programowanie. Natomiast do kompetencji ludzkich i społecznych należą: efektywna współpraca w grupie, przywództwo i wpływ społeczny, inteligencja emocjonalna, komunikacja, elastyczność i zwinność i uczenie się przez całe życie.

Według Jabłońskiego (2009, s. 95) kompetencje organizacji są w dużej mierze zależne od kompetencji pracowników. Natomiast w przedsiębiorstwach 4.0 poziom kompetencji uniwersalnych oraz cyfrowych jest ważny dla skutecznego funkcjonowania. W tab. 1.10, zaprezentowane zostały kluczowe kompetencje cyfrowe i ich związek ze skutecznością kierownictwa. Autorzy wyszczególnili pięć obszarów, w których podjęta została analiza kompetencji.

Tab. 1.10. Kompetencje cyfrowe i związek z skutecznością zarządzania w P4.0

Autor	Obszar	Kompetencje
Dasgupta (2012); Chromjaková (2016)	Organizacyjne uczenie się	Zachęcanie do ciągłego uczenia się, rozwijanie umiejętności i procesów, tworzenie ustandaryzowanej wiedzy w zespole, wymiana informacji i wiedzy, wspomaganie procesów uczenia się, zachęcanie do udziału w podejmowaniu decyzji, elastyczność poznawcza
Gómez (2016); Cuevas-Vargas, Estrada y Larios-Gómez (2016); Chromjaková (2016); Camisón, C., & Villar-López, A. (2014); Uhrin, Á., Bruque-Cámara, S., & Moyano-Fuentes, J. (2017), World Economic Forum (2025)	Zarządzanie innowacją	Umiejętność generowania nowych praktyk zarządzania, kreatywność w opracowywaniu strategii, współpraca ze interesariuszami zewnętrznymi (dostawcy, instytucje publiczne i badacze), myślenie analityczne
Davies, A., Fidler, D., & Gorbis, M. (2011), World Economic Forum (2025)	Środowisko	Inteligencja społeczna i emocjonalna, myślenie adaptacyjne, kompetencje międzykulturowe, myślenie obliczeniowe, umiejętność korzystania z nowych technologii, interdyscyplinarność, mentalność projektowa, zarządzanie obciążeniem poznawczym i wirtualna współpraca; odporność, elastyczność, zwinność

Cuevas-Vargas, Estrada y Larios-Gómez (2016); Liu, Y., Xu, X. (2017); Li, Wang, Tao, Jiang y Chai (2010), World Economic Forum (2025)	Technologie informacji i komunikacji (ICT)	Zarządzanie oprogramowaniem do zarządzania działaniami administracyjnymi w chmurze, umiejętnościami typu AI-augmented leadership (przywództwo wzmocnione przez AI), cyberbezpieczeństwo
Lorentz, M., Rüsmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015); Tamás P., & Illés, B. (2016)	Przemysł motoryzacyjny	Otwartość na zmiany, duża elastyczność, ciągłe interdyscyplinarne uczenie się, znajomość modeli symulacyjnych, znajomość filozofii Lean, rozwiązywanie problemów, zdolność do przyjmowania nowych modeli pracy i organizacji

Źródło: (Bermúdez & Juárez, 2017, s. 736–747).

Kompetencje organizacyjnego uczenia się determinują zdolność organizacji do ciągłej adaptacji, szybkość adopcji innowacji oraz odporność na zmiany technologiczne. Managerowie z rozwiniętymi kompetencjami w tym obszarze potrafią m.in. zarządzać zatrzymywaniem wiedzy mimo rotacji pracowników oraz budować zdolność do szybkiego uczenia się nowych umiejętności. Kompetencje zarządzania innowacją determinują zdolność organizacji do generowania przewagi konkurencyjnej, szybkość wprowadzania nowych produktów/usług na rynek. Kompetencje środowiskowe determinują zdolność organizacji do przetrwania i adaptacji do kryzysów oraz realizacji celów ESG (środowisko, społeczność, zarządzanie). Kompetencje ICT determinują produktywność organizacji, efektywność procesów oraz zdolność do skalowania operacji.

Kolejnym charakterystycznym elementem przedsiębiorstwa 4.0 jest dostosowanie metod i narzędzi komunikacji do zasad transformacji cyfrowej. Do sześciu głównych kanałów komunikacji w przedsiębiorstwach 4.0 należą: szybkie przesyłanie wiadomości, tele- i wideokonferencje, intranet, wirtualne profile pracowników, sieci społecznościowe, media elektroniczne (Kovaitė et al., 2020, s. 178).

Biorąc pod uwagę obszar zarządzania zasobami ludzkimi jako jeden z kluczowych w przedsiębiorstwie 4.0 należy zwrócić uwagę na szanse i zagrożenia. Do głównych szans zaliczyć można (Zajac, 2019, s. 3):

- rozległe możliwości wykorzystania nowoczesnych technologii do usprawnienia procesów zarządzania zasobami ludzkimi i procesów komunikacyjnych,
- mobilność w zakresie podejmowania i wykonywania pracy oraz większa elastyczność zatrudnienia czy form czasu pracy,
- wyższy poziom wykształcenia pracowników pokolenia Y i Z, co umożliwia zwiększanie profesjonalizacji procesów zarządzania,

- efekt synergii uzyskany za pomocą współpracy doświadczonych pracowników i młodym pokoleniem, obustronna wymiana wiedzy dotycząca klasycznych procesów oraz stosowania nowoczesnych technologii.

Jeśli chodzi o zagrożenia, to wyróżnić można:

- obawę przed utratą pracy w związku z cyfryzacją oraz wzrost poczucia wykluczenia cyfrowego wśród starszego pokolenia, które nie jest zaadaptowane do stosowania nowych technologii,
- trudności pracodawców w utrzymaniu w organizacji wartościowych pracowników ze względu na zmianę podejścia do lojalności i budowania ścieżki kariery młodego pokolenia,
- odmienne priorytety życiowe młodego pokolenia w porównaniu do starszych generacji pokoleń,
- konieczność wdrażania skutecznych systemów motywacyjnych i programów rozwojowych.

Przedsiębiorstwo 4.0 jako organizacja inteligentna stale poszerza swoją wiedzę oraz umiejętnie ją wykorzystuje wdrażając rozwiązania koncepcji Przemysłu 4.0 przez co wzmacnia swoją pozycję w otoczeniu, w którym działa.

1.4. Czynniki rozwoju przedsiębiorstwa 4.0

W procesach rozwoju przedsiębiorstwa mogą wykorzystywać różnorodne czynniki umożliwiające im rozwój i wychodzenie na wyższe poziomy funkcjonowania w zmieniającym się otoczeniu. Analizując różnorodność stymulatorów w kontekście najnowszej literatury przedmiotu oraz aktualnych trendów transformacji cyfrowej, można wyróżnić trzy główne grupy czynników: zewnętrzne (związane ze środowiskiem funkcjonowania przedsiębiorstwa), wewnętrzne (dotyczące uwarunkowań zasobowych i organizacyjnych przedsiębiorstwa) (Andrzejczak et al., 1998, s. 63). Czynniki zewnętrzne związane są ze środowiskiem funkcjonowania przedsiębiorstwa, a czynniki wewnętrzne dotyczą uwarunkowań zasobowych przedsiębiorstwa. Transformacja w kierunku Przemysłu 4.0 wymaga zrozumienia i wykorzystania zarówno czynników zewnętrznych, jak i wewnętrznych. Poniższy podrozdział łączy strukturę pionową (pogłębienie każdego czynnika) z horyzontalnym podziałem na podkategorie. Każdy czynnik analizowany jest według jednolitego schematu: uzasadnienie teoretyczne, korzyści, mechanizm działania, wpływ na skuteczność zarządzania, wady i ograniczenia oraz prognozy.

Czynniki zewnętrzne rozwoju przedsiębiorstwa 4.0

Do czynników zewnętrznych rozwoju przedsiębiorstwa 4.0 można zaliczyć następujące podkategorie:

- czynniki makroekonomiczne,
- czynniki ekosystemowe,
- czynniki rynkowe,
- czynniki finansowe.

Czynniki makroekonomiczne obejmują działania państwa i instytucji publicznych wpływające na transformację cyfrową przedsiębiorstw. Obejmują polityki przemysłowe, regulacje prawne oraz programy wsparcia finansowego i pozafinansowego, które kształtują ramy funkcjonowania przedsiębiorstw w erze Przemysłu 4.0. Badania Tiutiunyk i in. (2021) potwierdzają dwukierunkową przyczynowość między transformacją cyfrową a stabilnością makroekonomiczną gospodarki. Wsparcie rządowe redukuje bariery wejścia i niepewność inwestycyjną, umożliwiając przedsiębiorstwom dostęp do kapitału oraz infrastruktury niezbędnej do wdrożenia rozwiązań Przemysłu 4.0. Do czynników makroekonomicznych zaliczyć można:

- wsparcie finansowe i pozafinansowe państwa,
- regulacje prawne.

Widocznym w Polsce trendem jest przenoszenie działalności badawczo-rozwojowej z uczelni i jednostek badawczych do przedsiębiorstw przemysłowych (Prusak 2018, s. 120). Stąd też wsparcie finansowe i pozafinansowe państwa nabiera większego znaczenia oraz może być realizowane poprzez dostępność konkursów i funduszy m.in. organizowanych przez Państwową Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP) czy Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR). W ramach PARP funkcjonują programy takie jak np. *Przemysł 4.0*. Celem programu jest *wsparcie małych i średnich przedsiębiorstw produkcyjnych w pilotażowych działaniach związanych z transformacją w kierunku Przemysłu 4.0* (PARP, 2025). Jednym z wymogów wzięcia udziału jest opracowanie mapy drogowej Przemysłu 4.0 przez przedsiębiorstwo starające się o dofinansowanie. W ramach PARP uruchomiony został Program Operacyjny Inteligentny Rozwój (POIR). W trakcie opracowania jest program *Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki na lata 2021-2027*.

Kolejnym czynnikiem rozwoju w skali makroekonomicznej są regulacje prawne. Po likwidacji Ministerstwa Cyfryzacji w październiku 2020 roku i włączeniu obszaru cyfryzacji do Kancelarii Prezesa Rady Ministrów, 1 maja 2023 roku nastąpiło przywrócenie Ministerstwa Cyfryzacji. Ministerstwo Cyfryzacji obecnie obejmuje następujące kluczowe departamenty:

- Departament Transformacji Cyfrowej,
- Departament Cyberbezpieczeństwa,
- Departament GovTech Polska,
- Departament Projektów i Strategii,
- Departament Badań i Innowacji,
- Departament Zarządzania Danymi,
- Centrum Rozwoju Kompetencji Cyfrowych.

Dodatkowo, przyjęcie przez Radę Ministrów w październiku 2024 roku Krajowego planu działania do programu *Droga ku cyfrowej dekadzie* do 2030 roku oraz aktywne uczestnictwo Polski w unijnym programie Digital Europe Programme (z budżetem 7,5 mld euro) zapewnia przedsiębiorstwom dostęp do europejskich funduszy, sieci 11 działających w Polsce Europejskich Hubów Innowacji Cyfrowych (EDIH) oraz mechanizmów współpracy międzynarodowej. Te systemowe zmiany, wraz z intensywnymi konsultacjami społecznymi prowadzonymi w 2025 roku pod hasłem *przyspieszenie w cyfryzacji*, tworzą spójny ekosystem wsparcia umożliwiający polskim przedsiębiorstwom efektywną implementację rozwiązań Przemysłu 4.0 oraz budowanie przewagi konkurencyjnej w erze cyfrowej transformacji.

Czynniki ekosystemowe są ważną kategorią, ponieważ ekosystemy innowacji tworzą sieci współpracy między przedsiębiorstwami, instytucjami naukowo-badawczymi, hubami cyfrowymi oraz klastrami przemysłowymi. Benitez i in. (2020) definiują ekosystemy innowacji Przemysłu 4.0 jako platformy umożliwiające integrację zasobów i współtworzenie rozwiązań, szczególnie istotne dla MŚP. Europejskie Huby Innowacji Cyfrowych (EDIH) oraz centra Digital Innovation Hubs (DIH) stanowią kluczową infrastrukturę wsparcia, oferującą dostęp do laboratoriów testowych, ekspertyz technologicznych oraz programów mentoringu. Klastry przemysłowe z kolei umożliwiają ekonomię skali, dzielenie ryzyka innowacyjnego oraz benchmarking w ramach wąskich specjalizacji. Współpraca z uczelniami i centrami badawczymi dostarcza know-how oraz dostęp do grantów i projektów B+R, co przyspiesza transfer technologii i innowacji. Czynniki ekosystemowe obejmują: współpracę sieciową oraz uczestnictwo w klastrach.

Uczestnictwo w organizacjach sieciowych, takich jak DIH (Huby Innowacji Cyfrowych), EDIH (Europejskie Huby Innowacji Cyfrowych) czy klastry przemysłowe lub biznesowe, stanowi strategiczny czynnik sukcesu dla przedsiębiorstw 4.0. Badania pokazują również, że klastry odgrywają znaczącą rolę w ułatwianiu adopcji technologii Przemysłu 4.0 przez przedsiębiorstwa, działając jako katalizatory innowacji, wymiany wiedzy i współpracy.

Dynamika współpracy w ramach klastrów, wraz ze wsparciem organizacji regionalnych i Digital Innovation Hubs, jest kluczowa dla pokonywania barier w adopcji Przemysłu 4.0 i zwiększania konkurencyjności firm w erze cyfrowej (Mackiewicz, Götz 2024, s. 369). EDIH-y działają w ramach ogólnoeuropejskiej sieci wspieranej przez Digital Transformation Accelerator (DTA). DTA organizuje wydarzenia i działania dla sieci EDIH, aby dzielić się informacjami i doświadczeniami, szkolić, budować spójność. Każdy EDIH musi aktywnie uczestniczyć w odpowiednich działaniach wsparcia DTA, takich jak: szkolenia i wydarzenia budujące potencjał. DTA, we współpracy z Komisją Europejską, udostępnia również narzędzia takie jak narzędzie oceny dojrzałości cyfrowej (Digital Maturity Assessment Tool) i centralizuje ogólne kluczowe wskaźniki wydajności (KPI) sieci. Charakterystyczną cechą EDIH-ów jest ich konsorcyjna struktura zbudowana wokół instytucji stanowiącej łącznik między partnerami i odpowiadającej za koordynację działań całego EDIH-u. W skład konsorcjów poza przedsiębiorstwami mogą wchodzić różnego rodzaju podmioty:

- uczelnie i instytucje badawczo-rozwojowe, które zapewniają zaplecze naukowe i technologiczne,
- firmy konsultingowe, które oferują usługi doradcze w zakresie transformacji cyfrowej,
- dostawcy zaplecza technologicznego oraz innowacyjnych rozwiązań, które udostępniają infrastrukturę testową i demonstracyjną,
- instytucje otoczenia biznesu, które wspierają ekosystem innowacji.

Uczestnictwo w sieci współpracy umożliwia dzielenie się ryzykiem i kosztami przedsięwzięć. Zamiast samodzielnie inwestować w kosztowne technologie, które mogą okazać się nieadekwatne, firmy mogą korzystać np. z usług testowania technologii przed użyciem, co minimalizuje straty finansowe w przypadku niepowodzenia.

Czynniki rynkowe obejmują presję konkurencyjną, globalizację oraz rosnące wymagania klientów, które wymuszają na przedsiębiorstwach ciągłą innowacyjność i adaptację. Globalizacja obniża bariery wejścia na rynki zagraniczne, ale jednocześnie zwiększa intensywność konkurencji, wymuszając inwestycje w automatyzację i cyfryzację (Guilloux-Nefussi, 2020). Czynniki rynkowe obejmują m.in.: konkurencja rynkową, globalizację, skrócenie cyklu innowacji produktu. Czynnikiem rozwoju przedsiębiorstwa 4.0 jest znajomość konkurencji. Należy pozyskać wiedzę z zakresu wybranych modeli i wzorców konkurencyjności, na tej podstawie dostosować strategię i narzędzia, aby zwiększać swój udział w rynku i budować przewagę konkurencyjną. W związku z potrzebą coraz szybszej reakcji na zapotrzebowanie klientów oraz postępującym rozwojem nowoczesnych technologii, w zarządzaniu przedsiębiorstwem 4.0

należy wziąć pod uwagę skracanie cyklu innowacji produktu. Ulepszone oraz spersonalizowane wersje produktów pojawiają się na rynku w coraz krótszych odstępach czasu, co oznacza skracanie cykli produkcyjnych i częstszy przegląd celów związanych z innowacjami produktowymi.

Czynniki finansowe obejmują programy wsparcia Unii Europejskiej (Horizon Europe, Digital Europe Programme), różnorodne instrumenty finansowania oraz usługi doradców i konsultantów technologicznych. Elhusseiny i in. (2022) identyfikują dostęp do finansowania jako jeden z głównych czynników umożliwiających MŚP wdrożenie technologii Przemysłu 4.0. Zewnętrzne źródła finansowania zmniejszają presję na płynność finansową, umożliwiają realizację projektów wysokiego ryzyka oraz wspierają długoterminowe planowanie strategiczne. Wsparcie konsultantów technologicznych skraca ścieżkę implementacji dzięki transferowi najlepszych praktyk i optymalizacji procesów. Dostęp do kapitału zewnętrznego stanowi fundamentalny warunek realizacji kosztownych projektów transformacji cyfrowej. Pozyskanie kapitału na rozwój przedsiębiorstwa możliwe jest w ramach zewnętrznych źródeł finansowania np. od kredytodawców lub programów rozwojowych jednostek pozarządowych. Dzięki sprawnemu zarządzaniu kapitałem, wszelkimi zasobami i przedsiębiorczemu podejściu przedsiębiorstwo 4.0 może zwiększać swoje tempo rozwoju gospodarczego. Z drugiej strony sytuacja rynkowa może doprowadzić do przyspieszenia lub spowolnienia wzrostu gospodarczego. Poprzez zastosowanie analizy trendów i danych w przedsiębiorstwie 4.0 możliwe jest podejmowanie szybkich reakcji na zachodzące wydarzenia gospodarcze.

Czynniki wewnętrzne rozwoju przedsiębiorstwa 4.0

Do czynników wewnętrznych rozwoju przedsiębiorstwa 4.0 można zaliczyć następujące podkategorie:

- zasoby ludzkie,
- zasoby organizacyjne,
- zasoby technologiczne,
- zasoby informacyjne,
- zasoby relacyjne,
- zasoby procesowe,
- gotowość organizacyjną.

Kapitał ludzki stanowi fundament skutecznej transformacji cyfrowej przedsiębiorstwa. Zasoby ludzkie w kontekście przedsiębiorstwa 4.0 obejmują kompetencje cyfrowe kadry kierowniczej, wiedzę i umiejętności pracowników, programy szkoleń oraz empowerment i

autonomię zespołów. Cyfert i in. (2025) podkreślają, że przywództwo cyfrowe inicjuje rozwój kompetencji organizacyjnych i determinuje tempo transformacji. Pomimo, że Przemysł 4.0 jest kojarzony z digitalizacją i zaawansowaną automatyzacją, znaczącą rolę w przedsiębiorstwie 4.0 odgrywa człowiek, jego postawa, predyspozycje, kompetencje i wiedza (Jäger & Ranz, 2015). Należy tak dostosować procesy rekrutacji i szkoleń, aby spełniały potrzeby poszczególnych stron.

Zasoby organizacyjne obejmują niematerialne aktywa przedsiębiorstwa związane z kulturą, strukturami zarządzania, procedurami oraz zdolnościami strategicznymi. Wśród głównych czynników rozwoju wyróżnić można:

- kultura organizacyjna otwarta na zmiany i innowacje,
- zarządzanie zmianą,
- wsparcie i zaangażowanie wyższego kierownictwa,
- zdolności strategiczne i wizja transformacji cyfrowej,
- procedury i systemy zarządzania,
- zwinność organizacyjna.

Zasoby procesowe łączą zasady lean management z technologiami cyfrowymi. Obejmują ciągłe doskonalenie procesów oraz zarządzanie jakością w erze cyfryzacji. Czynnikiem rozwoju mogą być ciągłe doskonalenie procesów oraz jakość produktów i procesów.

Zasoby relacyjne obejmują powiązania kooperacyjne przedsiębiorstwa z dostawcami, klientami oraz partnerami strategicznymi w ramach ekosystemów biznesowych. Gray (2025) podkreśla, że ekosystemy partnerskie wzmocnione przez P4.0 umożliwiają łączenie zasobów wielu organizacji, tworzenie platform B2B oraz rozwój nowych modeli biznesowych. Fedrowane przestrzenie danych (*data spaces*) stanowią przyszłość współpracy w łańcuchach wartości, umożliwiając bezpieczne współdzielenie danych przy zachowaniu suwerenności.

Infrastruktura technologiczna stanowi fizyczny fundament dla rozwiązań Przemysłu 4.0 i obejmuje następujące czynniki rozwoju:

- infrastrukturę technologiczną,
- inwestycje w nowoczesne urządzenia i systemy cyber-fizyczne,
- cyberbezpieczeństwo i ochronę danych.

Zasoby informacyjne obejmują zdolności przedsiębiorstwa do zbierania, przechowywania, przetwarzania i analizowania danych oraz zarządzania nimi zgodnie z określonymi zasadami.

Gotowość organizacyjna określa stopień przygotowania przedsiębiorstwa do transformacji cyfrowej, obejmując świadomość i zrozumienie koncepcji Przemysłu 4.0 oraz dojrzałość

cyfrową organizacji. Mustikasari i in. (2024) podkreślają, że bez zrozumienia koncepcji Przemysłu 4.0 nie można przeprowadzić skutecznej adopcji technologii.

Podstawą rozwoju skutecznie funkcjonującego przedsiębiorstwa jest zdefiniowanie procedur i wdrożenie nowoczesnych systemów zarządzania. Procedury mogą określać cele, wskaźniki, sposoby realizacji zadań, a przede wszystkim identyfikują czynniki ryzyka. Przez przebudowę systemu zarządzania przedsiębiorstwem produkcyjnym i wdrażanie w kolejnych etapach poszczególnych systemów zbudowanych przy użyciu nowoczesnych technologii informacyjnych i kognitywnych dąży się do koncepcji tzw. *cyfrowej fabryki* (Stachowicz & Nowicka-Skowron, 2019, s. 421).

Rozdział pierwszy wypełnił cel dotyczący zdefiniowania specyfiki funkcjonowania przedsiębiorstwa 4.0 poprzez wielowymiarową charakterystykę przedsiębiorstwa 4.0. Rozdział porządkuje przemiany historyczne przedsiębiorstw, prezentując ewolucję od generacji 1.0 do 5.0 i uwzględniając przy tym zarówno technologiczne, organizacyjne, jak i społeczne aspekty rozwoju. Szczególna uwaga została poświęcona krytycznej refleksji nad statusem Przemysłu 5.0 jako kolejnego etapu, przy zachowaniu stanowiska, że stanowi on uzupełnienie i kontynuację założeń Przemysłu 4.0. Skoncentrowano się na fundamentalnych procesach różnicujących Przemysł 4.0, takich jak np. datafikacja czy usieciowienie. Zostało to powiązane z wyzwaniami personalizacji produkcji i wytwarzania, będącymi rdzeniem obecnej rewolucji przemysłowej. Scharakteryzowano kluczowe filary technologiczne Przemysłu 4.0 z uwzględnieniem ich wpływu na organizację i kulturę zarządzania. Ponadto, społeczny zakres transformacji w obszarze struktur organizacyjnych i metod zarządzania uwzględnił wyzwania z zakresu strategii, kooperacji, modeli biznesowych, kapitału ludzkiego oraz zmiany przywództwa i kultury organizacyjnej. Ujęto również w syntetyczny sposób wiodące modele oceny dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstwa, wskazując na ich ramowe założenia, obszary oceny i metodologie. Podsumowując, rozdział pierwszy uporządkował definicje kluczowych typów organizacji, integrując podejścia systemowe i branżowe oraz wyróżniono czynniki wewnętrzne i zewnętrzne stymulujące rozwój organizacji w kontekście Przemysłu 4.0. Częściowo został zrealizowany cel dotyczący analizy dotychczasowych podejść do oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami. Dostarczono podstaw teoretycznych poprzez przedstawienie modeli przedsiębiorstwa, ale też wskaźników charakterystycznych dla transformacji cyfrowej, np. Digital Decade Country Report 2024 (zastępujący DESI) czy gęstość robotyzacji według IFR. Pełna realizacja tego celu będzie kontynuowana w rozdziale drugim, gdzie szczegółowo przeanalizowane zostaną podejścia do badania skuteczności zarządzania.

Rozdział pierwszy dostarczył dowodów wspierających hipotezę H1, mówiącą o tym, że klasyczne podejścia do badania skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami nie w pełni odpowiadają specyfice przedsiębiorstw 4.0. Wskazano na kontrast modeli organizacyjnych. W tab. 1.7 przedstawiono osiem klasycznych modeli przedsiębiorstwa. Wykazano jednocześnie, że charakterystyka przedsiębiorstwa 4.0 wskazuje na potrzebę podejścia zintegrowanego i wielowymiarowego. Tab. 1.1 z kolei pokazała ewolucję od przedsiębiorstw produktocentrycznych (1.0-3.0) do humanocentrycznych (4.0-5.0), co sugeruje fundamentalną zmianę paradygmatu zarządzania. W rozdziale zidentyfikowano specyficzne obszary wymagające oceny w przedsiębiorstwach 4.0, których nie uwzględniły klasyczne podejścia. Należą do nich m.in.: przywództwo 4.0, znaczenie kompetencji cyfrowych, zarządzanie ekosystemami współpracy jak np. w ramach EDIH czy federowane ekosystemy danych. Następnie opisano różnorodność i przykładowe możliwości klasyfikacji modeli biznesowych (archetypy innowacyjnych modeli biznesowych, archetypy fabryki przyszłości), czego nie uwzględniają klasyczne kryteria skuteczności. W kontekście weryfikacji hipotezy H3, w rozdziale pierwszym wskazano na przesłanki potwierdzające, że brak jednolitej definicji przedsiębiorstwa 4.0, różnorodność perspektyw definicyjnych oraz różnice w źródłach definicji (naukowe, konsultingowe, organizacji standaryzacyjnych) może prowadzić do odmiennej identyfikacji determinant skuteczności przez ekspertów z różnych środowisk.

Wyniki badań literatury przedstawione w rozdziale pierwszym przyczyniły się do wypełnienia luki poznawczej dotyczącej systematyzacji definicji przedsiębiorstwa 4.0 i odniesienia do klasycznych teorii. Zostało to wykonane przez systematyzację definicji według perspektyw systemowych i obszaru badacza. Przedstawiono ewolucyjne ujęcie od organizacji uczącej się, inteligentnej, sieciowej, a finalnie przedsiębiorstwa 4.0. Przeprowadzono również krytyczną analizę ograniczeń klasyfikacji. Luka praktyczna w obszarze roli managerów i kompetencji w przedsiębiorstwie 4.0 została wypełniona częściowo. Zidentyfikowano główne cechy przywództwa 4.0 według różnych autorów i wskazano, że przywództwo w przedsiębiorstwie 4.0 jest zorientowane na wiedzę jako połączenie stylów transformacyjnego i transakcyjnego. Zaprezentowano również główne wyzwania kierownictwa, kompetencje cyfrowe w kontekście skuteczności zarządzania oraz ryzyka występujące w tym obszarze. Przyczyniło się to zatem także do wypełnienia luki praktycznej w zakresie zdefiniowania specyfiki przywództwa w przedsiębiorstwie 4.0.

Rozdział pierwszy zapewnił wielowymiarową analizę ewolucji przedsiębiorstw od modelu mechanizacji do koncepcji Przemysłu 4.0, systematyzując definicje oraz kluczowe kryteria

skuteczności zarządzania w cyfrowej gospodarce. Jego treść pozwoliła potwierdzić, że klasyczne modele nie odpowiadają w pełni specyfice nowoczesnych organizacji, a różnorodność podejść definicyjnych wymaga wielowymiarowej i interdyscyplinarnej oceny determinant skuteczności, co stanowi solidną podstawę do dalszej weryfikacji hipotez, celów badawczych oraz wypełnienia wskazanych luk poznawczych i praktycznych.

2. Rozdział

Wybrane podejścia do badania skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami

2.1. Pojęcie skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem

Pojęcie skuteczności zarządzania jest jednym z kluczowych zagadnień zarządzania przedsiębiorstwa. Sprawne planowanie i analizowanie działań w przedsiębiorstwie wymaga znajomości teoretycznych narzędzi i znajomości podejść badawczych. Skuteczne zarządzanie wymaga podejmowania racjonalnych decyzji przez managerów oraz ciągłego rozwoju. Jednym z podejść stosowanych w celu lepszego zrozumienia procesu zarządzania i identyfikacji najlepszych praktyk pozwalających na osiągnięcie zamierzonych celów jest podejście prakseologiczne.

Na wstępie należy zdefiniować czym jest co i co oznacza podejście prakseologiczne. Słowo prakseologia ma pochodzenie greckie. *Praksis* oznacza czynność lub działanie, natomiast *logos* to nauka. Prakseologia jest zatem nauką o działaniu mającym walory tzw. dobrej roboty, co zostało ujęte w dziele Kotarbińskiego pt. *Traktat o dobrej robocie* (Kotarbiński, 1982). Według ogólnego kryterium poznawczego wyróżnia się (Stabryła, 1977, s. 5–6):

- teorię zdarzeń – teorię systemów, czyli koncepcja uwzględniająca stan badan i warunki technologiczne pozwalające na budowanie spójnych systemów społeczno-ekonomicznych,
- teorię działania – podejmowane są pomiary i analizy wszelkich działań,
- prakseologię – zajmuje się analizą działań o wysokim poziomie sprawności.

W prakseologii wyznaczane są działania celowe, a także sposoby osiągania celów. Ważnym aspektem są również powiązania między celem a środkami niezbędnymi do jego uzyskania (Kozień, 2019, s. 25). Działanie jest to celowe, świadome i dowolne zachowanie (Arrow, 1985, s. 56). Działanie powinno być poddane krytycznej analizie, może być zmienione pod wpływem namysłu. Wyróżnić można następujące składniki każdego działania (Stabryła, 2018, s. 98):

- sprawca – w sensie prakseologicznym jest to zawsze człowiek (pracownik, kierownik),
- cel działania – wewnętrzny lub narzucony z zewnątrz skłaniający sprawcę do działania,
- wynik działania – skutek, rezultat zamierzony lub niezamierzony, wyrób, wytwór,
- warunki – okoliczności działania, czasowe, przestrzenne oraz związane z kontekstem działania,
- aparatura – narzędzia, maszyny, urządzenia techniczne wykorzystywane przez sprawcę do osiągnięcia wyniku działania,

- materiał – zasób, tworzywo, surowiec przetwarzany przez sprawcę z wykorzystaniem aparatury i za pomocą środków i metod w celu osiągnięcia wyniku działania,
- uzasadnienie działania – racjonalne uzasadnienie przyczyn podjęcia działania i intencje sprawcy.

Prakseologia należy do nauk o charakterze interdyscyplinarnym. Zakres związany jest z innymi dziedzinami: antropologia, aksjologia, teologia, etyka, prawo, logika, psychologia, socjologia, ekonomia i cybernetyka. Związki pomiędzy prakseologią a innymi dziedzinami polegają na optymalizowaniu podejmowanych działań sprawnościowych w różnych obszarach np.: ekonomii, zarządzaniu, inżynierii, psychologii. W tab. 2.1. przedstawiono porównanie prakseologii z bliskimi obszarami dyscyplin naukowych w kontekście przedmiotu i wzglądu badania, metody formułowania twierdzeń, typu badań czy też formy twierdzeń.

Tab. 2.1. Porównanie prakseologii z bliskimi obszarami dyscyplin naukowych

Dyscyplina naukowa Kryteria, charakterystyka	Ogólna teoria systemów	Prakseologia	Cybernetyka	Nauka o zarządzaniu i organizacji
Przedmiot badania	System systemów	Działanie ludzkie	Sterowanie i informacja	Organizacja zespołów ludzkich
Wzgląd badania	Funkcjonowanie	Sprawność	Związki przyczynowo skutkowe, sprawność sterowania	Sprawność
Metoda formułowania twierdzeń	Głównie dedukcja	indukcja i dedukcja	indukcja i dedukcja	indukcja i dedukcja
Typ badań	Konstatacyjne	Głównie prospektywne	Konstatacyjne i prospektywne	prospektywne
Forma twierdzeń	Twierdzenie metodologiczne	Twierdzenia teoretyczne i dyrektywy praktyczne	twierdzenia teoretyczne	Twierdzenia teoretyczne i dyrektywy praktyczne

Źródło: (Szpaderski, 2006, s. 25).

Wśród prekursorów nauk prakseologicznych wyróżnić można m.in. (Cabała, 2007, s. 19–20).: Bourdeau’a, Espinasa, Śluckiego, Hosteleta, Von Misesa. Bourdeau (1824-1900) prawdopodobnie użył jako pierwszy słowa prakseologia w 1882 r. w kontekście nauki o funkcjach i czynnościach. według autora funkcja jest to seria skutków zrealizowanych w ustalonej formie, na które oddziałuje środowisko zewnętrzne. Koncepcja zaprezentowana przez odbiega od powszechnego pojmowania prakseologii, ponieważ obejmuje wszelkie organizmy żywe, nie

tylko ludzi. Kolejny z prekursorów – Espinas (1844-1922) określił rolę prakseologii jako nauki o ogólnych formach działania. Uważał, że prakseologia powinna łączyć dorobek nauk takich jak filozofia, psychologia czy socjologia i wykorzystywać ich zasady. Wskazywał na powiązania między prakseologią a pocięciem technologii ogólnej. Uważał, że skuteczne działanie wynika z poznania źródeł, umiejętności, praw, sposobów oraz aktywności. Następnie, Słucki (1880-1948), twórca dzieła pt. *Beitrag zur formal-praxeologischen Grundlegung der Oekonomik* opracował formalny system prakseologii, a także definicje podstawowych pojęć tj. podmiot działania, układ, obszar swobody układu, przestrzeń stanów czy oddziaływanie. Opracował także system teoretyczny do którego należą; ontologia formalna (teoria zdarzeń), stanowiąca najwyższy stopień ogólności, następnie prakseologia formalna oraz ekonomia, zajmująca się procesem gospodarowania. W dalszej kolejności Hostelet (1875-1960) – belgijski uczony, przedstawił syntetyczne ujęcie badań z zakresu skuteczności zarządzania w kontekście poznawczym i praktycznym; w innym opracowaniu stwierdził, że oprócz jasno określonego celu warunkiem sprawności działań jest również właściwy dobór środków i rozpoznanie warunków realizacji. Określenie warunków realizowanego przedsięwzięcia ma wpływ na skuteczność i wykonalność. Prakseologia oprócz wskazania celu powinna określać sposoby działania sprzyjające jego realizacji. Następnie, Kotarbiński był filozofem, logikiem i prakseologiem. Odegrał znaczącą rolę w tworzeniu i rozwijaniu nauk prakseologicznych. Za prekursorską pracę uznaje się *Szkice praktyczne* z 1913 r., gdzie został opublikowany ogólny zarys teorii czynu, która ma zadanie wyjaśnienie czym są działania celowe (Wielka encyklopedia.. 1965, s. 109). Czyn został zdefiniowany jako *proces działania wszystkich sił razem wziętych, który stanowi warunek konieczny celu* (Kotarbiński, 1999, s. 8). Najbardziej znanym dziełem twórcy polskiej szkoły prakseologii jest *Traktat o dobrej robocie* z 1955r., w którym zaprezentował syntetycznie główne cechy i zasady filozofii praktyczności. W Polsce kontynuatorami dzieł Kotarbińskiego byli m.in. Pszczołowski (1922-1999), Gasparski (1936-2022) oraz Zieleniewski (1901-1973). Dorobek Kotarbińskiego był podstawą rozważań Hosteleta (Cabała, 2007, s. 24–25; Hostelet, 1947). Do współczesnych badaczy prakseologii należą m.in.: Audi, Bratman, Fisher, Mele (Audi & others, 1993; Bratman, 1987; Fischer & Ravizza, 1993; Mele, 1997).

Ważnym aspektem w prakseologii jest analiza działania, która to koncentruje się na badaniu praktycznych aspektów ludzkiego działania w celu zrozumienia procesu podejmowania decyzji i realizacji działań. Analizę działania można rozpatrywać z perspektywy aksjologicznej, antropologicznej oraz logicznej.

Perspektywa aksjologiczna bazuje na aksjologii, czyli nauce o wartościach, w skład której wchodzi problematyka wartościowania i oceny działań. Na gruncie prakseologii opracowana została teoria ocen prakseologicznych i zaprezentowana przez Pszczołowskiego. Jako podstawę dla tychże ocen wyróżnić można podział m.in. oceny użyteczne, emocjonalne i hedonistyczne zaproponowany przez Petrażyckiego (Kowal, 2015, s. 19). Oceny użyteczne są nie-subiektywne i zrelatywizowane do celu (Pszczołowski, 1967, s. 20–22). Są one głównym źródłem rozważań w prakseologii. Bazują na przydatności lub nieprzydatności, a ich odzwierciedleniem jest suma *użyteczność* (Gasparski & Pszczołowski, 1983, s. 106). Podstawę stanowią pomiary i standardy. Oceny emocjonalne są dokonywane z punktu widzenia moralnego oraz estetycznego. Oceny hedonistyczne wynikają z punktu widzenia doznawanej przyjemności lub przykrości. Emocjonalne i hedonistyczne są subiektywne (Pszczołowski, 1969). Ocen prakseologicznych dokonuje się za pomocą ocen *ex ante* i *ex post*. Oceny *ex ante* wydawane są przed wykonaniem działania i bazują na teorii prawdopodobieństwa. Oceny *ex post* wydane są po wykonaniu działania i polegają na porównaniu wyników z celami (Pszczołowski, 1967, s. 40). Jest to ocena kluczowa pod kątem skuteczności (Kowal, 2015, s. 20). Powinna opierać się na modelach celu lub rezultatu. Model celu składa się z celów: głównego, pośrednich i ubocznych. Model rezultatu zawiera podobną strukturę (Pszczołowski, 1967, s. 41–42).

Perspektywa antropologiczna z kolei powołuje się na antologię, czyli naukę zajmującą się badaniem natury człowieka pod kątem jego roli w świecie, sensu istnienia i działania, a także określenia do czego jest powołany (Cabała, 2007, s. 38). Mechanizmy działania człowieka podzielić można na wewnętrzne i zewnętrzne. Do wewnętrznych należą mechanizmy odruchowo-instynktowne związane z zasadą zachowania życia i gatunku, czy też mechanizmy motywacyjne, które mogą być nabyte i kształtowane. Mianem mechanizmów zewnętrznych określa się działania wykonywane wyłącznie ze względów na zewnętrzne wymagania, gdzie motywy własne ograniczone są do minimum. Działania te mogą być podejmowane zgodnie lub wbrew woli człowieka (Reykowski, 1977).

Trzecia perspektywa bazuje na logice (perspektywa logiczna). Logika to *analiza języka i czynności badawczych (rozumowanie, definiowanie, klasyfikowanie itp.) w celu podania takich reguł posługiwania się językiem i wykonywania owych czynności, które uczyniłyby tę działalność możliwie jak najbardziej skuteczną* (Marciszewski, 1970, s. 126). Logika działania dotyczy zależności między poszczególnymi elementami działania. Logika umożliwia formalizację teorii działania, w związku z tym formalizacja prakseologii polega na budowaniu systemów

dedukcyjnych w których określić można pojęcia pierwotne i twierdzenia wynikające z aksjomatów (Cabała, 2007, s. 49).

Głównym pojęciem analizowanym w prakseologii jest sprawność. Nie ma jednoznacznego odpowiednika tego terminu w języku angielskim. Na jego gruncie pojęcie sprawności opisywane jest jako *efficiency* (Pszczółowski, 1978, s. 227) *universal efficiency* (Gasparski & Pszczółowski, 1983, s. 67), a nawet *efficaciousness* lub *efficacy* (Szpaderski, 2006, s. 15).

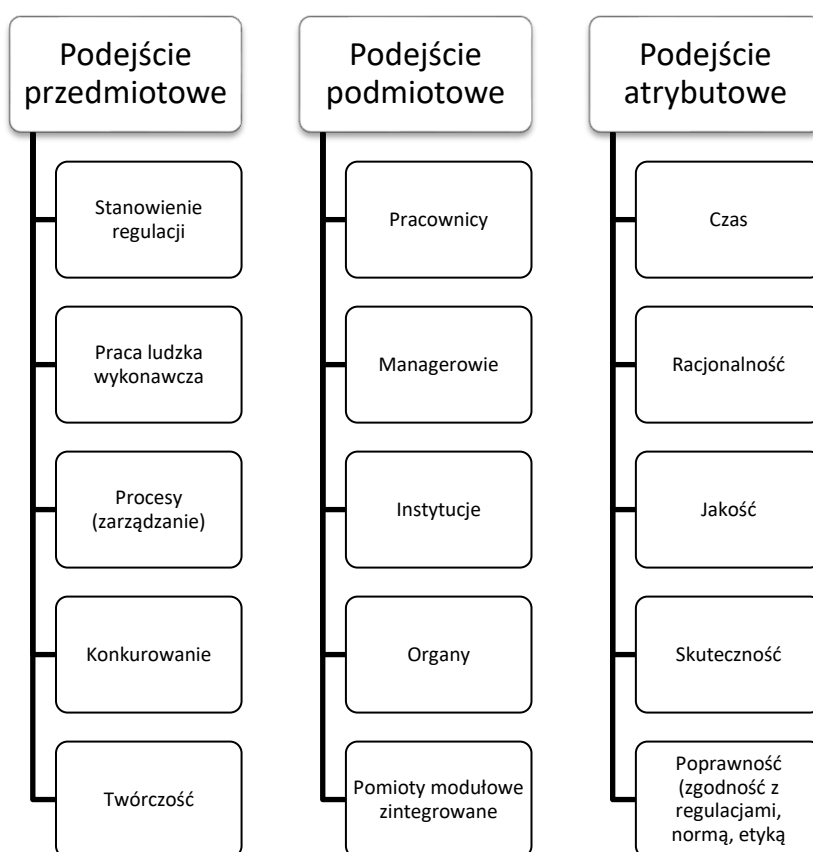
Sprawność może być definiowana w wielu różnych ujęciach i podejściach. Do głównych ujęć zaliczyć można:

- ujęcie syntetyczne,
- ujęcie uniwersalne,
- ujęcie ogólne,
- ujęcie rzeczywiste,
- ujęcie metodologiczne.

Sprawność w ujęciu syntetycznym oraz uniwersalnym rozpatrywana była przez Kotarbińskiego. Sprawność rozumiana w ujęciu syntetycznym oznacza zebranie jak największej liczby walorów dobrej roboty w jak najwyższym wymiarze, inaczej mówiąc jest to ogół walorów dobrej roboty (Kotarbiński, 1973, s. 117). Natomiast w znaczeniu uniwersalnym oznacza to, że każdy walor dobrej roboty stanowi odrębny element sprawności (Pszczółowski, 1978, s. 227). Dodatkowo Zieleniewski wyjaśnił sprawność w ujęciu ogólnym, rzeczywistym i metodologicznym. W sensie ogólnym za cechę sprawnego działania uznaje się minimalny stopień skuteczności osiągnięcia celu (Zieleniewski, 1979, s. 234). Sprawność rzeczywista to zdolność do skutecznego działania w konkretnych warunkach, spełniających odpowiednie kryteria sprawności w danej sytuacji. W ujęciu metodologicznym, sprawność dotyczy zdolności podmiotu działającego, który, posiadając wiedzę o warunkach działania, podejmuje wszelkie możliwe działania w celu zapewnienia sprawności rzeczywistej działania (Zieleniewski, 1979, s. 303–305).

Jeśli chodzi o podejścia to wyróżnia się podejście (rys. 2.1):

- przedmiotowe,
- podmiotowe,
- atrybutowe.



Rys. 2.1. Wybrane podejścia do sprawności

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Masiukiewicz, 2017, s. 5)

Podejście przedmiotowe odnosi się przede wszystkim do pracy ludzkiej o charakterze wykonawczym (Kotarbiński, 1982). W ramach tego podejścia znajduje się również ujęcie procesowe dotyczące zarządzania oraz podejmowania decyzji, ale także specyficzne procesy takie jak wytwarzanie dóbr i usług (Sulek, 2016). Podejście podmiotowe związane jest z analizą ludzkich działań oraz działań różnych podmiotów. We współczesnej gospodarce coraz częściej występują tzw. podmioty modułowe zintegrowane, organizacje funkcjonują w ramach sieci. Przykładami zjawisk badanych w ramach podejścia podmiotowego są m.in. gospodarka współdzielenia (*sharing economy*), gospodarka o obiegu zamkniętym (*circular economy*), zarządzanie zgodnością (*compliance management*) (Masiukiewicz, 2018). W podejściu atrybutowym zwraca się uwagę na kryteria takie jak: czas, racjonalność, jakość, efektywność bądź skuteczność. Równie ważnym aspektem jest ocena sprawności przez wzgląd na normy etyczne (Alexandre, 2006; Gasparski, 2013).

W literaturze wyróżnić można dwa podejścia związane z definiowaniem kategorii sprawności: polskie i anglojęzyczne. W związku z niejednoznacznością terminów sprawności, szczególnym wyzwaniem staje się poszukiwanie odpowiedników pomiędzy terminalami

takimi jak: sprawność, skuteczność, ekonomiczność, efektywność czy wydajność a opisywanymi w języku angielskim terminami *effectiveness*, *efficiency*, *performance* czy *efficacy*.

Jeśli chodzi o definiowanie sprawności bazując na podejściu polskim, T. Kotarbiński określił sprawność jako synonim każdej z pozytywnych cech działania. Rozróżnienie pojęcia sprawności można rozpatrywać w trzech znaczeniach (Cabała, 2007, s. 43–44):

- uniwersalnym, gdzie podkreślić należy wieloznaczność tego pojęcia - każdy z walorów praktycznego działania może zostać uznany za sprawność np. zwinność, dokładność, sumienność,
- syntetycznym, czyli składającym się z zebranych łącznie walorów praktycznych danego działania,
- manipulacyjnym, czyli odnoszącym się do wykonywanych podczas działania ruchów , przy czym powinny być one zoptymalizowane i przy najmniejszym wysiłku.

W ujęciu uniwersalnym, sprawność została przedstawiona w trzech postaciach: skuteczności, ekonomiczności i korzystności (Kotarbiński, 1973; Zieleniewski, 1979, s. 232).

Według Kotarbińskiego ocena sprawnościowa sprowadza się do zapytania a skuteczność i ekonomiczność działania, co stanowi podstawowe walory sprawności. Natomiast do dodatkowych walorów sprawnego działania zaliczyć można: prostotę, energiczność, wytrwałość, czystość, udatność czy dokładność (Kotarbiński, 1973; Pszczołowski, 1978; Zieleniewski, 1979, 1982) Wykorzystywanie poszczególnych walorów jest zależne od sytuacji, występujących przesłanek racjonalnych czy stopnia wykorzystania zasobów. Do tychże analiz wykorzystać można kryterium ekonomiczności lub korzystności (Mazurkiewicz, 2011, s. 51).

Sprawność to zagadnienie złożone, a jej pomiar jest skomplikowanym zadaniem. Główna przyczyna tego stanu rzeczy tkwi w licznych możliwych znaczeniach tej kategorii. Jednoznaczne stwierdzenie, czy dane działanie jest sprawne, wymaga oceny według kilku przyjętych kryteriów sprawności. Ze względu na konieczność syntetycznego i skwantyfikowanego wyrażania. Zieleniewski wprowadził pewne ograniczenia w sposób jej analizowania. Uznając, że najważniejsze w każdym działaniu jest osiągnięcie celu, dla którego zostało ono podjęte, przy jednoczesnym minimalizowaniu ponoszonych nakładów, autor określił podstawowe postaci sprawności jako: skuteczność, ekonomiczność i korzystność (Zieleniewski, 1979, s. 242). Zieleniewski wskazał również, że działanie cechuje się maksymalną możliwą w danych warunkach sprawnością w sensie metodologicznym, jeśli podmiot działający zrobił wszystko, co mógł w danych okolicznościach, aby zapewnić maksymalną pod każdym względem sprawność rzeczywistą tego działania. Zieleniewski rozwinął interpretację sprawności o zakwalifikowanie

kosztów do tzw. skutków działania ocenianych negatywnie (1979, s. 245). Kotarbiński rozróżniał mniej określone kategorie tj. zasoby lub ubytki.

Kieżun podjął próbę przedstawienia związków między prakseologią a nauką o organizacji i zarządzaniu. Zaproponował on system ocen sprawności działania pochodzący z nauki prakseologicznej (Kieżun, 1980, s. 44). Mazurkiewicz zdefiniowała sprawność jako skuteczne działanie, czyli takie które polega na określeniu właściwych celów oraz wykonania czynności, które te cele pozwolą spełnić (Mazurkiewicz, 2011, s. 47).

Sprawność była definiowana również w odniesieniu do funkcjonowania maszyny. W tej definicji jest to relacja pracy wykonanej przez maszynę do pracy, która mogłaby być wykonana po dostarczeniu maksymalnej energii tejże maszynie (Doroszewski, 1963, s. 628).

W związku z wieloma interpretacjami i podejściami do oceny sprawności wyróżnić można wiele kierunków badawczych w Polsce i na świecie. W konsekwencji dokonać można wiele ocen skuteczności lub efektywności w kontekście działania lub organizacji. Poza definiowaniem sprawności, wyróżniono również inne interpretacje (oceny) sprawności w podejściu polskim. Należą do nich m.in.: ekonomiczność, celowość, korzystność, wydajność, produktywność, użyteczność, oszczędność, elastyczność.

Pojęcia dotyczące sprawności na podstawie literatury anglojęzycznej rozwijali m.in. Bielski, Gasparski i Pszczołowski, Szpaderski, Ziębicki, Cabała. W literaturze anglojęzycznej znaleźć można więcej obszarów do tłumaczenia pojęcia sprawność. Głównymi hasłami, które jest łączone ze sprawnością są *efficiency* i *effectiveness*. Można również spotkać się z pojęciem *efficacy* czy *performance*.

Tłumaczenie pojęcia sprawności na gruncie języka angielskiego stanowiło wyzwanie. Pierwsze próby tłumaczenia podjął Gasparski (1983). Wprowadził tłumaczenie pojęcia sprawność jako *universal efficiency*, a ekonomiczność jako *economic efficiency* (Gasparski & Pszczołowski, 1983, s. 69–70). Samo pojęcie *efficiency* również stanowiło wyzwanie związane z mnogością tłumaczeń. Odnoszone było do korzystności (Zieleniewski, 1982, s. 231) oraz sprawności i wydajności (Pszczołowski, 1978, s. 219–220), a także ekonomiczności (Kownacki, 1976, s. 60).

Shaw (2009) zwrócił uwagę na trudność w jednoznacznym określeniu kategorii *efficiency* w gruncie języka angielskiego. We wcześniejszych interpretacjach był on bliskoznaczny z pojęciami: koszty, produktywność – wydajność (*productivity*), skuteczność (*effectiveness*) i koszty – skuteczność (*cost-effectiveness*) (Shaw, 2009, s. 854).

Następnie pojęcie *effectiveness* jest przez polskich badaczy zgodnie tłumaczone jako skuteczność (Kownacki, 1976; Pszczółowski, 1978; Zieleniewski, 1979). Lewin, Minton (1986) określili sprawność (*effectiveness*) jako syntetyczną oceną organizacji.

Sprawność tłumaczona z ang. *effectiveness* analizowana jest jako ocena sposobu działania (Cabała, 2007, s. 45). Sprawnością określić można działanie we właściwy sposób, natomiast działanie ukierunkowane na cel to skuteczność działania. W podobny sposób do zagadnienia podszedł Drucker określając sprawność jako robienie rzeczy we właściwy sposób, a skuteczność robieniem rzeczy właściwych.

Terminu *effectiveness* używa się w literaturze w następujących rodzajach (Kowal, 2010, s. 24):

- *management effectiveness* (skuteczność kierowania, zarządzania),
- *managerial effectiveness* (skuteczność kierownika),
- *organizational effectiveness* (interpretowane w literaturze polskiej w znaczeniu efektywności organizacji lub efektywności organizacyjnej).

Według Pearce'a, *management effectiveness* jest to osiągnięcie celów organizacji za pomocą skutecznych decyzji (Pearce, 2000, s. 191). Zagadnienie to jest często kojarzone z pojęciem *organizational effectiveness* (Aldag & Stearns, 1987; Bartol & Martin, 1991; Griffin, 2010; Haimann et al., 1985; Stoner & Wankel, 1992), ponieważ obejmują one podobny zakres tj. problematykę zarządzania i organizacji. Są to zagadnienia komplementarne (Kowal, 2015, s. 56). Zagadnienie to podobnie zostało ujęte z opracowaniu Haimann, Scott i Connor (1985, s. 13), zgodnie z którym podstawowym celem zarządzania jest *organizational effectiveness* tłumaczona jako stopień spełniania celów organizacji. Podsumowując powyższe definicje *managerial effectiveness* można uznać, że jest to pojęcie tożsame z *organizational effectiveness* i nie determinuje odrębnych metod pomiaru (Kowal 2015, s. 56).

Kolejne pojęcie to *managerial effectiveness*. Pojęcie zostało opisane w latach 60. i 70. w wielu publikacjach naukowych. Opisane zostało jako optymalizacja stylu kierowania, doboru kompetencji i zachowań kierownika. Zagadnienie to stało się przedmiotem publikacji m.in.: Kassem i Moursia (1971) oraz Rastogia i Davea (2004). *Managerial effectiveness* może być badana w trzech perspektywach:

- tradycyjnej - stawianie akcentu na zdolność określania i osiągnięcia celów (ME. prowadzi do O.E.)
- bazującej na poziomie kompetencji organizacji - określenie kontekstu długookresowego z uwzględnieniem wpływów zewnętrznych i wewnętrznych

- bazującej na kompetencjach indywidualnych - rozwijanie kompetencji kierownika, które może zastosować na poziomie krajowym i międzynarodowym - co jest nurtem przewodnim w publikacjach.

Ujęcia *managerial effectiveness* są również zbieżne z *organizational effectiveness* (Kowal, 2015, s. 55). Kolejnym, jednak nie mniej ważnym pojęciem jest *organizational effectiveness*. Pojęcie rozwinęło się na przełomie lat 50. i 60. i odnosi się do tematu oceny organizacji. W opracowaniach krajowych najczęściej spotkać można utożsamianie *organizational effectiveness* z pojęciem prakseologicznej skuteczności. Przy założeniu, że termin *efficiency* to efektywność, a *effectiveness* to skuteczność (Lubińska, 2009, s. 48; Opolski & Modzelewski, 2009, s. 34). Ta kwestia będzie poruszana szczegółowo w podrozdziale dotyczącym charakterystyki pojęcia skuteczności.

Kolejno w kontekście sprawności definiuje się pojęcie *efficacy*, czyli zdolność do osiągnięcia zamierzonych wyników, co jest terminem rzadko stosowanym w naukach o zarządzaniu. Brakuje odpowiedniego polskiego odpowiednika, gdyż słowo *zdolność* jest używane głównie w kontekstach technicznych, a nie w zarządzaniu (Wawak, 2013a). W naukach medycznych *efficacy* odnosi się do skuteczności działania w kontrolowanych warunkach, natomiast *effectiveness* określa skuteczność w realnych warunkach. W naukach psychologicznych zaś, funkcjonuje jako *self-efficacy* i zdefiniowano je jako wiarę w swoje własne zdolności do organizowania i wykonywania działań niezbędnych do osiągnięcia określonych celów. Pomimo, że twórca koncepcji Bandura skupia się na psychologicznym aspekcie *self-efficacy*, koncepcja ta ma również zastosowanie w szeroko pojętej skuteczności organizacyjnej, odnosząc się do zdolności zespołów lub organizacji do osiągnięcia zamierzonych wyników (Bandura, 1977).

Tłumaczenie kolejnego pojęcia związanego ze sprawnością to *performance*. W literaturze anglojęzycznej, nie ma jednoznacznej definicji słowa *performance*. Zostały natomiast określone trzy podejścia definiowania (Ford & Schellenberg, 1982, s. 49; Wawak, 2013b):

- celowościowe – przyjmujące, że organizacje dążą do realizacji wyznaczonych, końcowych celów (co jest zgodne z pojęciem skuteczności),
- zasobowe – zakładające, że organizacje muszą optymalnie zabezpieczać i wykorzystywać dostępne, ograniczone i szczególnie cenne zasoby (związane z pojęciem wydajności),
- procesowe – definiujące efektywność w kontekście zachowań członków organizacji (Steers, 1975).

Dodatkowo, Kuin określił, że *performance* jest pojęciem o szerszym znaczeniu niż efektywność. Zawarł on efektywność w definiowaniu *performance*, przy równoczesnym rozszerzeniu o zakładanych celach, a także alokacji zasobów.

Performance może być tłumaczone jako sprawność, w przypadku gdy porówna się ją do sprawności w ogólnym ujęciu syntetycznym, w którym stanowi kompleks skuteczności, ekonomiczności, korzystności, czy efektywności (Pszczołowski, 1978, s. 227). Najczęściej jednak jest powiązywane z efektywnością. Odmiany spotykane w literaturze: *business performance*, *organizational performance*, *firm performance*, *corporate performance*, *strategic performance*.

Podsumowując przegląd charakterystyk sprawności w podejściu polskim i anglojęzycznym można znaleźć części wspólne, ale także różnice w jej określaniu. Do podobieństw można zaliczyć skoncentrowaniu na osiąganiu celów organizacyjnych. Oba podejścia uznają, że działanie przedsiębiorstwa powinno prowadzić do realizacji określonych rezultatów. Każde z podejść kładzie nacisk na optymalne wykorzystanie zasobów, aby minimalizować koszty i maksymalizować zyski. W obu systemach stosowane są wskaźniki do oceny wydajności i skuteczności działań, które są pomocne w monitorowaniu postępów. Można również zauważyć różnice. W podejściu polskim sprawność rozumiana jest często jako połączeniu skuteczności i efektywności. Jest to podejście zintegrowane w dużej mierze uwzględniające aspekty jakościowe i ilościowe. W podejściu anglojęzycznym występują wyraźne rozgraniczenie między *efficiency* (wydajność) a *effectiveness* (skuteczność). *Efficiency* odnosi się do tego, jak dobrze zasoby są wykorzystywane (np. minimalizacja kosztów i maksymalizacja wydajności), podczas gdy *effectiveness* dotyczy tego, w jakim stopniu zamierzone cele zostały osiągnięte, bez koniecznego związku z kosztami (Drucker, 1967).

Skuteczność

Działanie skuteczne polega na podejmowaniu czynności prowadzących do osiągnięcia ustalonego celu. Osiągnięcie celu głównego nie jest wymagane, jeśli zostały osiągnięte przynajmniej cele pośrednie, które umożliwiły przybliżenie się do osiągnięcia wyniku (Bieniok & Kekin, 2003, s. 82). Według Kotarbińskiego skuteczność określa działanie prowadzące do określonego celu. Według Zieleniewskiego można ją mierzyć za pomocą określenia stopnia osiągnięcia celu lub zbliżenia się do niego. Skuteczność i celowość są pojęciem równoznacznym (Zieleniewski, 1974, s. 20). W ramach analizy zagadnienia należy interpretować rezultaty w sposób kwantyfikowalny. Jest to podejście, które jest stosowane w polskiej szkole prakseologii. Skutek działania utożsamiany jest z celem, co stanowi istotę oceny skuteczności. Ocena

skuteczności w tym znaczeniu jest związania z porównaniem między sobą wielkości kwantyfikowalnych. Haimann i in. wzięli pod uwagę skuteczność w kontekście organizacji działania kierownika i określili ją jako stopień realizacji celów (1985, s. 11). Jackson z kolei określił pojęcie skuteczności jako zgodność realizacji programu z tym, do czego zmierzał. Wyróżnił on również, że skuteczność organizacji powinna być oceniana w podejściu wielokryterialnym (1991, s. 18). Simons wskazał, że skuteczność może odzwierciedlać pomiary osiągania pożądanых wyników (2000, s. 110). Według Shawa skuteczność stanowi relację między celem a wynikiem rzeczywistym ((2000, s. 854). P. Drucker czerpał inspirację do interpretacji skuteczności z publikacji Towna (1986, s. 3–4), w której autor skupił się na kwestii kompetencji ówczesnego kierownika (inżyniera). Według Druckera, *effectiveness* (skuteczność) oznacza *robienie właściwych rzeczy* (Drucker, 1963, s. 54). Takie podejście do skuteczności wykracza poza ocenę wyników i celów oraz nie ogranicza się jedynie do porównywania mierzalnych wartości. Teorię tę w literaturze polskiej rozwija Cabała, według którego skuteczność dotyczy oceny celu w kontekście warunków, w jakich działa podmiot, natomiast sprawność odnosi się do oceny samego sposobu działania (2007, s. 46). Dodatkowo, Kanter, Brinkerhoff zwrócili uwagę, że istotą skuteczności działania jest adaptacja do otoczenia (1981).

W większości publikacji poświęconych skuteczności zarządzania, pojęcie to definiowane jest jako realizacja celów. Utożsamia się je również z angielskim pojęciem *management effectiveness*, co polega na porównanie wyników z celami. Takie podejście można spotkać w opracowaniach m.in. Barnarda (1938), Yarnada (1972), Koontz i O'Donnell (1986), Simons (2000), Pearce (2000).

Efektywność

Drugą z głównych miar sprawności najczęściej przytaczanych w literaturze jest efektywność, określana w języku angielskim głównie jako *efficiency*. W definiowaniu pojęcia *efficiency* wyróżnia się stosunkowo mniej interpretacji niż w *effectiveness*. W literaturze przedmiotu zostało rozwiniętych wiele kategorii na bazie pojęcia *efficiency*, ale pojęcia te można albo utożsamiać ze sprawnością w ujęciu syntetycznym lub utożsamiane jest z wydajnością lub efektywnością ekonomiczną, co oznacza porównanie efektów i nakładów. Przykłady efektywności traktowanej w kategoriach sprawności znaleźć można w publikacjach Polskiej Szkoły Prakseologicznej oraz w publikacji Shawa (2009).

Definicję efektywności w ujęciu prakseologicznym przedstawia się jako dodatnią cechę działań, których wynik jest oceniony pozytywnie niezależnie od tego czy był on zamierzony czy nie. (Pszczółowski, 1978, s. 60-61,219). Pszczółowski proponuje dwie definicje pojęcia

efektywność: pierwszą – działanie jest efektywne, gdy dostarcza pozytywnie oceniane wyniki i drugą gdzie efektywne działanie stanowi relację wyniku do celu tak jak to się ma w pojęciu skuteczności, przy czym cel nie musi być ustanowiony wcześniej niż rozpoczęto działania i uzyskano wynik pozytywny (Pszczołowski, 1977, s. 11).

Jeśli chodzi o podejście anglojęzyczne, to m.in. Koonz i in. określili efektywność jako realizację celów przy minimalnym koszcie lub przy jak najmniejszych niepożądanych skutkach (1986, s. 657). Kolejno, efektywność to ilość zasobów wykorzystanych do uzyskania określonego poziomu rezultatów (Simons, 2000, s. 110). W definicji opisanej przez Shaw, efektywność jest ogólną kategorią, która wiąże się z kosztem, skutecznością czy produktywnością (Shaw, 2009, s. 854). Według Cabały efektywność, rozumiana jako relacja między uzyskanym rezultatem a poniesionymi nakładami, stanowi najbardziej ogólną miarę działania (Cabała, 2007, s. 46).

Zgodnie z podejściem polskiej szkoły prakseologicznej, jeśli dany cel nie został zrealizowany, to działanie uznaje się za nieskuteczne. Jednakże, jeśli w wyniku określonego działania uzyskane zostaną wartościowe rezultaty, nawet jeśli nie były one zamierzone, działanie to jest efektywne (Pszczołowski, 1982, s. 159). Oznacza to, że działanie nieskuteczne może być efektywne, o ile przynosi pozytywne rezultaty. W związku z tym każde skuteczne działanie jest również efektywne, ale działanie efektywne nie zawsze musi być skuteczne.

Poszukiwanie odpowiedników, które w sposób jednoznaczny wskazują na właściwą interpretację na gruncie językowym jest kwestią dość skomplikowaną. Równocześnie można zauważyć powtarzalność tłumaczenia niektórych terminów. Termin *efficiency* jest kojarzony najczęściej z wydajnością lub efektywnością ekonomiczną, natomiast pojęcie *effectiveness* najczęściej oznacza skuteczność. Nie jest to jednak regułą dla wszystkich publikacji (Kowal, 2013, s. 13).

Pojęcia skuteczności i efektywności są trudne i niejednoznaczne w definiowaniu głównie ze względu na kwestie mierzalności i doboru kryteriów. W literaturze spotkać można dwa główne podejścia do interpretacji pojęć skuteczności i efektywności (Kowal, 2015, s. 14):

- pojęcia te są interpretowane równolegle w celu wskazania komplementarności ich ocen,
- skuteczność i efektywność poddane są indywidualnej interpretacji i odnoszą się wtedy głównie do oceny ekonomicznej.

Analizując ogólny dorobek teoretyczny, warto zauważyć, że tylko w nielicznych publikacjach efektywność i skuteczność są interpretowane komplementarnie. W literaturze przeważa podejście, które rozdziela te pojęcia, co często prowadzi do ich zamiennego stosowania. W

rezultacie, teoretyczne opracowania dotyczące ocen ekonomicznych stają się mało przejrzyste, a zamienne użycie obu terminów utrudnia zrozumienie istoty ocen ekonomicznych (Kowal, 2015, s. 60).

Skuteczność zarządzania w teoriach organizacji

Podstawą do omówienia zagadnienia skuteczności zarządzania są teorie dotyczące efektywności organizacyjnej, którą można utożsamiać ze skutecznością zarządzania oraz elementami *organizational performance*. Charakterystyka podejść *organizational effectiveness* i *organizational performance* jest punktem wyjścia do zdefiniowania skuteczności zarządzania.

Porównanie definicji *organizational effectiveness* i skuteczności zarządzania - są dwie odmienne definicje, które są ze sobą powiązane. Na potrzeby pracy pojęcie skuteczności zarządzania będzie bazowało w kontekście modeli, ujęć i narzędzi na pojęciu *organizational effectiveness*. Pojęcie *organizational effectiveness* ma szerszy zakres i odnosi się do poziomu osiągniętych celów i wyników, ale także do wykorzystania zasobów, kultury organizacyjnej czy też strategii działania. Stąd też będzie to odniesienie spójne z definicją skuteczności zarządzania w obszarze przemysłu przyszłości i transformacji cyfrowej. W opracowaniach krajowych najczęściej spotkać można utożsamianie *organizational effectiveness* z pojęciem prakseologicznej skuteczności. Przy założeniu, że termin *efficiency* to efektywność, a *effectiveness* to skuteczność (Lubińska, 2009, s. 48; Opolski & Modzelewski, 2009, s. 34).

Pierwsze próby definiowania koncepcji *organizational effectiveness* odbyły się w połowie lat 50tych. Pierwotnie w opisach koncepcji dokonano przeglądu interpretacji pojęć *efficiency* i *effectiveness*. Natomiast największa liczba badań przypadła na lata 70. i 80. XX wieku, gdzie powstało wiele interpretacji tego pojęcia. W związku z tym powstało wiele odmiennych i niespójnych opisów. Opracowania podsumowujące i mające znaczący wpływ na rozwój koncepcji opracowali m.in. Steers (1975); Campbell (1977); Cunningham (1977); Kanter, Brinkerhoff (1981); Cameron (1986a).

Ważnym etapem rozwoju było znalezienie korzeni badawczych *organizational effectiveness* w szkołach zarządzania. Pozwoliło to zidentyfikować tzw. *typical effectiveness attributes* Lewin, Minton (1986). Podstawowe atrybuty *effectiveness* zostały opracowane na podstawie wiedzy nt. zasad zarządzania, relacji międzyludzkich, podejmowanie decyzji i informowania, zarządzania strategicznego i projektami, zasobów ludzkich i teorii przypadków (Lewin & Minton, 1986, s. 516–517).

W Polsce tematyka *organizational effectiveness* zyskała większe zainteresowanie w latach 70. i 80. Tematyką zajmowali się m.in. Kownacki (1976), Kostecki (1980, 1982), Bielski

(1996, 2002). Zwrócili oni uwagę szczególnie na wielowymiarowy charakter *organizational effectiveness* (Kostecki, 1980, s. 55). Odnoszono się również to tego, że w ramach dorobku polskiej szkoły prakseologicznej nie istnieje jednoznaczny odpowiednik dla kategorii *organizational effectiveness* (Kowal, 2015, s. 51).

W literaturze przedmiotu problem efektywności zarządzania organizacją jest analizowany w sposób wielowymiarowy, obejmujący zarówno aspekty mierzalne (ekonomiczne i techniczne), jak i niemierzalne (społeczne, kulturowe czy systemowe). Bielski zaproponował kompleksowy model wielowymiarowej efektywności, uznawany za punkt odniesienia w badaniach nad skutecznością zarządzania. Autor ten wskazuje, że ocena efektywności wymaga jednoczesnego uwzględnienia siedmiu wzajemnie powiązanych wymiarów (Bielski, 1996, s. 114):

- wymiar rzeczowy opisujący stopień realizacji zadań i zaspokajania potrzeb otoczenia społeczno-gospodarczego,
- wymiar ekonomiczno-techniczny charakteryzujący relację między nakładami a efektami, a więc produktywność, wydajność i rentowność,
- wymiar systemowy obejmujący zdolność organizacji do przetrwania, adaptacji i rozwoju w zmiennym otoczeniu,
- wymiar polityczny (relacji z otoczeniem) dotyczący relacji z otoczeniem, pozycji przetargowej organizacji oraz zdolności do kształtowania układów w otoczeniu instytucjonalnym,
- wymiar polityczny ukazujący zdolność organizacji do utrwalania lub modyfikowania istniejących struktur władzy i ładu społecznego w jej wnętrzu,
- wymiar kulturowy odnoszący się do zdolności organizacji do tworzenia, upowszechniania i utrwalania wartości, norm i wzorców zachowań stanowiących podstawę spójności,
- wymiar behawioralny koncentrujący się na ocenie postaw i motywacji członków organizacji; obejmuje morale, satysfakcję zawodową oraz lojalność wobec celów organizacyjnych.

Jeśli chodzi o literaturę anglojęzyczną to efektywność organizacyjną traktowana jest jako kategorię pozostająca otwartą do dalszych badań.

Cechy efektywności organizacyjnej (Cameron & Whetten, 1996, s. 298):

- różnorodność interpretacji - sposób definiowania pojęcia *organizational effectiveness* zależy od perspektywy definiującego - podobnie jak z definicją przedsiębiorstwa 4.0,
- zmienność w czasie kryteriów i wartości - rozwój koncepcji i modeli wpływa na postrzeganie *organizational effectiveness*.
- odnosi się na atrybutów organizacji zamiast do produktów czy usług,

- główne kierunki badań to zachowania organizacyjne i socjologia organizacji,
- krytyka *organizational effectiveness* za zbyt teoretyczne i niejednoznaczne podejście utrudniające wdrożenie w praktyce,
- ogólny charakter oceny *organizational effectiveness*,
- wyzwanie w postaci identyfikacji właściwych kryteriów oceny.

W literaturze znaleźć można wiele interpretacji pojęcia *organizational effectiveness*, co jak opisano powyżej stanowi jej cechę. Kanter i Brinkerhoff (1981) zaproponowali klasyfikację interpretacji efektywności organizacyjnej, dzieląc je na trzy główne grupy (1981, s. 322):

- osiąganie celów i skuteczność zadań (wyniki, efektywność oraz rezultaty działań organizacji),
- struktura i procesy organizacyjne (cechy organizacji, satysfakcja pracowników, motywacja, komunikacja oraz rozwiązywanie konfliktów wewnętrznych),
- adaptacja do otoczenia (zdolność do elastycznego dostosowywania się do zmian, pozyskiwania zasobów oraz długoterminowego przetrwania).

W pierwszej grupie efektywność organizacyjna jest związana z modelem celowym, jednak istnieje krytyka tego podejścia, która wskazuje na złożoność organizacji jako systemu składającego się z wielu jednostek, co utrudnia precyzyjne określenie celów. W tym kontekście pojawia się również problem subjednostek i tzw. efektywności pośredniej (*immediate effectiveness*), która odnosi się do pomiaru i standardów obecnych w organizacji (Kanter & Brinkerhoff, 1981, s. 327–329). Druga grupa interpretacji koncentruje się na tym, jak struktura organizacji i zachodzące w niej procesy wpływają na wyniki. Większość badaczy zgadza się, że te elementy mają kluczowe znaczenie dla efektywności organizacji. Trzecia grupa zakłada, że przetrwanie organizacji jest ostatecznym kryterium jej oceny (Kanter & Brinkerhoff, 1981, s. 331), a skuteczność definiuje się przez zdolność do adaptacji w zmieniającym się otoczeniu (Kowal, 2015, s. 43).

Gaertner i Ramnarayan (1983) przedstawili inną klasyfikację interpretacji efektywności organizacyjnej, definiując ją jako relację między organizacją a jej kluczowymi klientami. W ich koncepcji, efektywność nie jest statycznym stanem, lecz dynamicznym procesem związanym z relacjami, a nie tylko z wynikami (1983, s. 97). Klasyfikacja ta opiera się na dwóch głównych kryteriach:

- intencje wykorzystania (podejścia ogólne oraz konkretne),
- koncentracja definicji (podejście oparte na wynikach oraz na procesach i strukturze).

W ten sposób Gaertner i Ramnarayan dostarczają nowego spojrzenia na efektywność organizacyjną, koncentrując się na relacjach oraz procesach, które ją kształtują.

W literaturze przedmiotu dominującą interpretacją efektywności organizacyjnej zaproponowaną przez Etzioniego jest definiowanie jej jako stopnia, w jakim organizacja osiąga swoje cele. Choć takie podejście charakteryzuje się zarówno prostotą, jak i złożonością, szybko stało się przedmiotem dyskusji, zwłaszcza w kontekście samego odniesienia do celu organizacji. Warto zauważyć, że kluczowym punktem wyjścia dla tego modelu jest zrozumienie istoty organizacji (Kowal, 2015, s. 44; Price, 1972, s. 3).

Podsumowując dorobek związany z interpretacją efektywności organizacyjnej (*organizational effectiveness*), należy zwrócić uwagę na kilka istotnych aspektów. Po pierwsze, kluczową kwestią jest dyskusja nad oceną wyników organizacji. Punktem odniesienia są tu cele przedsiębiorstwa lub cele grup społecznych zaangażowanych w organizację, a nie koszty jej funkcjonowania. Spojrzenie na przedsiębiorstwo jako na zjawisko socjologiczne, odzwierciedlone w wielu interpretacjach *organizational effectiveness*, może zniekształcać istotę ocen przedsiębiorstwa jako organizacji ekonomicznych. Różne grupy społeczne mogą wiązać z funkcjonowaniem przedsiębiorstwa różne partykularne cele, ale czy one powinny stanowić podstawę ocen ekonomicznych? Jeśli przyjąć ten pogląd, to zostanie zaakceptowany subiektywizm ocen organizacji, co prowadzi do niespójności kategorii *organizational effectiveness*.

Po drugie, przyjęta wielokryterialność ocen efektywności organizacyjnej często wiąże się z akceptacją różnorodnych, nieuporządkowanych, a nawet sprzecznych kryteriów, reprezentujących różne perspektywy ocen organizacji. Brak porządkowania tych kryteriów sprzyja niespójności interpretacji *organizational effectiveness*. Wielokryterialność ocen organizacji w ujęciu wynikowym bezpośrednio prowadzi do kwestii związanych z pojęciem *performance*. Na tej podstawie możliwe jest postrzeganie ocen organizacji jako hierarchicznych zależności pomiędzy efektami reprezentującymi różne poziomy wyników przedsiębiorstwa [zob. punkt 2.1].

We wczesnych ujęciach *organizational effectiveness* (modelach celowych) ocena organizacji była ograniczona do interpretacji wyników reprezentujących cele podstawowe przedsiębiorstwa. Takie wąskie podejście jest już niewystarczające w dobie rozwoju wielu koncepcji teoretycznych i różnorodnych modeli biznesu.

Organizational performance

Koncepcja efektywności organizacyjnej tłumaczonej z ang. *organizational performance* odnosi się do zdolności organizacji do osiągania swoich celów oraz efektywnego

wykorzystania zasobów. Według Meyera i Gupty (1994), korzenie pojęcia *organizational performance* można odnaleźć w XIX wieku, kiedy to miary finansowe zaczęły przyciągać uwagę badaczy. Wyraźne przykłady interpretacji pojęcia efektywności w kontekście teoretycznych rozważań nad istotą efektywności organizacyjnej można zauważyć już na przełomie lat 70. i 80. (np. Scott, 1977; Kanter, Brinkerhoff, 1981). W tym okresie wiele publikacji utożsamiało pojęcie *organizational performance* właśnie z *organizational effectiveness* (Glunk & Wilderom, 1996, s. 4). Przykładem może być praca Kanter i Brinkerhoff, w której oba pojęcia są używane zamiennie. Z kolei Scott opisuje wskaźniki *organizational effectiveness* w kontekście ocen dokonywanych w ramach *organizational performance* (Scott, 1977, s. 75).

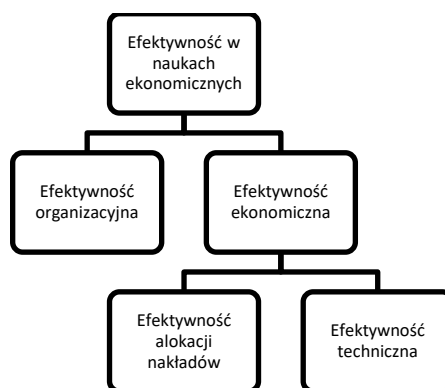
Odrębne podejście badawcze związane z pojęciem efektywności jako *performance* zaczęły być prowadzone w połowie lat 80., kiedy to wyróżniono główne typy, takie jak efektywność finansowa (*financial performance*) oraz efektywność operacyjna (*operational performance*). *Financial performance* definiuje się jako indeksy bazujące na rachunkowości oraz miary oparte na rynku (McGuire et al., 1986, s. 127). Ten podział jest istotny, ponieważ odzwierciedla przełom w badaniach nad efektywnością. W początkowym okresie zainteresowania efektywnością, pomiar ten utożsamiano głównie z wynikami finansowymi. W XIX wieku zaczęto badać efektywność na podstawie wskaźników finansowych, związanych z pomiarem wyników i kosztów (Kowal, 2015, s. 48).

Efektem interpretacji *operational effectiveness*, stało się założenie, że oceny efektywności są wielokryterialne i zależne od klienteli. W rezultacie zatarła się przejrzystość ocen organizacji, co doprowadziło do przekonania, że nie można stosować żadnej pojedynczej i prostej miary efektywności do oceny organizacji. Przyjęto, że miary efektywności powinny być różnorodne i całkowicie odmienne (Meyer & Gupta, 1994, s. 312–314).

Kolejnym impulsem do rozwoju interpretacji efektywności operacyjnej (*operational performance*) była krytyka miar finansowych. Zauważono, że miary te są przestarzałe i niewłaściwe, ponieważ odzwierciedlają jedynie przeszłość, a lepiej nadają się do mierzenia skutków wcześniejszych decyzji niż do prognozowania przyszłej efektywności (Eccles, 1991, s. 132). Miary finansowe ukazują wartości bazujące na decyzjach kierowniczych w ostatnim czasie, nie wskazując, jakie działania powinny być podjęte, aby generować przyszłą wartość ekonomiczną (Kaplan & Norton, 2001, s. 40). Te wskaźniki dokumentują jedynie to, co już miało miejsce, najczęściej na poziomie wyników, które są ostatecznym celem organizacji.

Skuteczność zarządzania w teorii ekonomicznej jest związana z pojęciem efektywności, czyli miarą, w jakiej organizacja wykorzystuje swoje zasoby w celu osiągnięcia określonych

celów. Efektywność w naukach ekonomicznych można analizować z dwóch perspektyw: efektywności organizacyjnej oraz efektywności ekonomicznej (rys. 2.2).



Rys. 2.2. Efektywność w naukach ekonomicznych

Źródło: (Camanho & Dyson, 2005, s. 486; Ziębicki, 2011, s. 19)

Efektywność ekonomiczna odnosi się do optymalnego wykorzystania zasobów w celu maksymalizacji zysków lub minimalizacji kosztów. Efektywność organizacyjna mierzy zdolność organizacji do realizacji swoich celów, uwzględniając jej strukturę, kulturę organizacyjną oraz zdolność do adaptacji. W naukach o zarządzaniu, efektywność organizacyjna jest kluczowym wskaźnikiem skuteczności działań zarządczych oraz zdolności do osiągania strategicznych celów. Efektywność alokacji zasobów odnosi się do zdolności organizacji do optymalnego rozmieszczenia swoich zasobów, takich jak kapitał, praca, materiały i technologia, w sposób, który maksymalizuje wartość produkcji lub minimalizuje koszty. Efektywność techniczna odnosi się do zdolności organizacji do maksymalizacji produkcji przy danym poziomie zasobów lub do osiągnięcia danego poziomu produkcji przy minimalnym zużyciu zasobów. Każda z tych kategorii efektywności w naukach ekonomicznych ma bezpośrednie odniesienie do teorii zarządzania, gdzie efektywne zarządzanie zasobami, procesami i ludźmi jest kluczowe dla osiągania założonych celów organizacyjnych.

Organizational effectiveness i *organizational performance* to pojęcia, które można używać zamiennie lub rozłącznie w zależności od kontekstu. Niektórzy autorzy, tacy jak Kanter i Brinkerhoff, używają tych terminów zamiennie, uznając *organizational performance* za element składowy *organizational effectiveness* (Glunk & Wilderom, 1996, s. 4). Inni badacze, np. Venkatraman i Ramanujam, wyraźnie rozróżniają te pojęcia. *Organizational effectiveness* jest dla nich pojęciem szerszym, obejmującym zarówno oceny obiektywne (oparte na systemach wewnętrznej rachunkowości czy zewnętrznych rankingach), jak i percepcyjne (oceny kierownictwa). *Organizational performance* to natomiast tylko jeden z aspektów *organizational effectiveness* (Venkatraman & Ramanujam, 1987, s. 110). Koncentruje się głównie na wynikach

organizacji tj. m.in. przychody, zyski, udział w rynku czy innych mierzalnych wskaźnikach wydajności. Nie wyczerpuje natomiast w całości pojęcia skuteczności zarządzania.

Biorąc pod uwagę specyfikę przedsiębiorstwa, następujące definicje *organizational effectiveness* i *organizational performance* wydają się najbardziej adekwatne w poniższych obszarach:

- stopień realizacji celów organizacji, gdzie Etzioni definiuje *organizational effectiveness* jako stopień, w jakim organizacja realizuje swój cel, co jest kluczowe w kontekście skuteczności zarządzania, gdyż cele przedsiębiorstwa są podstawą podejmowanych działań (Hall, 1980, s. 536; Price, 1972, s. 3),
- wielowymiarowość i wielorakość, gdzie Chelladurai (1987) wskazuje na wielowymiarowość i wielorakość *organizational effectiveness*, a skuteczne zarządzanie przedsiębiorstwem wymaga uwzględnienia różnych aspektów, takich jak wydajność, produktywność, satysfakcja interesariuszy itp.,
- związek z otoczeniem, gdzie Yuchtman i Seashore podkreślają, że *organizational effectiveness* jest ściśle związana z otoczeniem, w którym działa organizacja a skuteczne zarządzanie musi uwzględniać konkurencję i warunki rynkowe (1967).

Podsumowując, skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie można rozumieć jako wielowymiarową ocenę stopnia realizacji celów organizacji, uwzględniającą zarówno miary obiektywne, jak i percepcyjne, w kontekście otoczenia, w którym działa firma. Pojęcia *organizational effectiveness* i *organizational performance* można używać zamiennie w tym znaczeniu.

Modele skuteczności zarządzania

Modele skuteczności zarządzania mogą być sklasyfikowane według wielu kategorii. Jedną z najczęściej spotykanych klasyfikacji jest związana z podziałem na modele celowe i systemowe. W literaturze przedmiotu za podejście tradycyjne interpretacji efektywności organizacyjnej (*organizational effectiveness*) uważa się tzw. ujęcie celowe, które bywa także określane jako podejście celowe lub model celowy. Jego wyraźna charakterystyka nastąpiła dopiero w kontekście rozwoju kolejnych ujęć interpretacyjnych efektywności organizacyjnej. W publikacjach wskazuje się na różne korzenie i prekursorów tego podejścia:

- Ghorpade (1970) korzeni modelu celowego upatruje w strukturach biurokratycznych Webera, metodach zarządzania naukowego Taylora i teorii zarządzania administracyjnego (Ghorpade 1970, s. 32),

- Steers (1975) wskazuje na publikację Thorndike'a, który jako pierwszy zauważył tendencję do pomiaru efektywności (Steers, 1975, s. 32).

Podejście celowe koncentruje się na stopniu, w jakim organizacja osiąga założone cele. Skuteczna organizacja to taka, która skutecznie realizuje swoje cele i zadania. Podejście to było dominujące w początkowym okresie badań nad efektywnością organizacyjną (skutecznością zarządzania), jednak z czasem spotkało się z krytyką ze względu na trudności w precyzyjnym określeniu celów organizacji, zwłaszcza w kontekście ich złożoności i zmienności (Tab. 2.2).

Tab. 2.2. Zestawienie wybranych modeli skuteczności zarządzania

Podejście	Model	Kluczowe założenie	Główni autorzy
Celowe	Model celowy	Ocena realizacji założonych celów	Ghorpade 1970; Steers 1975
	Model celu operacyjnego	Skupienie na nadrzędnym celu	Keeley 1978
Systemowe/zasobowe	Model systemowy	Maksymalizacja pozycji przetargowej i pozyskiwania zasobów	Yuchtman, Seashore 1967
Interesariuszy	Model strategicznej klienteli	Rywalizacja grup interesu	Connolly et al. 1980
	Model konkurujących wartości	Synteza oparta na wartościach organizacyjnych	Quinn, Rohrbaugh 1983
Funkcjonalne	Model funkcjonalny	Zdolność realizacji funkcji organizacyjnych	Cameron, Whetten 1981
Negatywne	Model nieskuteczności	Identyfikacja czynników hamujących	Cameron 1984
Organizational performance	Model maksymalizacji	Maksymalizacja wartości długoterminowej	Meyer, Gupta 1994
	Model polityczny	Zależność od dominującej koalicji	Meyer, Gupta 1994
	Model biznesu	Związki przyczynowe między miarami	Meyer, Gupta 1994

Źródło: opracowanie własne.

Wśród modeli celowych wyróżnić można np. model celu operacyjnego, charakteryzuje się skupieniem na nadrzędnym celu organizacji, który często jest trudno mierzalny i ma bardziej ogólny charakter (Keeley, 1978) czy też model celu racjonalnego. Kolejne rodzaje modeli dotyczą podejścia do zasobów i systemów. Pierwszy z nich, tj. model systemowy (Yuchtman & Seashore, 1967) zakłada, że organizacja osiąga najwyższą skuteczność, gdy maksymalizuje swoją pozycję przetargową oraz optymalizuje proces pozyskiwania zasobów. Kluczową przesłanką tego modelu jest to, że nie można opracować odpowiedniej koncepcji skuteczności zarządzania bez uwzględnienia interakcji między organizacją a jej otoczeniem. Według tego podejścia otoczenie narzuca organizacji określone działania. Organizacja powinna być traktowana nie tylko jako wynik ludzkich zachowań czy procesów społecznych, ale jako samodzielna jednostka podlegająca analizie i ocenie. Skuteczność zarządzania odzwierciedla zdolność

organizacji do wykorzystywania swojego otoczenia w celu pozyskiwania rzadkich i cennych zasobów (Price 1972, s. 3).

Innym rodzajem modeli są te, które bazują na relacjach interesariuszy. Zaliczyć można do nich m.in. model strategicznej klienteli (Connolly et al., 1980) czy model konkurujących wartości (Quinn & Cameron, 1983). W przypadku modelu klienteli strategicznej autorzy postrzegają organizację jako podmiot, w którym manifestuje się rywalizacja między różnymi grupami interesu. W związku z tym ocena organizacji dokonywana jest z perspektywy zróżnicowanych oczekiwań i zamierzonych rezultatów tych grup. W takim ujęciu organizacje są traktowane jako instrumenty służące do realizacji celów różnych interesariuszy. Jeśli chodzi o model konkurujących wartości, to stanowi on Model konkurujących wartości stanowi syntezę i rozszerzenie wcześniejszych modeli. Zakłada on, że ocena skuteczności zarządzania (*organizational effectiveness*) opiera się na wartościach. Wychodząc od wartości organizacyjnych, zestawiane są trzy grupy konkurujących wartości, które prowadzą do różnych definicji skuteczności. Te zestawy wartości obejmują różne aspekty wcześniejszych modeli: dylemat środków i celów nawiązujący do modelu celu oraz modelu systemu, dylemat wewnętrznego i zewnętrznego ukierunkowania odnosi się do potrzeb różnych interesariuszy oraz dylemat kontroli i elastyczności. Na podstawie tych konkurujących wartości (Quinn & Cameron, 1983) wyróżniono cztery modele skuteczności zarządzania: racjonalnych celów, procesów wewnętrznych, otwartego systemu oraz relacji międzyludzkich.

Model racjonalnego celu wywodzi się z teorii, które postrzegają organizację jako grupę osób i zasobów zjednoczonych w celu realizacji określonych zadań. W tym modelu zakłada się, że członkowie organizacji działają racjonalnie, co oznacza, że kierują się ustalonymi celami i starają się je osiągnąć przy minimalnych nakładach (Ziębicki, 2010, s. 42). Efektywność w tym modelu utożsamiana jest z prakseologiczną skutecznością, co oznacza, że jest to stopień osiągania celów organizacji. Do ograniczeń tego modelu można zaliczyć występowanie w organizacji wielu celów, które mogą być względem siebie konkurencyjne, zmienność celów organizacji czy też cele mogą być trudne do zmierzenia (Bielski, 1996).

Model procesu wewnętrznego zakłada, że skuteczność organizacji wynika ze skutecznego zarządzania procesami wewnętrznymi. W tym podejściu skuteczność zarządzania (*organizational effectiveness*) jest efektem powiązania procesów z wynikami, ich ciągłego doskonalenia, eliminacji wszelkich form marnotrawstwa oraz stworzenia środowiska sprzyjającego wysokiej wydajności. Kluczowe znaczenie ma tutaj utrzymanie porządku wewnętrznego oraz efektywne zarządzanie procesami informacyjnymi.

Następnym jest model systemu otwartego. Według tego modelu organizacja postrzegana jest jako jednostka społeczna, która potrafi realizować określone cele, ale jednocześnie angażuje się w działania niezbędne do jej własnego utrzymania (Scott, 1977, s. 73). W organizacji istotne są wartości skoncentrowane na wzroście i pozyskiwaniu zasobów, elastyczności i innowacyjności, a także na rozwoju i zaangażowaniu pracowników, relacjach interpersonalnych oraz morale zespołu.

Model stosunków międzyludzkich zakłada, że kluczowym czynnikiem wpływającym na skuteczność organizacji są członkowie organizacji. W przeciwieństwie do modelu racjonalnego celu, to podejście bazuje na założeniu, że ludzie nie kierują się wyłącznie logicznymi i racjonalnymi przesłankami w swoim działaniu. Istotne stają się tutaj zrozumienie potrzeb i systemów wartości pracowników. Ważną rolę odgrywają relacje międzyludzkie oraz struktura nieformalna w organizacji. Skuteczność zarządzania w tym modelu zależy od atmosfery współpracy i poziomu zaspokojenia potrzeb społecznych członków organizacji.

Inny z modeli spotkany w literaturze to model funkcjonalny. Model funkcjonalny w efektywności organizacyjnej jest jednym z podejść, które koncentruje się na analizie organizacji poprzez pryzmat jej funkcji i procesów. Model funkcjonalny zakłada, że efektywność organizacji można ocenić na podstawie jej zdolności do realizacji określonych funkcji, takich jak produkcja, marketing, zarządzanie zasobami ludzkimi i inne. W tym podejściu kluczowe jest zrozumienie, jak różne funkcje organizacji współdziałają ze sobą, aby osiągnąć cele strategiczne (Cameron & Whetten, 1981).

Kolejnym z modeli jest model nieskuteczności. Model ten, koncentrując się na czynnikach hamujących osiąganie pozytywnych wyników przez organizację, oferuje inną perspektywę, postrzegając organizację jako zbiór problemów i wad (Cameron, 1986a). Jego główne założenie opiera się na tym, że identyfikacja problemów i deficytów (nieskuteczności) jest łatwiejsza, dokładniejsza, bardziej spójna i bardziej użyteczna niż ocena na podstawie kryteriów kompetencji (skuteczności). W związku z tym efektywność organizacyjna jest definiowana jako brak czynników prowadzących do nieefektywności.

Powyższe modele odnoszą się do skuteczności zarządzania bazującej na pojęciu *organizational effectiveness*. Należy również wymienić modele, które pochodzą z charakterystyki *organizational performance* opracowane przez Meyer i Gupta. Należą do nich: model maksymalizacji (*maximizing model*), model polityczny (*political model*), model klienteli (*constituent model*) i model biznesu (*business model*).

Model maksymalizacji znany również jako model racjonalnego wyboru (rational choice model), opiera się na założeniu, że długoterminowa wartość przedsiębiorstwa jest maksymalizowana. Oznacza to, że pomiary efektywności są sprowadzone do jednego wskaźnika, który odzwierciedla tę wartość. Przykładem takiego wskaźnika jest wartość dla akcjonariuszy (Rappaport, 1986). W modelu politycznym interpretacja efektywności organizacji jest uzależniona od preferencji dominującej jednostki lub koalicji. Założenia modelu klienteli są zbliżone do tych stosowanych w analogicznym modelu interpretacji *organizational effectiveness*. Następnie model biznesu, który jest narzędziem heurystycznym. Opis możliwych relacji między różnymi miarami efektywności, który pomaga organizować działania firmy poprzez identyfikację przyczynowych zależności między niefinansowymi a finansowymi miarami efektywności (Meyer & Gupta, 1994, s. 354–356).

Przyjęte modele skuteczności zarządzania są zróżnicowane i mają swoje uzasadnienie w kontekście potrzeb organizacji oraz jej otoczenia. Oprócz definiowania modeli, należy podjąć próbę oceny skuteczności zarządzania.

2.2. Metody oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem

Skuteczne zarządzanie przedsiębiorstwem wymaga zastosowania odpowiednich metod i narzędzi, które pozwolą na optymalizację procesów, poprawę wyników oraz ciągłe doskonalenie organizacji. Współczesne podejścia do oceny efektywności organizacji cechują się (Ziębicki, 2010, s. 632–642):

- związaniem oceny ze strategią organizacji oraz zadowoleniem interesariuszy,
- dostosowaniem kryteriów oceny do specyfiki danej organizacji,
- wieloaspektowym charakterem oceny,
- zastosowaniem zarówno ilościowych, jak i jakościowych kryteriów,
- porównywaniem wskaźników z innymi organizacjami w celu doskonalenia (benchmarking).

W literaturze opracowanych zostało wiele metod oceny skuteczności zarządzania. Głównie bazują one na koncepcji *organizational effectiveness*. Dobór kryteriów oceny skuteczności zarządzania nie jest jednoznaczny i stanowi wyzwanie dla badaczy ze względu na różnorodność dostosowanych atrybutów, a także zróżnicowanie modeli biznesowych organizacji. Jedną z pierwszych prób określenia kryteriów wskazujących istotę skuteczności organizacyjnej została podjęta przez Steersa (1975). Następnie kryteria rozwijali m.in.: Campbell (1977), Bielski (1986), Holstein-Beck (1987), Ziębicki (2009).

Wyróżnia się metody jednokryterialne oraz wielokryterialne. Pierwsze z nich charakteryzują skuteczność zarządzania poprzez pojedyncze kryteria. Do metod jednokryterialnych zaliczyć można metody badań społecznych, które odnoszą się do jakościowych aspektów pomiaru skuteczności zarządzania. W ramach badań społecznych wyróżnić można badania opinii pracowników, sondaże wewnętrzne, metody eksperckie. Drugi rodzaj metod oceny jednokryterialnej są badania wskaźnikowe, pośród których określa m.in. kluczowe wskaźniki efektywności (KPI). Są one w dużej mierze związane z analizą ekonomiczną, co nie oddaje pełnego obrazu działania przedsiębiorstwa.

Metody wielowymiarowe umożliwiają agregację kryteriów. Dzieli się na metody indeksowe oraz graniczne. Metody indeksowe polegają na agregacji określonej liczby wskaźników cząstkowych w postaci syntetycznego indeksu. W praktyce cieszą się dużą popularnością (Ziębicki, 2014, s. 86). Metody graniczne umożliwiają ocenę wielu nakładów oraz uzyskiwanych wskaźników. Do metod granicznych należą: metody parametryczne i nieparametryczne (Sikora & Kulczycki, 2008, s. 138). Przykładami metod parametrycznych są (Koliński, 2011, s. 1089): COLS – skorygowana metoda najmniejszych kwadratów (*corrected ordinary least squares*), FPF – estymacja granicznej funkcji produkcji (*frontier production function*), TFA – metoda grubej granicy (*thick frontier approach*), SFA – stochastyczną analizę graniczną (*stochastic frontier approach*). Metody parametryczne mają swoje zastosowanie w badaniu skuteczności bazującej na efektywności kosztowej i dochodowej (Ziębicki, 2014, s. 87). Drugim rodzajem są metody nieparametryczne. Główne z nich to DEA *analysis* – metoda obwiedni danych (*data envelopment*) oraz FDH – szczególna odmiana metody DEA (*free disposal hull*). Metoda DEA ta pochodzi z końca lat 70.XX i została opracowana przez Charnesa, Coopera i Rhodesa (1978). Jest ona narzędziem pomiaru efektywności technicznej w ujęciu Farella. Można również spotkać zamienne określenie efektywność technologiczna (Guzik, 2009, s. 21). Metodą tą można równocześnie badać zależności pomiędzy wieloma nakładami i rezultatami (Ziębicki, 2014, s. 88).

Współczesne metody i koncepcje skuteczności zarządzania

Według Ecclesa, opublikowanego w Harvard Business Review, współczesne podejście do oceny efektywności organizacyjnej charakteryzuje się kilkoma szczególnymi cechami (Eccles, 1991, s. 131–137). Obecnie organizacje przykładają znacznie większą wagę do oceny skuteczności niż w przeszłości. W środowisku biznesowym utrwaliło się przekonanie, że jeśli coś da się zmierzyć, to można tym zarządzać i doskonalić. Kluczowym obszarem wyników we współczesnych organizacjach jest zarządzanie jakością oraz zadowolenie klienta, które obecnie

stanowią główne płaszczyzny skutecznego zarządzania. Aby uwzględnić szerokie spektrum rezultatów w ocenie własnej skuteczności zarządzania, organizacja nie może ograniczać się wyłącznie do wskaźników finansowych. Ocena wielu trudnych do zmierzenia rezultatów może być dokonana jedynie poprzez uwzględnienie kryteriów jakościowych, często ocenianych na podstawie porównań z innymi organizacjami.

Przykłady konkretnych rozwiązań w zakresie finansowej i operacyjnej efektywności obejmują między innymi strategiczną kartę wyników (balanced scorecard) (Kaplan & Norton, 2001) oraz Tableau de Bord. Najczęściej omawiana w literaturze przedmiotu strategiczna karta wyników przedstawia mierniki skuteczności realizacji strategii, jednocześnie ukazując sposób, w jaki wykorzystywane są finansowe i operacyjne mierniki skuteczności, a także efektywności. Oprócz finansowych wskaźników wyników przeszłych, karta wyników zawiera również mierniki umożliwiające monitorowanie czynników wpływających na przyszłe wyniki organizacji. W rezultacie strategiczna karta wyników odzwierciedla zarówno krótkoterminową skuteczność, jak i elementy tworzące wartość, które warunkują długoterminowy sukces finansowy i rynkowy firmy (Kaplan & Norton, 2001, s. 27). Mierniki zawarte w karcie wyników są pogrupowane w cztery perspektywy: finansową, klienta, procesów wewnętrznych oraz rozwoju, co ma na celu zachowanie równowagi pomiędzy celami krótko- i długoterminowymi. Tak skonstruowany zestaw miar efektywności służy głównie do doprecyzowania strategii i działań, a nie do kontroli zachowań czy oceny wyników z przeszłości. Karta wyników pełni funkcję systemu komunikacji, informowania i uczenia się, a nie systemu kontroli (Kaplan & Norton, 2001, s. 41–42). Metoda ta integruje proces formułowania strategii z jej realizacją, co oznacza, że wspiera nie tylko optymalny wybór i wdrożenie strategii, ale również umożliwia komunikowanie oczekiwań zarządu oraz mierzenie postępów w realizacji celów strategicznych (Amartunga et al., 2002, s. 179).

W koncepcji strategicznej karty wyników kluczowe znaczenie ma holistyczny podział organizacji na główne obszary strategiczne, które są wzajemnie powiązane i zharmonizowane poprzez ich uwzględnienie w czterech perspektywach, określanych za pomocą konkretnych mierników. W rezultacie główne zadanie strategicznej karty wyników polega na przełożeniu misji i wizji przedsiębiorstwa na konkretne cele i mierniki w ramach czterech wzajemnie uzupełniających się perspektyw. Mierniki te powinny obejmować nie tylko realizację celów strategicznych, ale także monitorowanie procesów, które umożliwiają ich osiągnięcie w następujących perspektywach (Kaplan & Norton, 2001, s. 45):

- perspektywa finansowa - określa, w jaki sposób przedsiębiorstwo powinno być postrzegane przez właścicieli, aby można było uznać, że osiągnęło cele finansowe,
- perspektywa klienta - definiuje, jak przedsiębiorstwo powinno być postrzegane przez swoich klientów, aby mogło skutecznie zrealizować swoją wizję,
- perspektywa procesów wewnętrznych - identyfikuje, które procesy wewnętrzne należy doskonalić, aby zaspokoić potrzeby klientów i właścicieli,
- perspektywa uczenia się i wzrostu - określa, jak przedsiębiorstwo może utrzymać zdolność do zmian i poprawy efektywności, aby zrealizować swoją wizję.

W każdej z perspektyw określa się: cele strategiczne, mierniki realizacji tych celów, cele szczegółowe oraz inicjatywy strategiczne i zadania operacyjne (Kaplan & Norton, 2001; Świerk, 2009, s. 108). Ponadto, wszystkie działania niezbędne do realizacji są opisane w formie zadań operacyjnych, które tworzą inicjatywy strategiczne. Główną zaletą metody BSC jest możliwość zastosowania szerokiego wachlarza wskaźników, które pozwalają na pomiar różnorodnych celów, takich jak cele finansowe i niefinansowe, krótkoterminowe i długoterminowe, ilościowe i jakościowe, a także zewnętrzne (dotyczące klientów i akcjonariuszy) oraz wewnętrzne (odnoszące się do pracowników i procesów). Metoda BSC jest również poddana krytyce. Jedno z założeń karty to możliwość kaskadowania strategii na poziomy operacyjne, przez co może być ona narzędziem zarządzania strategicznego. Przykładowo, Nørreklit (2000) wskazuje, że model sterowania zaproponowany przez Kaplana i Nortona ma charakter hierarchiczny, czyli odgórno-oddolny (*top-down*), co sprawia, że nie jest on odpowiednio dostosowany do dynamicznie zmieniającego się otoczenia. Zdaniem Nørreklit, procesy sterowania powinny być bardziej interaktywne już na etapie formułowania strategii, a także podczas projektowania karty wyników oraz jej późniejszego wdrożenia. Niemniej jednak, z przeprowadzonych analiz wynika, że zrównoważona karta wyników, która początkowo była postrzegana jedynie jako wieloaspektowy system pomiaru efektywności, obecnie zyskała status kompleksowego systemu zarządzania strategicznego. Kaplan i Norton, rozwijając tę koncepcję, wskazują, że umożliwia ona nie tylko przeniesienie strategii na poziom działań operacyjnych, ale również mapowanie strategiczne oraz tzw. strategiczne zespolenie (*alignment*) i integrację (*integration*) aktywów niematerialnych ze strategią przedsiębiorstwa, co sprzyja osiągnięciu synergii organizacyjnej (Kaplan & Norton, 2006).

Benchmarking wyników to nowoczesna metoda zarządzania organizacją, która polega na wyborze wzorcowego konkurenta, dokonaniu porównania z nim własnej organizacji oraz dostosowaniu analizowanych rozwiązań do własnych potrzeb. Organizacją wzorcową jest ta,

która osiąga znacznie lepsze wyniki niż organizacja analizowana. Kluczowym elementem tej metody nie jest jedynie identyfikacja i kopiowanie gotowych wzorców, lecz zrozumienie sposobu, w jaki dochodzi się do najlepszych rozwiązań (Grudzewski & Hejduk, 2002).

Metoda ta jest stosowana samodzielnie lub znajduje wykorzystanie jako technika pomocnicza we wdrażaniu innych metod zarządzania jak BSC, TQM czy modele doskonałości biznesowej). Analizy porównawcze skuteczności są jednym z elementów benchmarkingu. Szczególną odmianą tej metody jest tzw. benchmarking wyników (Peters, 1994, s. 23). Polega on na gromadzeniu *twardych* danych, które ukazują różnice w zakresie osiąganych wyników w porównaniu z innymi organizacjami. Pozyskiwanie takich danych często bywa trudne i wymaga stosowania różnych metod analitycznych (Ziębicki, 2007).

Wykorzystanie metody benchmarkingu w organizacjach wymaga określenia kryteriów skuteczności, które mogą być bardzo zróżnicowane w zależności od rodzaju organizacji. Przykładowe obszary i kryteria skuteczności zostały przedstawione w tab. 2.3.

Tab. 2.3. Przykładowe obszary i kryteria skuteczności

Obszar skuteczności	Przykładowe kryteria stosowane w organizacjach
Obsługa klienta	wskaźnik lojalności, wskaźnik satysfakcji klienta, komunikacja i wsparcie systemów informatycznych, terminowość dostaw, doradztwo techniczne, łatwość współpracy, gama asortymentowa, czas realizacji zamówienia, przejrzystość oferty
Produkt lub usługa	jakość dostarczonych wyrobów/usługi, wskaźnik awaryjności, wskaźnik kosztów obsługi posprzedażowej, koszty serwisu, koszty gwarancji, udział w rynku, wskaźnik reklamacji
Główne procesy biznesowe	wartość dodana, koszty produkcji, czas cyklu produkcyjnego, wskaźniki błędów i strat, wykorzystanie zasobów, wydajność produkcji.
Procesy pomocnicze	koszty i sprawność realizacji procesów: księgowych, informatycznych, utrzymania ruchu, marketingowych, projektowania produktu, zakupów, planowania produkcji, kontroli jakości
Kadra pracownicza	rozwój pracowników, talenty, szkolenia, premie, absencja, fluktuacja, morale i kultura organizacyjna, wydajność wykonywania zadań.
Dostawcy	terminowość dostaw, koszty dostaw, elastyczność dostawcy, niezawodność, szybkość dostaw, koszty usług posprzedażowych.
Technologia i systemy	współczynnik automatyzacji, współczynnik informatyzacji, szybkość realizacji procesów, czas przerw technologicznych, czas trwania awarii.
Rozwój i innowacje (R&D)	sprzedaż nowych produktów, czas wprowadzenia nowego produktu na rynek, czas rozwoju nowego produktu
Koszty	wskaźniki kosztowe dla produktów, usług, komórek organizacyjnych, centrów biznesowych.
Finanse	Przychód, zysk brutto ze sprzedaży, zysk z działalności operacyjnej, struktura kapitału, wskaźnik zadłużenia, ROE (return on equity – zwrot z kapitału), kapitał własny, wskaźnik płynności bieżącej, rotacja zobowiązań, rotacja należności, sprzedaż na pracownika

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Bogan & English, 1994, s. 79–88; Ziębicki, 2014, s. 79).

Organizacje stosujące benchmarking dążą do zwiększania skuteczności zarządzania i uzyskiwania przewagi konkurencyjnej. Jest to jednak wymagająca czasu i nakładów pracy metoda, a brak systematycznej aktualizacji wyników może prowadzić do stagnacji.

Model Dynamicznych Zdolności (*Dynamic Capabilities*, DCF) Framework wywodzi się z perspektywy zasobowej przedsiębiorstwa, która podkreśla znaczenie zasobów i kompetencji w osiąganiu przewagi konkurencyjnej. W miarę jak organizacje zaczęły dostrzegać, że stabilne zasoby nie wystarczają do przetrwania w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu, pojawiła się potrzeba zrozumienia, jak organizacje mogą integrować, budować i rekonfigurować swoje zasoby w odpowiedzi na zmiany rynkowe. Teece, Pizano i Shuen (1997) zdefiniowali dynamiczne zdolności jako specyficzną zdolność organizacji do integrowania, budowania i rekonfigurowania wewnętrznych i zewnętrznych kompetencji w celu dostosowania się do zmieniającego się otoczenia. Podstawowa interpretacja dynamicznych zdolności (Teece, 2007) zakłada, że składają się one z dwóch powiązanych ze sobą elementów: zdolności do identyfikowania nowych możliwości biznesowych oraz zdolności do skutecznego wykorzystania tych możliwości. W związku z tym, firmy powinny być równie skuteczne w obu tych zadaniach, tj. powinny rozwijać pewne meta-zdolności. Istota *Dynamic Capabilities Framework* polega na tym, że organizacje, które potrafią skutecznie integrować i rekonfigurować swoje zasoby, są w stanie nie tylko przetrwać, ale także prosperować w obliczu zmian. Kluczowym elementem jest zdolność do uczenia się i adaptacji, co umożliwia organizacjom wykorzystanie okazji rynkowych oraz minimalizowanie ryzyk związanych z niepewnością.

Pomiar dynamicznych zdolności jest wyzwaniem, ze względu na ich złożony i często niematerialny charakter. Istnieje kilka podejść do oceny dynamicznych zdolności, w tym (Krzańkiewicz, 2013, s. 11):

- analiza procesów (badanie procesów, które organizacja stosuje do integrowania i rekonfigurowania swoich zasobów),
- ocena wyników (analiza wyników finansowych i rynkowych w kontekście zastosowania dynamicznych zdolności),
- badania jakościowe (wywiady i analizy przypadków, które pozwalają zrozumieć, jak organizacje wykorzystują swoje dynamiczne zdolności w praktyce).

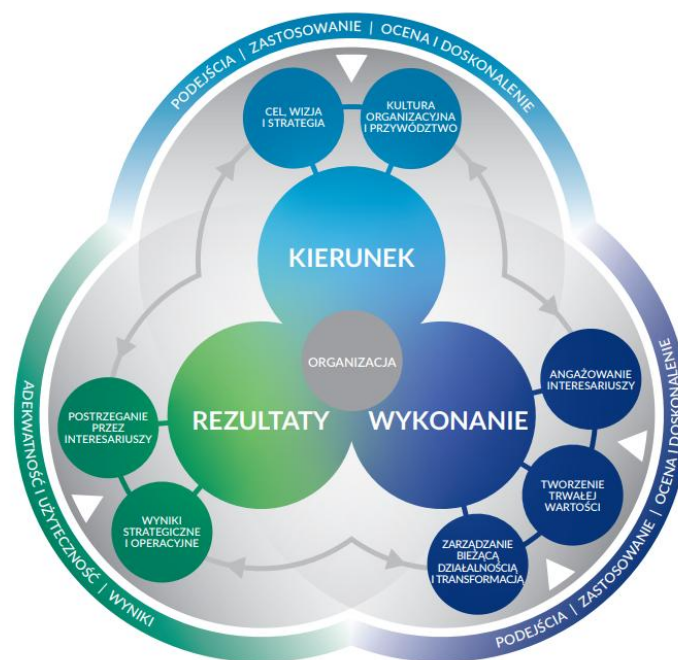
Koncepcja dynamicznych zdolności opiera się na kilku kluczowych umiejętnościach organizacyjnych (Teece, 2007). Według Teece'a dynamiczne zdolności obejmują następujące cztery umiejętności organizacyjne:

- umiejętność rozwijania skutecznych procesów zarządzania innowacjami i zmianami,

- wizję do tworzenia nowych modeli biznesowych,
- umiejętność opracowywania mechanizmów dla efektywnych decyzji inwestycyjnych (w tym identyfikacji nowych rynków i technologii, ograniczania niepewności, podejmowania ryzyka inwestycji w nowe technologie oraz zapewniania konfiguracji zasobów),
- umiejętność skutecznego zarządzania transakcjami.

Skuteczność zarządzania w kontekście DCF może być mierzona za pomocą determinant takich jak: innowacyjność produktów, elastyczność operacyjna, wyniki finansowe czy zadowolenie klientów (Krzakiewicz, 2013, s. 16).

Kolejna z metod swoje pochodzenie ma w koncepcji zarządzania jakością. Modele zarządzania jakością zostały stworzone w połowie XX wieku, aby systematycznie poprawiać wydajność organizacji, zapewniać spójność i spełniać oczekiwania klientów (Flynn et al., 1994). W dążeniu do doskonałości organizacyjnej, model EFQM, ustanowiony w 1991 roku, stał się podstawowym narzędziem, wspierającym organizacje w osiągnięciu zrównoważonego sukcesu. Aktualizacja modelu odbyła się w 2025 roku. W kontekście Modelu EFQM, doskonalenie stanowi szczególną formę rozwoju organizacyjnego, ponieważ zarówno w doskonaleniu, jak i w rozwoju, podstawową cechą konstytutywną jest pozytywność i korzystny kierunek dokonywanych zmian. Model EFQM traktuje doskonalenie jako proces rozwojowy ukierunkowany na osiągnięcie stanu doskonałego, który realizowany jest poprzez systematyczne, ciągłe działania obejmujące całość organizacji oraz uwzględniające potrzeby wszystkich interesariuszy (Borys & Rogala, 2011, s. 20).



Rys. 2.3. Struktura modelu EFQM

Źródło: (EFQM, 2019)

Struktura składa się z trzech głównych obszarów (rys. 2.3): kierunku, wykonania i rezultatów; 7 kryteriów: cel, wizja i strategia, kultura organizacyjna i przywództwo, zaangażowanie interesariuszy, tworzenie trwałej wartości oraz zarządzanie bieżącą działalnością i transformacją, a także postrzeganie przez interesariuszy oraz wyniki strategiczne i operacyjne. Następnie każde z kryteriów składa z pod kryteriów.

Model EFQM daje organizacjom możliwość doskonalenia swoich działań w takich obszarach jak (Martusewicz et al., 2021):

- zarządzanie strategiczne – poprzez tworzenie zestawu kluczowych wyników niezbędnych do monitorowania postępów w realizacji wizji, misji i strategii, co umożliwia liderom podejmowanie skutecznych decyzji;
- wartość dla klienta – przez jasne definiowanie i komunikowanie wartości dla klienta oraz angażowanie go w proces projektowania produktu,
- kształtowanie umiejętności liderów – do adaptacji, reakcji oraz zdobywania zaangażowania wszystkich interesariuszy w celu zapewnienia trwałego sukcesu organizacji,
- organizacja procesów – umożliwiających realizację strategii równowagi pomiędzy celami strategicznymi organizacji a oczekiwaniami i aspiracjami pracowników,
- interesariusze jako potencjalne źródło kreatywności i innowacji – poprzez rozwijanie i angażowanie ich do współpracy,

- relacje partnerskie – poprzez kształtowanie trwałych i wzajemnych korzyści poza łańcuchem dostaw,
- odpowiedzialność za działania podejmowane przez organizację – zarządzanie wpływem na społeczeństwo.

Narzędziem diagnostycznym w modelu EFQM jest tzw. RADAR (Martusewicz & Wierzbic, 2024). Jest to narzędzie, które pomaga organizacjom w ocenie ich działań oraz efektywności w realizacji strategii. Na najwyższym poziomie logika RADAR wskazuje, że organizacja powinna: określić rezultaty, które zamierza osiągnąć. Następnie organizacja powinna opracować odpowiednią liczbę podejść, metod i procesów, które będą wspierać osiągnięcie wyznaczonych rezultatów. Kolejnym krokiem jest wdrożenie podejść w sposób systematyczny na każdym poziomie organizacji. Po czym następuje ocena i doskonalenie, gdzie należy regularnie ocenach skuteczność wybranych podejść wykorzystując dane, wskaźniki i wnioski z doświadczeń.

Wybór metody oceny efektywności organizacyjnej zależy od kilku czynników, takich jak specyfika branży, skala organizacji, stopień cyfryzacji i zaawansowania technologicznego, a także kultura organizacyjna i cele strategiczne. Metody te pomagają organizacjom ocenić skuteczność zarządzania, identyfikować obszary do poprawy, a także dostosowywać strategię do dynamicznych warunków rynkowych i technologicznych zmian.

2.3. Ograniczenia stosowania klasycznych podejść w odniesieniu do przedsiębiorstwa 4.0

Przeprowadzony w niniejszym rozdziale przegląd literatury dotyczącej specyfiki i metod skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwach obejmował zarówno klasyczne koncepcje prakseologiczne oraz teorie organizacji, jak i współczesne podejścia uwzględniające transformację cyfrową. Analiza dorobku polskiej szkoły prakseologicznej, anglojęzycznych teorii *organizational effectiveness* oraz *organizational performance*, a także przegląd współczesnych metod oceny skuteczności zarządzania pozwoliły na zidentyfikowanie zasadniczych różnic między tradycyjnymi a nowoczesnymi podejściami do oceny efektywności organizacyjnej.

Na tej podstawie można zauważyć szereg ograniczeń stosowania klasycznych podejść i metod względem przedsiębiorstwa 4.0. Ograniczenia te wynikają z fundamentalnych różnic między tradycyjnym środowiskiem organizacyjnym a specyfiką funkcjonowania przedsiębiorstw w erze cyfrowej transformacji. Klasyczne definicje skuteczności zarządzania, bazujące na statycznych modelach celowych czy systemowych, nie uwzględniają w wystarczającym

stopniu dynamiki zmian, złożoności systemów cyber-fizycznych oraz nowych wymiarów skuteczności charakterystycznych dla Przemysłu 4.0.

W związku z powyższym, w dalszej części niniejszego podrozdziału dokonany zostanie szczegółowy przegląd poszczególnych ograniczeń w podziale na dwie główne kategorie: ograniczenia dotyczące specyfiki funkcjonowania przedsiębiorstw 4.0 oraz ograniczenia związane z nieadekwatnością tradycyjnych metod oceny skuteczności zarządzania w kontekście wymogów środowiska cyfrowego. Taki podział pozwoli na systematyczne przedstawienie problematyki oraz uzasadnienie potrzeby opracowania nowych ram teoretycznych i metodologicznych dla oceny skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwach 4.0.

Specyfika skuteczności zarządzania w odniesieniu do przedsiębiorstwa 4.0

Przemysł 4.0 wprowadza nowe wyzwania i możliwości dla przedsiębiorstw, a skuteczność zarządzania staje się kluczowym czynnikiem sukcesu. W związku z tym konieczne jest rozważenie przydatności definicji skuteczności zarządzania wywodzące się z głównych teorii organizacji. Poprzez ten dobór możliwe jest wskazanie różnych wymiarów definiowania skuteczności zarządzania. Klasyczna teoria organizacji podkreśla umiejętność osiągania celów przy minimalnym wykorzystaniu zasobów. Teoria behawioralna wskazuje na znaczenie pozytywnych relacji między managerami a pracownikami. Teoria systemów definiuje skuteczność jako zdolność organizacji do przystosowywania się do zmieniających się warunków, a więc jeden z kluczowych aspektów funkcjonowania przedsiębiorstw 4.0 tj. adaptacji do zmieniającego się otoczenia. Teoria kultury organizacyjnej wskazuje na zgodność wartości organizacyjnych z wartościami pracowników. Teoria zasobów podkreśla znaczenie zasobów w osiągnięciu przewagi konkurencyjnej, co w transformacji cyfrowej organizacji nabiera nowego znaczenia. Teoria kontyngencji wskazuje, że skuteczność zarządzania zależy od dopasowania struktury organizacyjnej do warunków zewnętrznych. Aby wzbogacić zestawienie dotyczące skuteczności zarządzania w Przemysle 4.0, dodano przykładowe wskaźniki umożliwiające pomiary, które będą uwzględniały różnorodne aspekty zarządzania oraz nowoczesne podejścia do skuteczności.

Na skuteczność zarządzania można spojrzeć z przyjmując klasyfikację za pomocą perspektywy modelu *Four Smarts*. Frank, Dalenogare & Ayala (Frank et al., 2019) zaproponowali następujący podział obszarów, którym można rozpatrywać skuteczność zarządzania:

- inteligentne produkcja (*smart manufacturing*),
- produkty inteligentne (*smart product*),
- inteligentny łańcuch dostaw (*smart supply chain*),

- inteligentna praca (*smart working*).

Czynniki, które determinują skuteczność zarządzania w inteligentnej produkcji związane są ze zdolnością do (Frank et al., 2019, s. 16–17):

- integracji wertykalnej, czyli połączenia wszystkich poziomów hierarchicznych organizacji,
- wirtualizacji, czyli tworzenia cyfrowych bliźniaków i symulacji procesów przed ich fizyczną implementacją,
- automatyzacji – zwiększenia produktywności przy zmniejszeniu błędów ludzkich,
- identyfikowalności, czyli śledzenia pochodzenia surowców i produktów finalnych,
- elastyczności, czyli adaptacji linii produkcyjnych do różnych typów produktów,
- zarządzania energią, czyli optymalizacji zużycia energii,
- komunikacji maszyna – maszyna i maszyna – człowiek,
- wykorzystania sztucznej inteligencji do produkcji i utrzymania predykcyjnego.

Wnioski autorów wskazując na implikacje dla skuteczności zarządzania odnoszące się do systemowej adaptacji. Oznacza to, że technologie należy integrować zamiast wdrażać niezależnie od siebie. Technologie są komplementarne, co oznacza, że się uzupełniają, a nie substytuują.

Kolejnym obszarem jest inteligentny produkt. Inteligentne produkty odnoszą się do wyrobów, które generują wartość dodaną w ujęciu zewnętrznym przede wszystkim poprzez integrację informacji o kliencie i danych użytkowych z systemem produkcyjnym (Frank et al., 2019, s. 16). W praktyce oznacza to, że dane pochodzące z eksploatacji produktów są bieżąco analizowane i wykorzystywane do optymalizacji procesów wytwórczych, projektowania nowych funkcjonalności oraz dostosowywania oferty do rzeczywistych potrzeb użytkowników. Skuteczność zarządzania w kontekście inteligentnego produktu definiowana w odniesieniu do zdolności do dostarczenia pięciu poziomów inteligencji produktu (Frank et al., 2019; Porter & Heppelmann, 2014, s. 18):

- poziom pierwszy – łączność produktów w sieci,
- poziom drugi – monitorowanie stanu i parametrów użytkowania,
- poziom trzeci – zdalne sterowanie produktem,
- poziom czwarty – optymalizacja działania na podstawie analiz predykcyjnych,
- poziom piąty – autonomiczna samoopptymalizacja.

Inteligentne produkty są rozszerzeniem inteligentnej fabryki i nie można ich skutecznie wdrażać bez skutecznego zarządzania fabryką. Dodatkowo dane pochodzące z inteligentnych produktów zasilają inteligentną fabrykę, tworząc zamknięty cyk wartości.

Następnie skuteczność zarządzania należy analizować w inteligentnym łańcuchu dostaw. Inteligentny łańcuch dostaw (*Smart Supply Chain*) obejmuje technologie umożliwiające poziomą integrację fabryki z zewnętrznymi dostawcami w celu usprawnienia dostaw surowców oraz produktów finalnych w ramach całego łańcucha wartości (Frank et al., 2019, s. 18). Czynniki skuteczności zarządzania w inteligentnym łańcuchu dostaw można definiować jako zdolność do:

- integracji horyzontalnej z dostawcami i klientami,
- wymiany informacji w czasie rzeczywistym o zamówieniach produkcyjnych,
- przejrzystości łańcucha dostaw,
- predykcyjnego zarządzania dostawami.

Poza tym, skuteczność zarządzania może być determinowana poprzez współpracę przedsiębiorstwa w ramach platform cyfrowych czy tzw. centrów danych z dostawcami, klientami i innymi jednostkami firmy. Należy w pierwszej kolejności nadać priorytet optymalizacji wewnętrznej a następnie zewnętrznej w łańcuchu dostaw. Czynnikiem, który według badań autorów stanowi największe wyzwanie dla skuteczności zarządzania jest integracja horyzontalna i jej bariery technologiczne, organizacyjne i międzyorganizacyjne.

Ostatnim z obszarów badania skuteczności zarządzania w przytoczonym modelu jest inteligentna praca. Według autorów inteligentna praca odnosi się do zastosowania technologii wspierających działania pracowników w celu zwiększenia ich produktywności, elastyczności i zdolności do reagowania na wymagania systemu produkcyjnego. W ujęciu koncepcji Przemysłu 4.0, człowiek i maszyna stanowią elementy zintegrowanego systemu społeczno-technicznego, w którym współpraca między nimi jest podstawą efektywności i innowacyjności organizacji (Du et al., 2012). Skuteczność zarządzania w inteligentnej pracy definiowana jest jako zdolność do (Frank et al., 2019):

- zwiększania produktywności pracowników,
- zdalnego dostępu do informacji,
- wsparcia procesów decyzyjnych,
- lepszej widoczności procesów,
- współpracy człowiek-maszyna.

Najważniejszą determinantą w tym obszarze jest monitorowanie. Wyróżnia się też implikacje dla skuteczności zarządzania jak: kolaboracyjne roboty jako wsparcie dla pracowników, nie ich zastępowanie oraz stosowanie technologii AR/VR. Poziom skuteczności może być zależny do integracji technologii z kompetencjami pracowników. Inteligentna praca jest wsparciem dla inteligentnej produkcji.

Na podstawie przeglądu definicji skuteczności zarządzania w wybranych teoriach organizacji oraz przykładowych wskaźnikach reprezentujących skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwach w Przemysle 4.0 podjęto próbę syntetycznego zdefiniowania tego pojęcia (tab. 2.4). Skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 *to umiejętność osiągnięcia celów organizacji przy optymalnym wykorzystaniu zasobów, poprzez integrację systemów cyber-fizycznych, optymalizację współpracy człowiek-maszyna, budowanie pozytywnych relacji interesariuszami, ciągłą adaptację do dynamicznie zmieniających się warunków otoczenia, promowanie kultury innowacji i jakości oraz strategiczne wykorzystanie zaawansowanych technologii cyfrowych w ramach zintegrowanych ekosystemów biznesowych.*

Zaproponowana definicja skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 opracowana została na podstawie przeglądu literatury, co może wiązać się z powstaniem pewnych ograniczeń operacjonalizacji m.in. w kontekście praktycznym. Definicja traktuje wszystkie wymienione aspekty jako równoważne, podczas gdy w praktyce mogą mieć różną wagę w zależności od kontekstu organizacyjnego. Następnym ograniczeniem jest to, że definicja ma charakter uniwersalny. Specyfika przedsiębiorstwa 4.0 może różnić się w zależności od branży działalności. Przykładowo dla branży produkcyjnej kluczowe mogą być autonomiczne roboty, podczas gdy w usługach bardziej istotne może być zarządzanie w czasie rzeczywistym. Dlatego też w toku metodyki badawczej przewidziane jest badanie eksperckie oraz AHP, którego wyniki pozwolą dokonać hierarchizacji determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 oraz uszczegółowić praktyczne zastosowanie definicji.

Skuteczne zarządzanie w erze Przemysłu 4.0 wymaga od managerów holistycznego podejścia, łączącego klasyczne funkcje zarządzania z nowoczesnymi narzędziami i koncepcjami, takimi jak analityka danych, automatyzacja i zwinne metody pracy (Śledziewska & Włoch, 2024, s. 5). Tylko takie kompleksowe działania zapewnią przedsiębiorstwom sukces w dynamicznym i wymagającym otoczeniu. W dalszej części pracy rekomendacje oraz kierunki doskonalenia dla managerów będą szczegółowo identyfikowane na podstawie badań eksperckich, co pozwoli wskazać kluczowe kompetencje, narzędzia i metody niezbędne w prowadzeniu efektywnego i innowacyjnego przedsiębiorstwa 4.0.

Tab. 2.4. Przykładowe definicje i wskaźniki skuteczności zarządzania w wybranych teoriach organizacji

Wybrana teoria organizacji	Definicja skuteczności zarządzania	Autor	Baza koncepcyjna definicji	Przykładowe wskaźniki skuteczności w odniesieniu do przedsiębiorstwa 4.0
Klasyczna teoria organizacji	umiejętność osiągania celów organizacji przy minimalnym wykorzystaniu zasobów.	Fayol, Taylor	organizational effectiveness (koncentracja na osiągnięciu celów)	Wydajność produkcji Koszt jednostkowy Czas realizacji zamówienia Wskaźnik OEE (Overall Equipment Effectiveness) (Buer, Semini, Strandhagen, & Sgarbossa (2020))
Teoria behawioralna	skuteczność zarządzania jest postrzegana jako wynik pozytywnych relacji między managerami i pracownikami oraz jako zdolność managerów do tworzenia motywacji i zaangażowania wśród pracowników	McGregor, Maslow	organizational effectiveness/organizational performance (koncentracja na relacjach i motywacji na może wpływać na osiągnięcie celów)	Poziom zaangażowania pracowników Wskaźnik rotacji pracowników Wyniki ankiet satysfakcji Liczba zgłoszonych innowacji (Truss Shantz, Soane, Alfes, & Delbridge (2013))
Teoria systemów	skuteczność zarządzania jest definiowana jako zdolność organizacji do przystosowywania się do zmieniających się warunków otoczenia i osiągania zgodności między celami organizacji a celami jednostek w niej działających.	Barnard, Bertalanffy	organizational effectiveness (odniesienie do zdolności adaptacji i zgodności celów)	Zdolność do adaptacji do zmian Efektywność procesów Zgodność celów organizacyjnych z celami indywidualnymi Czas reakcji na zmiany rynkowe (Kunc, 2024)
Teoria kultury organizacyjnej	skuteczność zarządzania jest postrzegana jako wynik zgodności między wartościami i normami organizacyjnymi a wartościami i normami jednostek w niej działających.	Schein, Deal i Kennedy	organizational effectiveness (podkreślenie kultury w osiągnięciu celów)	Zgodność wartości organizacyjnych z wartościami pracowników Wskaźniki innowacyjności Schein (2016)
Teoria zasobów	skuteczność zarządzania jest postrzegana jako kluczowy czynnik wpływający na osiągnięcie wyników organizacyjnych i przewagę konkurencyjną.	Barney, Bernerfelt	Organizational performance (koncentracja na wynikach organizacji i przewadze konkurencyjnej)	Wskaźnik zwrotu z inwestycji (ROI) Efektywność wykorzystania zasobów Przewaga konkurencyjna na rynku Liczba patentów i wzorów użytkowych. (Hesterly & Barney, 2015)
Teoria zależności zasobów	skuteczność zarządzania jest postrzegana jako zdolność organizacji do kontrolowania i wykorzystywania zasobów niezbędnych do funkcjonowania i osiągnięcia celów.	Pfeffer, Salancik	Organizational performance (wykorzystanie zasobów do osiągnięcia wyników organizacji)	Stabilność relacji z dostawcami Efektywność współpracy z partnerami Poziom zadowolenia klientów Liczba nawiązanych partnerstw strategicznych Dyer & Singh (2018)

Teoria kontyngencji	skuteczność zarządzania zależy od dopasowania struktury organizacyjnej i stylu zarządzania do warunków zewnętrznych i wewnętrznych	Woodward, Lawrence i Lorsch	organizational effectiveness (podkreślenie znaczenia kontekstu działania w osiągnięciu celów)	Elastyczność organizacyjna Czas reakcji na zmiany rynkowe Dopasowanie strategii do warunków zewnętrznych (Errida & Lotfi, 2021) VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity)
---------------------	--	-----------------------------	---	--

Źródło: opracowanie własne.

W miarę ewolucji organizacji, konieczne może być dostosowanie klasyfikacji podejść, aby lepiej odpowiadały na wyzwania współczesnych organizacji, a szczególnie przedsiębiorstw działający w Przemysle 4.0. Warto rozważyć alternatywne podejścia, które uwzględniają wartości, dynamikę otoczenia oraz technologię, aby w pełni zrozumieć i poddawać ocenie. Proponowana klasyfikacja modeli skuteczności zarządzania bazuje na różnych podejściach opisanych poniżej:

- podejście celowe - koncentracja organizacji na osiągnięciu zdefiniowanych celów,
- podejście zasobowo-systemowe – pozyskanie i wykorzystanie zasobów z otoczenia w sposób ustrukturyzowany,
- podejście bazujące na interesariuszach – zaspokojenie potrzeb różnych grup,
- podejście procesowe – koncentracja na procesach i procedurach,
- podejście wynikowe – ocena skuteczności na podstawie mierzalnych wyników.

W podejściu celowym, klasyczne modele celowe postrzegają organizację jako logiczny zestaw ustaleń skoncentrowanych na realizacji określonych celów (Scott, 1977). Główne założenie to koncentracja na osiągnięciu celów. Główne cele operacyjne, takie jak zysk, innowacje oraz jakość produktu, są definiowane na podstawie osiągniętych wyników (Schermerhorn et al., 2005). Podejście oparte na celach opiera się na kilku kluczowych założeniach. Po pierwsze, musi istnieć konsensus co do określonych celów, a osoby zaangażowane powinny być aktywnie zaangażowane w ich realizację. Po drugie, liczba celów jest ograniczona, a ich realizacja wymaga określonych zasobów (Robbins, 2005).

Podejście systemowe, choć uwzględnia wagę celów, koncentruje się na zasobach niezbędnych do ich osiągnięcia, takich jak wkłady, zdobywanie zasobów oraz procesy (Yuchtman & Seashore, 1967). Organizacja jest postrzegana jako otwarty system, w którym dane wejściowe, proces transformacji i wyniki są traktowane jako integralne części większej całości, a nie jako niezależne elementy. Interpretacja skuteczności zarządzania w ujęciu systemowym wyraża zdolność do pokonywania niepewności płynącej z otoczenia, a także kształtowania warunków otoczenia w takim kierunku, aby sprzyjały organizacji (Bielski, 1996, s. 108–109). Punktem odniesienia dla jego interpretacji jest organizacja. Skuteczne wykorzystanie zasobów

systemowych jest możliwe, gdy istnieje silne powiązanie między zasobami pozyskiwanymi przez organizację a produkowanymi przez nią towarami lub usługami (Cameron & Whetten, 1981). Takie podejście skłania managerów do postrzegania organizacji nie tylko jako całości, ale również jako elementu większego systemu. Kluczowym założeniem jest to, że każda część działalności organizacji wpływa na pozostałe części (Mullins, 2008).

Jeśli chodzi o podejście bazujące na interesariuszach, to organizacja jest więc postrzegana jako zbiór wewnętrznych i zewnętrznych grup interesów, które negocjują skomplikowany zestaw ograniczeń, celów i standardów (Scott, 1977). Oznacza to, że właściciele, pracownicy, klienci, dostawcy, wierzyciele, społeczność oraz władze rządowe stanowią grupy interesu, których oczekiwania muszą być spełnione, aby zapewnić skuteczność i przetrwanie organizacji.

Podejście procesowe koncentruje się na procesie transformacji i analizuje, jak efektywnie zasoby są wykorzystywane do świadczenia usług lub produkcji towarów (Schermerhorn et al., 2005). Skuteczność w tym kontekście oznacza, że organizacja jest wewnętrznie zdrowa i efektywna, a jej procesy i procedury działają płynnie. W dobrze funkcjonującej organizacji nie występuje stres ani napięcie; jej członkowie są w pełni zintegrowani z systemem, który działa bez zakłóceń. Relacje między członkami opierają się na zaufaniu, szczerości i dobrej woli, a komunikacja przebiega zarówno w poziomie, jak i w pionie (Cameron & Whetten, 1981).

Podejście wynikowe dotyczy oceny skuteczności na podstawie mierzalnych wyników organizacji. Przedstawienie innej perspektywy funkcjonowania organizacji, gdzie wskazuje się czynniki hamujące dodatnie wyniki organizacji, postrzeganie organizacji w kontekście zbioru wyzwań i luk w działaniu (Quinn & Cameron, 1983).

Zaproponowana klasyfikacja podejść do badania skuteczności zarządzania uwzględnia różnorodność podejść do skuteczności zarządzania, co jest kluczowe w kontekście Przemysłu 4.0. Modele oparte na celach, zasobach, interesariuszach, procesach i wynikach oferują różne perspektywy, które pomagają organizacjom w adaptacji do zmieniającego się otoczenia.

W ramach poszczególnych podejść wyróżnić można determinanty skuteczności zarządzania definiowane na podstawie opisów modeli opracowanych przez ich autorów. W tab. 2.5 zostały one określone jako *determinanty skuteczności tradycyjne*. Kolejno, nawiązując do charakterystyki modeli i podejść zostały określone przykładowe determinanty skuteczności zarządzania, które mogą mieć wpływ na lepsze funkcjonowanie przedsiębiorstw czwartej generacji.

Tab. 2.5. Przykładowe determinanty skuteczności zarządzania w ujęciu klasycznym i dla przedsiębiorstwa 4.0

Podjęcie	Przykłady modeli	Determinanty skuteczności tradycyjne	Determinanty skuteczności w przedsiębiorstwie 4.0 - przykłady
Celowe	Model celowy Model celu oficjalnego	Przejrzystość celów, zaangażowanie pracowników, dostępność zasobów potrzebnych do realizacji celów, znajomość i realizacja celów, zrozumienie misji (Quinn & Cameron, 1983)	Elastyczność celów tj. zdolność do dostosowania w zmieniających się warunkach (Altschuld & Zheng, 1995)
Zasobowo-systemowe	Model zasobów systemowych Model systemu otwartego	Efektywność pozyskiwania zasobów, interakcje wewnętrzne (Yuchtman & Seashore, 1967) Zdolność do adaptacji do otoczenia, integracja z zewnętrznymi zasobami (Quinn & Cameron, 1983)	Integracja technologii i systemów informacyjnych (Lasi et al., 2014; Müller et al., 2018) Zdolność do adaptacji (Khanzode et al., 2021), zarządzanie łańcuchem dostaw (Bag et al., 2021) Kompetencje cyfrowe pracowników i kadry zarządzającej (Fuentes & Ruiz, 2017).
Bazujące na interesariuszach	Model klienteli strategicznej Model konkurujących wartości	Zaspokajanie potrzeb interesariuszy, odpowiedzialność społeczna. (Quinn & Rohrbaugh, 1981) Równoważenie różnych wartości organizacyjnych, elastyczność (Quinn & Cameron, 1983)	Personalizacja usług (Naglič et al., 2020), interaktywność (Lemon & Verhoef, 2016), innowacyjność produktów (Sarbu, 2022), odpowiedzialność społeczna (de Sousa Jabbour et al., 2018)
Procesowe	Model procesów wewnętrznych, Model funkcjonalny	Optimalizacja procesów, zaufanie i komunikacja (Scott, 1977) Zdolność do rozwiązywania problemów, innowacyjność (Keeley, 1978)	Automatyzacja procesów (Wamba et al., 2017) Monitorowanie jakości w czasie rzeczywistym (Dubey et al., 2020), zarządzanie informacją i komunikacją wewnętrzną (Alonso et al., 2024), Analityka danych i podejmowanie decyzji w oparciu o dane (Wamba et al., 2017)
Wynikowe	Model nieskuteczności Model ocen wyników	Identyfikacja problemów, analiza błędów (Cameron, 1986b) Mierzenie wyników (Connolly et al., 1980)	Mierzenie wyników (Kamble et al., 2020)

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Griffin, 2013, s. 98).

Przedstawiona klasyfikacja (tab. 2.5) obejmuje różne aspekty, takie jak cele, zasoby, interesariusze, procesy i wyniki, co pozwala na wszechstronną analizę skuteczności zarządzania. Umożliwia również zrozumienie, jak zmieniają się determinanty skuteczności w odpowiedzi na rozwój technologii i zmieniające się warunki rynkowe. Klasyfikacja może być użyteczna dla managerów i praktyków, którzy mogą dostosować swoje strategie zarządzania w zależności od kontekstu i specyfiki organizacji. Umożliwia organizacjom lepsze dostosowanie się do wymagań Przemysłu 4.0, co jest kluczowe w obliczu dynamicznych zmian w otoczeniu biznesowym.

Modele systemowo-zasobowe są kluczowe w Przemysle 4.0, ponieważ integracja danych z różnych źródeł oraz efektywne zarządzanie łańcuchem dostaw są niezbędne do optymalizacji procesów. Wykorzystanie technologii do pozyskiwania i analizy danych pozwala organizacjom na lepsze wykorzystanie zasobów i szybsze podejmowanie decyzji. Jeśli chodzi o modele bazujące na interesariuszach, to w erze Przemysłu 4.0, zaspokajanie potrzeb różnych grup interesariuszy, w tym klientów, staje się kluczowe. Personalizacja produktów i usług oraz umożliwienie klientom aktywnego udziału w procesie tworzenia wartości są istotne dla budowania lojalności i przewagi konkurencyjnej. W przypadku modeli bazujących na podejściu procesowym, automatyzacja procesów przy użyciu technologii, takich jak robotyzacja i sztuczna inteligencja, staje się kluczowym determinantem skuteczności. Skuteczne zarządzanie procesami wewnętrznymi pozwala na zwiększenie wydajności i jakości, co jest niezbędne w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu. Model celowe mogą być istotne, ponieważ pozwalają organizacjom na jasne określenie i monitorowanie ich strategicznych celów. W Przemysle 4.0, gdzie zmiany zachodzą szybko, umiejętność dostosowywania celów do aktualnych warunków rynkowych jest kluczowa. Cele muszą być mierzalne i zrozumiałe dla wszystkich członków organizacji, co sprzyja zaangażowaniu i motywacji pracowników. Dodatkowo, podejście to umożliwia regularną ewaluację postępów i wprowadzanie niezbędnych korekt.

Dokonując przeglądu pojęcia skuteczności zarządzania można stwierdzić, że tradycyjne podejścia nie odpowiadają w pełni specyfice przedsiębiorstw 4.0. Co zostało wskazane w literaturze dotyczącej koncepcji zarządzania przedsiębiorstwem. Schuh i zespół ACATECH wskazują, że obecne praktyki biznesowe często nie są w stanie sprostać wyzwaniom transformacji cyfrowej, a procesy decyzyjne mogą trwać tygodniami lub miesiącami i często opierają się na intuicji, a nie na twardych danych (Schuh et al., 2018, s. 10). Autorzy podkreślają również, że wiele organizacji nadal nie rozumie kluczowych aspektów Przemysłu 4.0, ograniczając go błędnie do digitalizacji lub pełnej automatyzacji. Na podstawie przeglądu literatury można wskazać różnego rodzaju ograniczenia tradycyjnej specyfiki skuteczności zarządzania w kontekście przedsiębiorstw 4.0:

- ograniczenia czasowe i dynamiczne,
- ograniczenia pomiarowe złożoności systemu,
- ograniczenia w zakresie pomiaru kompetencji zarządczych,
- ograniczenia w pomiarze skuteczności i efektywności ekosystemów cyfrowych,
- ograniczenia w zakresie zarządzania ryzykiem i bezpieczeństwem,
- ograniczenia w pomiarze adaptacyjności i elastyczności,

- ograniczenia w pomiarze współpracy człowiek-maszyna.

Klasyczne podejścia do badania skuteczności zarządzania bazują głównie na statycznych wskaźnikach mierzonych w określonych interwałach czasowych jak np. miesięczne, kwartalnie czy rocznie. Wymagana jest zmiana podejścia do pomiarów oraz przebudowy organizacyjnej (Díaz Bermúdez & Flores Juárez, 2017). W przedsiębiorstwie 4.0 skuteczność musi być mierzona w czasie rzeczywistym, co wykracza poza możliwości klasycznych modeli. Dodatkowo, klasyczne podejścia bazują na długoterminowych cyklach planowania, podczas gdy przedsiębiorstwa 4.0 wymagają adaptacyjnego planowania, gdzie możliwe jest szybkie reagowanie w odniesieniu do modelu środowiska VUCA. Yeman (2024) wskazuje również na wyzwanie związane dynamicznymi aktualizacjami oprogramowania wykorzystywanego w systemach CPS. Kowal (2020, s. 519; Quinn & Cameron, 1983, s. 41) wskazuje, że modele skuteczności zarządzania jak np. model racjonalnego celu zakładają stabilność i przewidywalność kontekstu organizacyjnego. Jest to przykład nieadekwatności założenia modelu w stosunku do specyfiki przedsiębiorstwa 4.0.

Jeśli chodzi o pomiar złożoności systemów, to tradycyjne definicje skuteczności nie uwzględniają specyfiki systemów cyber-fizycznych (CPS), które według badań (Yaacoub et al., 2020) charakteryzują się heterogenicznością struktur, procesów biznesowych i wykorzystania danych wrażliwych. Znacząca skala wdrożeń, obejmująca sieci współpracujących jednostek, centra danych, fabryki czy biura, sprawia natomiast, że nawet niewielki błąd lub luka w jednym obszarze może mieć szybkie, poważne konsekwencje dla całej organizacji (Olmstead, 2022). W przypadku identyfikacji kluczowych ograniczeń związanych ze systemami cyber-fizycznymi Gajdzik podkreśla, że ich struktury są rozległe (2022, s. 196–197). Skomputeryzowane systemy produkcyjne coraz częściej wyposażane są w łącza sieciowe umożliwiające ich bezpośrednią komunikację z cyfrowymi bliźniakami oraz innymi obiektami i systemami powiązanymi w ramach infrastruktury zakładu. Grela i Hofman (2021) w badaniach nad podejściem procesowym wskazują na ograniczenia tradycyjnych miar procesowych skuteczności zarządzania w złożonych środowiskach. Odpowiedzialność za skuteczne i efektywne zarządzanie procesem spoczywa na właścicielu procesu, który nadzoruje całość jego realizacji i dba o optymalne wykorzystanie przydzielonych zasobów. W kontekście przedsiębiorstwa 4.0, tradycyjne role właścicieli procesów stają się nieadekwatne w środowisku cyber-fizycznym, gdzie procesy są autonomiczne i samo-adaptujące się.

Badania przeprowadzone przez Shet i Pereira (2021, s. 10) identyfikują zbiór kluczowych kompetencji zarządczych niezbędnych dla Przemysłu 4.0. Zostały one przedstawione w

rozdziale 1. Wśród nich znajdują się kompetencje zarządcze, które nie są uwzględnione w tradycyjnych miarach skuteczności lub ich znaczenie się zmieniło dla przedsiębiorstwa 4.0, jak np. inteligencja cyfrowa i modelowanie, rozwiązywanie problemów podejmowanie decyzji itd. Törngren i in. (2018, s. 499) w swoich badaniach nad systemami cyber-fizycznymi wskazują na ograniczenia czasowe w adaptacji do kompetencji, co według niego oznacza, że tradycyjne systemy edukacji zarządczej nie nadążają za rozwojem technologicznym. Dodatkowo modele oceny skuteczności zarządzania nie w pełni uwzględniają pomiaru wskazanych kompetencji cyfrowych.

Kolejne zagadnienie w kontekście ograniczeń odnosi się do pomiaru skuteczności i efektywności ekosystemów cyfrowych. Plekhanov i in. (2023) wskazują, że tradycyjne definicje skuteczności zakładają autonomiczność organizacji, podczas gdy przedsiębiorstwa 4.0 funkcjonują w sieciowych ekosystemach cyfrowych. Potwierdza to badania prowadzone przez Oberländer i in. (2025, s. 368), które wskazują, że transformacja przedsiębiorstw w ekosystemy cyfrowe wymaga nowych ram teoretycznych dla pomiaru wartości w sieci. Następnie, Gajdzik (2022, s. 202) w swojej analizie transformacji przemysłu stalowego wskazuje na nieadekwatność tradycyjnych miar procesowych w środowisku Przemysłu 4.0. Badania wskazały na nieuwzględnienie współpracy ludzi i robotów oraz identyfikacji komponentów i maszyn w komunikacji w cyberprzestrzeni powoduje, że sposoby pomiarów procesowych nie odpowiadają specyfice przedsiębiorstwa 4.0.

Tradycyjne metody oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem, okazują się być nieadekwatne w obszarze zarządzania ryzykiem i cyberbezpieczeństwem przedsiębiorstw 4.0. Przede wszystkim nie uwzględniają specyfiki ryzyka cyber-fizycznego. Tradycyjne metryki cyberbezpieczeństwa, oparte na okresowych testach penetracyjnych, nie oddają dynamicznej natury cyberzagrożeń oraz ich bezpośrednich konsekwencji fizycznych (Kaplan & Boehm, 2017). Jednym z aktualnych standardów w zakresie cyberbezpieczeństwa środowisku przemysłowym jest standard IEC 62443-6-1 (International Electrotechnical Commission, 2024). Wprowadza on wymóg ciągłego monitorowania ryzyka dla przemysłowych sieci ze względu na ich złożoność. Podobne wymogi wprowadziła Dyrektywa UE NIS2 (European Parliament and Council of the European Union, 2022). W efekcie, brak mechanizmów pomiaru zdolności do zarządzania ryzykiem cyber-fizycznym czy monitorowania zagrożenia cybernetycznego w czasie rzeczywistym wyraźnie potwierdza, że klasyczne metody oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami nie odpowiadają specyfice przedsiębiorstwa 4.0. Te regulacje

jednoznacznie przesuwają akcent z okresowych audytów na ciągle monitorowanie, co wymaga nowych ram oceny zdolności organizacyjnych do adaptacji w czasie rzeczywistym.

Następny obszar ograniczeń znajduje się w pomiarze adaptacyjności. Fernandes i Burcharth (2024, s. 16) wskazują na ograniczenia percepcji jako główne przyczyny, dla których tradycyjne przedsiębiorstwa odrzucają transformację cyfrową. Tradycyjne miary skuteczności nie uwzględniają zdolności percepcji zmian jako kluczowego wskaźnika. Autorzy rozwijają model koncepcyjny, który wyjaśnia, w jaki sposób struktury organizacyjne na poziomie firmy – konkretne, kontekstowe i oparte na wiedzy – mogą ograniczać percepcję i uwagę, co skutkuje brakiem rozpoznania nowych technologii cyfrowych jako strategicznych problemów czy możliwości. Ten mechanizm poznawczy prowadzi do sytuacji, w której przedsiębiorstwa nie postrzegają przerwowych zmian płynących z transformacji cyfrowej jako zagrożeń lub szans wartych uwagi strategicznej.

Należy zwrócić uwagę na pomiar współpracy człowiek-maszyna. Przeglasińska (2025) wskazuje na wyzwania związane z adaptacją organizacji do przyszłych sposobów pracy, w tym współistnienia ludzi z robotami oraz wykorzystania sztucznej inteligencji. Natomiast tradycyjne miary produktywności pracy nie uwzględniają synergii człowiek-AI charakterystycznej dla przedsiębiorstw 4.0.

Metody oceny skuteczności zarządzania stosowane w przedsiębiorstwie 4.0

Ocena skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami w Przemysle 4.0 wymaga zastosowania odpowiednich metod, które uwzględniają m.in. nowoczesne technologie, automatyzację, analizę danych oraz integrację systemów. Poniżej przedstawione zostały główne zalety opisanych metod oraz przykłady ograniczeń w odniesieniu do specyfiki przedsiębiorstwa czwartej generacji (tab. 2.6).

Tab. 2.6. Porównanie cech współczesnych koncepcji oceny skuteczności zarządzania

Metoda	Główne zalety	Ograniczenia
Strategiczna karta wyników	Zrównoważenie celów krótko- i długoterminowych, adaptacyjność, holistyczne podejście.	Złożoność wdrożenia w organizacjach o złożonej strukturze, niepełne odzwierciedlenie dynamicznych zmian technologicznych, subiektywność doboru wskaźników.
Benchmarking	Identyfikacja najlepszych praktyk, zwiększenie konkurencyjności, uniwersalność zastosowań, wsparcie dla innych metod.	Trudność w uzyskaniu danych, brak systematycznej aktualizacji wyników może prowadzić do stagnacji.
Koncepcja zdolności	Ocena kluczowych zdolności, które organizacja może rozwijać, integracja i rozwój zdolności technologicznych.	Subiektywność oceny, brak standardów dla metodologii i ram oceny.

EFQM	Kompleksowa ocena, dostosowanie modelu do potrzeb organizacji, kultura ciągłego doskonalenia, wsparcie rozwoju zintegrowanych strategii.	Czasochłonność procesu wdrożenia modelu.
------	--	--

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie przeprowadzonej w poprzednich podrozdziałach analizy klasycznych metod oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami można dostrzec szereg fundamentalnych ograniczeń w ich stosowaniu w kontekście specyfiki przedsiębiorstwa 4.0. Metody te, opracowane dla potrzeb tradycyjnych organizacji funkcjonujących w względnie stabilnym otoczeniu, napotykają na znaczące bariery aplikacyjne w środowisku funkcjonowania przedsiębiorstwa 4.0.

Strategiczna karta wyników (BSC) powstała jako odpowiedź na ograniczenia tradycyjnych systemów pomiarowych skoncentrowanych wyłącznie na wskaźnikach finansowych. Ma one wiele zalet w kontekście specyfiki przedsiębiorstwa 4.0 są m.in. wielowymiarowość pomiaru co odpowiada wielowymiarowości funkcjonowania przedsiębiorstwa 4.0, zrównoważenie różnych perspektyw czasowych, co jest istotne w środowisku przemysłowym. Możliwość kaskadowania strategii na poziomy operacyjne umożliwia integrację różnych poziomów zarządzania charakterystyczną dla złożonych struktur przedsiębiorstwa 4.0. Holistyczne podejście odpowiada na potrzeby integracji procesu formułowania strategii z jej realizacją, co może wspierać zarządzanie transformacją cyfrową. Z drugiej strony metoda posiada ograniczenia względem specyfiki przedsiębiorstwa 4.0. Pierwszym z nich jest to, że mimo swojej adaptacyjności, nadal bazuje na cyklicznych okresach planowania, które nie są wystarczające dla środowiska wymagającego decyzji w czasie rzeczywistym (Schuh et al., 2018). Z kolei Stawiarska i in. (2024) identyfikują kluczowe ograniczenia w kontekście Przemysłu 4.0. Należą do nich m.in.:

- przeciążenie informacyjne danymi - trudności w filtracji informacji istotnych dla strategicznych celów BSC poprzez generowanie ogromnych ilości danych,
- złożoność integracji – dotyczy systemów cyber-fizycznych z tradycyjnymi ramami BSC,
- cyberbezpieczeństwo – wymiar nie uwzględniany przez klasyczne perspektywy BSC.

BSC pomimo znaczących zalet, napotyka na fundamentalne bariery w środowisku 4.0: przeciążenie danymi, nieadekwatność cykli planowania oraz brak mechanizmów zarządzania ryzykiem cyber-fizycznym.

Kolejną metodą poddaną analizie jest benchmarking. Metoda koncentruje się na identyfikacji najlepszych praktyk i ich adaptacji. Wybór odpowiedniej metody zależy od specyfiki przedsiębiorstwa, jego celów strategicznych oraz gotowości do integracji nowoczesnych technologii i adaptacji do zmian. Często najlepszym rozwiązaniem jest połączenie kilku metod, aby uzyskać kompleksowy obraz skuteczności zarządzania. Główną zaletą jest identyfikacja najlepszych praktyk, która umożliwia organizacjom uczenie się od liderów w swojej branży. Stosowanie benchmarkingu może zwiększać konkurencyjność dzięki identyfikacji luk względem konkurencji. Może być stosowany w różnych obszarach organizacji przez jest uniwersalną metodą. Benchmarking jest często wykorzystywany jako technika pomocnicza we wdrażaniu innych metod jak np. BSC. Badania wskazują na fundamentalne problemy z porównywalnością organizacji w różnych fazach transformacji cyfrowej oraz brak standaryzacji w obszarze Przemysłu 4.0 (Horvath & Szabo, 2019; Wolniak & Grebski, 2023, s. 672). Ponadto, brakuje standaryzacji formatów danych. Przemysł 4.0 może obejmować różnorodne formaty danych, co utrudnia spójne porównywanie i benchmarking danych pomiędzy różnymi systemami i platformami. Zróżnicowane infrastruktury technologiczne wśród różnych organizacji mogą utrudniać płynną integrację w celach benchmarkingowych. Identyfikacja porównywalnych wskaźników do celów benchmarkingowych w dynamicznym środowisku Przemysłu 4.0 może być wyzwaniem, prowadząc do niedokładnych lub niepełnych porównań. Ograniczeniem jest też szybkie tempo ewolucji technologii Przemysłu 4.0, które może skutkować tym, że benchmarki szybko stają się nieaktualne, co utrudnia utrzymanie ich istotności. Na podstawie badań przeprowadzonych przez Gajdzik można stwierdzić, że ograniczeniem jest sieciowanie procesów, gdzie organizacje funkcjonują w złożonych ekosystemach, co czyni tradycyjne porównania organizacji do siebie nieadekwatnymi (2022, s. 201).

Koncepcja dynamicznych zdolności (DFC) koncentruje się na zdolności organizacji do integrowania, budowania i rekonfigurowania wewnętrznych i zewnętrznych kompetencji w odpowiedzi na szybko zmieniające się otoczenie. Collis i Anand (2019) wskazują na ograniczenia związane z dokonywaniem kompromisu między rozwijaniem zdolności adaptacyjnych a utrzymaniem wysokiej efektywności operacyjnej. Według Collisa organizacje nie mogą w pełni realizować obu celów jednocześnie, co oznacza, że inwestowanie w elastyczność i innowacyjność często obniża bieżącą wydajność procesów, a skupienie na efektywności ogranicza zdolność reagowania na zmiany. Innym ograniczeniem jest brak standardowych skal pomiarowych dla środowiska przedsiębiorstwa 4.0 oraz trudności w kwantyfikacji niematerialnych zdolności organizacyjnych (Loureiro et al., 2021). Można też zauważyć ograniczenia praktyczne wskazane

przez Dominiczewską (2025, s. 39) jak trudności w operacjonalizacji, czyli przełożenia koncepcji teoretycznej na mierzalne wskaźniki. Ocena najczęściej występuje po utworzeniu wartości. W przypadku DFC zdolności dynamiczne są procesami, a nie produktami, można je oceniać *ex post* w momencie kiedy przynoszą wyniki, nie można ich natomiast mierzyć *ex ante*, gdzie decyzje są podejmowane. W szybko zmieniającym się środowisku przedsiębiorstwa 4.0 brak oceny *ex ante* może oznaczać m.in. brak wskaźników wczesnego ostrzegania o niewystarczających zdolnościach, konieczność inwestowania bez pewności o zwrocie z inwestycji.

Następnie poddano przeglądowi model EFQM. Posiada on szereg zalet jeśli chodzi o wykorzystanie w specyfikę przedsiębiorstwa 4.0. Obejmuje wszystkie aspekty funkcjonowania organizacji, od przywództwa po wyniki operacyjne. EFQM promuje systematyczne podejście do poprawy wydajności organizacyjnej (Rogala, 2009). Ponadto jest uniwersalna i może być zastosowana do różnych typów organizacji i branż. Poprzez narzędzie RADAR możliwe jest zapewnienie strukturalnej metodyki oceny i doskonalenia procesów organizacyjnych. Widoczne jest również uwzględnienie potrzeb różnych grup. Z drugiej strony model EFQM ma ograniczenia w stosunku do specyfiki przedsiębiorstwa 4.0. Wierzbic podkreśla, że model EFQM wymaga od organizacji oceny, w jaki sposób adaptuje się ona do przyszłych sposobów pracy jak współpraca człowiek – maszyna czy używanie sztucznej inteligencji i wirtualnej rzeczywistości (Martusewicz & Wierzbic, 2024), co wskazuje na nowe wymiary funkcjonowania organizacji w środowisku Przemysłu 4.0. Potwierdza to Asif (2020) argumentując braki w dostosowaniu tradycyjnych modeli jak m.in. EFQM do specyfiki Przemysłu 4.0 poprzez brak mechanizmów oceny współpracy człowiek – maszyna czy sztuczna inteligencja. Z kolei Nenadal (2020, s. 22) w swoich badaniach przeprowadził szczegółową analizę ograniczeń EFQM, gdzie zwraca uwagę na zbyt ogólnikowe opisy brak konkretności dla implikacji w praktyce, brak rekomendacji wskaźników wydajności. Co w nawiązaniu do publikacji Wolniaka (2024) w kontekście tego, że organizacje generują ogromne ilości danych, brak wskazania odpowiednich KPI jest poważnym deficytem. Nenadal wskazuje również na deprecjację podejścia procesowego w modelu EFQM, co w odniesieniu do środowiska systemów cyberfizycznych, gdzie nie ma nacisku na podejście procesowy może być krytycznym ograniczeniem. Kolejnym zagadnieniem, które można wskazać w obszarze ograniczeń jest podejście do zarządzania ludźmi. Fonseca (2021, s. 12) argumentuje, że mimo modernizacji model nie adresuje wyzwań związanych z transformacją kulturową organizacji w erze cyfrowej oraz nie uwzględnia specyfiki kompetencji cyfrowych pracowników środowiska przedsiębiorstwa 4.0.

Przeprowadzony w niniejszym rozdziale przegląd literatury oraz szczegółowa analiza klasycznych metod oceny skuteczności zarządzania pozwoliły na zidentyfikowanie dwóch głównych kategorii ograniczeń:

- ograniczeń koncepcyjnych – wynikających z fundamentalnych różnic między specyfiką funkcjonowania przedsiębiorstw tradycyjnych a przedsiębiorstw 4.0,
- ograniczeń metodologicznych – związanych z nieadekwatnością konkretnych narzędzi pomiarowych do wymogów środowiska cyfrowego.

Zidentyfikowano kilka obszarów ograniczeń koncepcyjnych potwierdzonych przez przegląd literatury. Należą do nich: kwestie temporalne i dynamiczne, złożoność systemów cyber-fizycznych, kompetencje zarządcze, ekosystemy cyfrowe, cyberbezpieczeństwo, adaptacyjność i elastyczność oraz współpraca człowiek-maszyna. Jeśli chodzi o ograniczenia metodologiczne to zauważyć należy potrzebę triangulacji metod, ponieważ żadną z opisanych klasycznych metod pozwalających badać skuteczność zarządzania nie jest wystarczająca i nie uwzględnia nowych wymiarów przedsiębiorstwa 4.0. W celu właściwego dobrania metodyki badawczej skuteczności zarządzania należałoby dobrać różne rodzaje powiązań pochodzących z poszczególnych metod klasycznych. Następnym rodzajem ograniczenia przejawiającym się w przeglądzie metod jest brak wymogu pomiarów w czasie rzeczywistym oraz narzędzi do oceny tych pomiarów. Ograniczenia tradycyjnych metod są konsekwentnie potwierdzane przez ekspertów międzynarodowych oraz głównych polskich badaczy zajmujących się zagadnieniem.

Dodatkowo, zaproponowana w pracy definicja skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 traktuje wszystkie aspekty jako równoważne, co jest ograniczeniem praktycznym. Planowane badanie eksperckie z wykorzystaniem AHP pozwoli na hierarchizację determinant skuteczności oraz uszczegółowienie praktycznego zastosowania definicji.

Rozdział drugi stanowi opracowanie, które w znaczący sposób przyczynia się do realizacji celów badawczych oraz weryfikacji postawionych hipotez. Rozdział drugi realizuje ten cel poprzez systematyczne omówienie ewolucji koncepcji skuteczności zarządzania. Przedstawiono podejście prakseologiczne będące bazą teoretyczną, wywodzącą się z polskiej szkoły prakseologii. Następnie podejście anglojęzyczne, gdzie przeprowadzono szczegółową analizę pojęć związanych ze skutecznością zarządzania, wskazując na złożoność i wieloznaczność tych terminów w kontekście zarządzania. Przyjęto, że definiowanie skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 bazuje na tym podejściu jako stale rozwijanym i odpowiadającym międzynarodowym podejściom do badania przedsiębiorstw w Przemysle 4.0. Jednocześnie

podejście prakseologiczne jest bazą do definiowania skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0. Kolejnym etapem była charakterystyka teorii organizacji jako kontekst interpretacji skuteczności zarządzania. Każda z tych teorii oferuje odmienną perspektywę definiowania i oceny skuteczności. Opisano również modele skuteczności zarządzania, w tym modele *organizational effectiveness* i *organizational performance*, których założenia były najbliższe badaniu skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0. Scharakteryzowano ponadto metody oceny skuteczności oraz współczesne koncepcje uwzględniające wieloaspektowość oceny organizacji.

Rozdział dostarczył podstaw teoretycznych dla weryfikacji hipotezy pomocniczej mówiącej o tym, że klasyczne podejścia do badania skuteczności zarządzania przedsiębiorstw nie w pełni odpowiadają specyfice przedsiębiorstw 4.0. Przedstawiono krytykę tradycyjnych modeli, które koncentrują się głównie na aspektach finansowych, wynikach przeszłych i sztywnych strukturach organizacyjnych. Wskazano, że klasyczne miary skuteczności nie uwzględniają specyfiki środowiska cyfrowego, dynamiki zmian, złożoności systemów cyberfizycznych oraz nowych form organizacji pracy. W podrozdziale 2.3 (choć szczegółowo będzie rozwinięty w kolejnych rozdziałach) zarysowano konieczność uwzględnienia takich determinant jak: kompetencje cyfrowe, automatyzacja i robotyzacja, analityka danych, integracja technologii informacyjnych, elastyczność organizacyjna, innowacyjność, współpraca w sieci, zarządzanie w warunkach zmienności (VUCA). Przedstawiono także determinanty skuteczności zarządzania specyficzne dla przedsiębiorstw 4.0. Rozdział drugi przygotował grunt teoretyczny dla weryfikacji hipotezy dotyczącej identyfikacji kluczowych determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0, które wymaga zastosowania metodyki badawczej pozwalającej na uwzględnienie różnego rodzaju powiązań istniejących pomiędzy rozpatrywaną grupą czynników. Było to widoczne poprzez prezentację wielokryterialnych metod oceny, wskazanie na złożoność i wieloaspektowość oraz uzasadnienie konieczności integracji różnych perspektyw metodologicznych.

Rozdział drugi przyczynił się do wypełnienia zidentyfikowanych luk badawczych. W kontekście luk poznawczych dokonano usystematyzowania pojęć związanych ze skutecznością zarządzania, pokazując różnice między polskim (sprawność, skuteczność, efektywność) a angielskim (*efficiency, effectiveness, performance, efficacy*) rozumieniem tych kategorii. Zidentyfikowano także determinanty klasyczne oraz specyficzne dla przedsiębiorstwa 4.0. W obszarze luk metodycznych przedstawiono szerokie spektrum metod jednokryterialnych i wielokryterialnych, wskazując na ich zalety i ograniczenia. To stanowiło podstawę dla uzasadnienia

wyboru metodyki badawczej (AHP, metoda ekspercka) w dalszych etapach badania. Częściowo wypełniono też lukę praktyczną, bo choć obszar determinant skuteczności zarządzania, będzie rozwijany w kolejnych rozdziałach (zwłaszcza w rozdziale 4 i 5), już w rozdziale drugim zidentyfikowano wstępną listę determinant specyficznych dla przedsiębiorstw 4.0.

3. Rozdział

Metodyka badań

3.1. Cykl postępowania badawczego

Przeprowadzona analiza literatury pozwoliła zidentyfikować specyficzne aspekty funkcjonowania przedsiębiorstwa 4.0 oraz umożliwiła analizę dotychczasowych podejść do oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami. Zadaniem stawianym przed badaniami empirycznymi jest zidentyfikowanie wymiarów oraz kryteriów determinujących skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0, ich klasyfikacja oraz ocena ważności.

W tym celu przyjęto następujące kroki postępowania badawczego:

1. Przegląd literatury w celu identyfikacji determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 opisywanych w literaturze.
2. Opracowanie wstępnego katalogu determinant skuteczności.
3. Przeprowadzenie wywiadów z ekspertami w celu uzupełnienia wstępnego katalogu determinant skuteczności.
4. Opracowanie kompletnego katalogu wymiarów oraz determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.
5. Ocena ważności determinant z wykorzystaniem metody AHP oraz opinii ekspertów.

Realizacja celu głównego oraz weryfikacja hipotez badawczych wymagała zastosowania dwu rodzajów źródeł danych: źródeł zastanych (przegląd literatury) oraz źródeł wywołanych (opinie ekspertów). Umożliwiło to opracowanie szerokiego katalogu determinant poddanych następnie ocenie. Sposób postępowania bazuje na zmodyfikowanej metodyce badania efektywności organizacyjnej zaproponowanej przez Ziębickiego (2014, s. 158), dostosowanej do specyfiki przedsiębiorstw 4.0.

Ze względu na eksploracyjny charakter problematyki przedsiębiorstw 4.0, której mechanizmy działania są stosunkowo mało zbadane, właściwe było skorzystanie głównie z teorii badań idiograficznych jakościowych uzupełnionych badaniami ilościowymi. Nie ulega wątpliwości, że badania ilościowe charakteryzuje wyższa rzetelność, wynikająca z możliwości powtarzalnego pomiaru i standaryzacji procedur. Jednocześnie jednak ich trafność, rozumiana jako adekwatność w uchwyceniu badanych zjawisk, jest niższa w porównaniu z badaniami jakościowymi, które pozwalają lepiej oddać kontekst i złożoność rzeczywistości społecznej (Babie, 2005; Kuciński, 2014, s. 195).

Badania jakościowe są wskazane, gdy podmiot lub zjawiska badań są trudne do uogólnienia eksplorację (Chelpa, 2002) oraz niewiele o nich wiadomo i należy zastosować (Kostera, 2003). Wykorzystanie metod analizy jakościowej nie jest alternatywą dla analizy statystycznej, a bardziej sposobem dogłębnego zbadania zachodzących zjawisk (Czakon, 2006, s. 9–12). Rolą badań jakościowych w proponowanej rozprawie jest znalezienie determinant skuteczności zarządzania, zdefiniowanie zakresu przedsiębiorstwa 4.0 oraz wskazanie czym różnią się one od przedsiębiorstw klasycznych. Jednym z zarzutów stawianych badaniom jakościowym jest niespójność danych. Jednak zastosowanie w analizach odpowiednich technik pozwala utrzymać rzetelność i wiarygodność prowadzonych badań (Miles & Huberman, 1984). Aspekty rzetelności danych w analizie jakościowej były rozwijane przez wielu badaczy (Gersick, 1988; Leonard-Barton, 1988). Dodatkowo za pomocą badań jakościowych można określać specyfikę konstruktów potrzebnych do budowania teorii. Jeśli zbudowane na tej podstawie teorie okażą się ważne dla danego paradygmatu, to może to być podstawą przeprowadzenia szerszych badań empirycznych (Eisenhardt, 1991).

W badaniu zastosowano eksploracyjny sekwencyjny model badań mieszanych (Creswell & Plano Clark, 2018) charakteryzujący się dwuetapowym wykorzystaniem ekspertów w różnych rolach metodologicznych. Metoda ta zakłada w pierwszej kolejności gromadzenie danych jakościowych, a następnie wykorzystanie wyników do przeprowadzenia badań ilościowych, co umożliwi głębsze zrozumienie zależności między danymi jakościowymi a ilościowymi. W początkowej fazie skoncentrowano się na eksploracji problemu badawczego poprzez zbieranie oraz analizę danych jakościowych. Kolejny etap polega na identyfikacji istotnych czynników determinujących skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 i ich weryfikacji w badaniach ilościowych (Schoonenboom & Johnson, 2017; Shorten & Smith, 2017). Na podstawie wyników jakościowych skonstruowane jest narzędzie pomiarowe w formie kwestionariusza (Terrell, 2012; Wisdom & Creswell, 2013). Z kolei faza ilościowa umożliwia testowanie zmiennych, a uzyskane rezultaty stanowią podstawę do sformułowania zintegrowanych wniosków, które poszerzają i pogłębiają interpretację wyników jakościowych.

Przegląd literatury został przeprowadzony w sposób wszechstronny i metodyczny, obejmując analizę doniesień naukowych z lat 2011–2025 opublikowanych w polskich i międzynarodowych czasopismach z dziedziny zarządzania, inżynierii oraz nauk społecznych. Wykorzystano wieloetapowe wyszukiwanie w bazach Scopus, Web of Science, EBSCO oraz ScienceDirect, stosując precyzyjne kryteria inkluzji i ekskluzji oparte na tematyce: *Przemysł 4.0*, *przedsiębiorstwo 4.0* oraz *skuteczność zarządzania*. Do identyfikacji kluczowych pozycji

wykorzystano technikę śledzenia cytowań, metodę kuli śnieżnej oraz analizę sieci współwystępowania fraz kluczowych, co pozwoliło na odtworzenie głównych nurtów teoretycznych i praktycznych.

W drugiej fazie postępowania badawczego, określonej jako etap konceptualizacji i operacjonalizacji, opracowano wstępny katalog determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Proces ten polegał na syntezie wyników przeglądu literatury oraz ich systematyzacji według przyjętych wymiarów skuteczności. Wstępny katalog został skonstruowany hierarchicznie, obejmując wymiary nadrzędne (strategiczny, organizacyjno-kulturowy, technologiczny, procesowy, relacyjno-ekosystemowy, innowacyjno-rozwojowy, wynikowy) oraz szczegółowe kryteria oceny przypisane do poszczególnych wymiarów. Geneza opracowania wstępnego katalogu wywozi się z przeglądu różnych podejść, modeli i metod opisanych w rozdziale pierwszym i drugim. Wstępna kategoryzacja została dokonana bazując na przeglądzie modeli dojrzałości opisanych w podrozdziale 1.1. Wykorzystanie modeli dojrzałości Przemysłu 4.0 w niniejszej pracy wynika z konieczności obiektywizacji oceny stopnia zaawansowania transformacji cyfrowej przedsiębiorstw oraz identyfikacji specyficznych wymogów kompetencyjnych i organizacyjnych charakterystycznych dla przedsiębiorstw czwartej generacji. Następnie odwołano się w podrozdziale 1.1 do filarów i technologii Przemysłu 4.0, co wynikało z konieczności zrozumienia fundamentów technologicznych i organizacyjnych czwartej rewolucji przemysłowej, które determinują specyfikę funkcjonowania przedsiębiorstw 4.0. Wykorzystano również w podrozdziale 2.1 koncepcję wymiarów sprawności organizacyjnej opierającą się na dorobku teoretycznym Griffina czy Kotarbińskiego, którzy wskazują na wieloaspektowość oceny funkcjonowania przedsiębiorstw. Niezbędnym było odwołanie się do klasycznych modeli badania sprawności organizacyjnej stanowi fundament teoretyczny dla operacjonalizacji wymiarów skuteczności zarządzania w niniejszej pracy, odbyło się to również w podrozdziale 2.1. Kolejno w podrozdziale 2.2 nastąpiło odwołanie do modeli doskonałości organizacyjnej, w szczególności modelu EFQM, stanowi uzasadnioną bazę teoretyczną dla wielowymiarowej oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem.

Dla prawidłowego przeprowadzenia badań kluczowe było odpowiednie dobranie i zaplanowanie zadań dla ekspertów. Przewidziano dla nich dwie role. Pierwsza związana była z gromadzeniem informacji. Eksperci dobrani na podstawie doświadczenia, kompetencji i pełnionych funkcji dostarczyli informacji odnośnie do trafności wstępnej identyfikacji determinant, a także wskazali dodatkowe, które nie zostały dotychczas ujęte w literaturze. Drugą rolę ekspertów było dokonanie oceny i rangowania poszczególnych determinant i ich wymiarów w

ramach procedury stosowania AHP. Można zatem wskazać, że eksperci pełnili role (Cukras-Stelągowska, 2019, s. 118):

- eksploracyjną, polegającą na wsparciu w zdefiniowaniu specyfiki przedsiębiorstwa 4.0,
- systematyzującą, polegającą na udzieleniu informacji, które wspomagały porządkowanie wiedzy pochodzącej z przeglądu literatury poprzez porównanie z wiedzą praktyczną.
- oceniającą, związaną z zastosowaniem AHP.

Eksperci pozostają anonimowi, aby eliminować efekt dominacji osobowości, redukować skośność związaną z autorytetem niektórych ekspertów czy też umożliwić uczestnictwo tych samych ekspertów bez wpływu wcześniejszych deklaracji (Wójciak, 2015, s. 58–77).

Kryteria kwalifikacji ekspertów do badania eksperckiego prezentuje tab. 3.1.

Tab. 3.1. Kryteria kwalifikacji eksperta do badania eksperckiego

Kategoria eksperta	Kryteria merytoryczne	Kryteria formalne	Uzasadnienie włączenia
Biznes	– Min. 5 lat doświadczenia w P4.0 – Min. 2 projekty wdrożeniowe P4.0 – Stanowisko kierownicze/eksperskie	– Wykształcenie wyższe	– Praktyczne doświadczenie implementacyjne
Nauka	– Min. stopień doktora – Publikacje z zakresu P4.0/zarządzania – Doświadczenie badawcze w obszarze	– Aktywność naukowa ostatnie 5 lat	– Teoretyczne podstawy i metodologia badań
Firmy doradcze i konsultingowe	– Doświadczenie w doradztwie P4.0 – Specjalizacja w transformacji cyfrowej – Realizacja projektów wdrożeniowych	– Portfolio klientów z przemysłu 4.0 – Wykształcenie wyższe	– Podejście systemowe i jakość wdrażania
Administracja i jednostki wspomagające	– Min. 3 lata na stanowisku kierowniczym – Zajmowanie się transformacją cyfrową – Współpraca z sektorem prywatnym	– Praca w jednostkach publicznych/wspierających – Doświadczenie w ostatnich 5 latach – Wykształcenie wyższe	– Perspektywa polityki publicznej

Źródło: opracowanie własne.

Dodatkowo, w ramach badania AHP wyróżniono wspomagające kategorie różnicujące ekspertów. Celem tego działania było umożliwienie lepszego zrozumienia punktów widzenia prezentowanych przez grupy ekspertów. Założono, że obszar zawodowy, pełniona funkcja, doświadczenie i inne czynniki mogą oddziaływać na sposób postrzegania determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.

Tab. 3.2. Lista kategorii różnicujących ekspertów uczestniczących w badaniu AHP

Rodzaj kategorii	Możliwość wyboru
Obszar zawodowy	– Biznes – Nauka – Firmy doradcze i audytorskie – Administracja i jednostki wspomagające
Stanowisko/funkcja	– Kierownictwo wyższego szczebla (np. dyrektor, prezes, właściciel organizacji) – Kierownictwo średniego szczebla (np. manager projektu, kierownik działu) – Specjalista / Ekspert – Konsultant / Doradca – Pracownik operacyjny / wykonawczy – Pracownik naukowy / Badacz
Doświadczenie zawodowe	– Do 2 lat – 3–5 lat – 6–10 lat – 11–15 lat – Powyżej 15 lat
Projekty/publikacje związane z transformacją cyfrową	– Brak doświadczenia w projektach transformacji cyfrowej ani w działalności naukowej związanej z tym obszarem – Uczestnik projektów transformacji cyfrowej (rola wykonawcza) – Kierownik zespołu projektowego – Lider / kierownik strategii transformacji cyfrowej – Autor lub współautor publikacji naukowych dotyczących transformacji cyfrowej (proszę o wskazanie liczby publikacji poniżej)
Obszar specjalizacji	– Inżynieria produkcji – IT/Technologie informatyczne – Zarządzanie – Finanse i rachunkowość – Zarządzanie operacyjne – Strategia i innowacje – Kontroling – Polityka gospodarcza – Prawo i regulacje – Rozwój regionalny – Doradztwo strategiczne – Implementacja technologii – Zarządzanie zmianą (procesami transformacji organizacyjnej)
Branża	– Przemysł produkcyjny – Budownictwo – Handel hurtowy i detaliczny (e-commerce) – Transport i logistyka – ICT – technologie informatyczne i telekomunikacja – Usługi finansowe i ubezpieczeniowe – Edukacja i nauka – Opieka zdrowotna i pomoc społeczna – Administracja publiczna – Rolnictwo, leśnictwo, rybactwo
Wielkość organizacji	– Mikroprzedsiębiorstwo (do 9 pracowników) – Małe przedsiębiorstwo (10–49 pracowników) – Średnie przedsiębiorstwo (50–249 pracowników) – Duże przedsiębiorstwo (250 i więcej pracowników)

Źródło: opracowanie własne.

Szczegółowe omówienie rezultatów badania ekspertów zostało przedstawione w rozdziale czwartym. Natomiast wykorzystywane kwestionariusze zostały przedstawione w załącznikach.

3.2. Metody gromadzenia i analizy danych

W tym podrozdziale omówione zostaną przesłanki, które zdecydowały o doborze i konfiguracji metod gromadzenia i analizy danych w ramach wywiadów oraz procedury stosowania metody AHP.

Ze względu na specyfikę prowadzonych badań uznano, że właściwym sposobem gromadzenia informacji o determinantach skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 będzie wywiad standaryzowany nieskategoryzowany przeprowadzony przy pomocy wcześniej przygotowanego scenariusza oraz listy pytań (Czakon, 2015). W podejściu tym pytania zadawane są przez badacza w sposób swobodny (Kostera, 2003, s. 121–125). W naukach społecznych wywiad stanowi jedną z kluczowych metod badawczych, pozwalającą na poznanie zjawisk oraz procesów obecnych w świadomości osób badanych (Sztumski, 2010, s. 176). Według Mińskiego (2017, s. 30–40), wywiad umożliwia pozyskanie bardziej wszechstronnych i pogłębionych informacji niż techniki badawcze oparte na metodach wystandaryzowanych oraz danych ilościowych. Wywiad umożliwia poznanie określonych zjawisk i stanów rzeczywistości poprzez bezpośrednią rozmowę z respondentami, ukierunkowaną na ustalenie ich opinii i poglądów (Pelc, 2012, s. 60). Wywiad ekspercki to forma wywiadu, w której respondent dysponuje rozległą, specjalistyczną wiedzą oraz doświadczeniem zawodowym w określonej dziedzinie (Krajewski, 2020, s. 75).

Początki systematycznego podejścia do wywiadów eksperckich sięgają niemieckiej socjologii początku lat 90. XX wieku. Pionierami tej metody byli Meuser i Nagel (1991), którzy po raz pierwszy sformalizowali podejście do wywiadów z ekspertami jako odrębnej metody badawczej. Koncepcja ewoluowała i w wyniku prac Bognera i Menza (2009) wprowadzony został trójkopodział wywiadów eksperckich (Döringer, 2021, s. 266). Wyróżnia się:

- wywiad eksploracyjny,
- wywiad systematyzujący,
- wywiad generujący teorię.

Pierwszym z wyróżnianych rodzajów jest eksploracyjny wywiad ekspercki, stosowany głównie wtedy, gdy badacz wkracza w nowy lub słabo rozpoznany obszar. Jego zadaniem jest uporządkowanie badanego pola oraz wskazanie wstępnych hipotez lub czynników wymagających dalszej analizy. Kolejnym typem jest systematyzujący wywiad ekspercki, który rozwija

podejście eksploracyjne (Bogner & Menz, 2009). Jego głównym celem jest zebranie wiedzy eksperckiej w sposób uporządkowany i całościowy, co sprzyja zapewnieniu wysokiej porównywalności danych (Gläser & Laudel, 2004). Oba podejścia koncentrują się na dwóch kategoriach wiedzy: technicznej i procesowej. Wiedza techniczna obejmuje specjalistyczne informacje z danej dziedziny, takie jak rozwiązania technologiczne czy dane empiryczne. Bogner i Menz (2009) zestawiają ją z wiedzą potoczną, nazywając edukacyjną, i podkreślają, że stanowi ona swoistą przewagę ekspertów. Wiedza procesowa natomiast odnosi się do doświadczenia praktycznego oraz kontekstu instytucjonalnego działań. Powstaje w wyniku pełnionej roli w procesie i obejmuje znajomość interakcji, rutynowych praktyk czy praktyk społecznych (Van Audenhove & Donders, 2019). Trzeci rodzaj wywiadu eksperckiego, wyróżniony przez Bognera i Menza (2009) to wywiad teorii-generujący, który stanowi punkt wyjścia do metodologicznego rozwijania problemowo ukierunkowanych wywiadów eksperckich.

Meuser i Nagel (2009) podkreślają, że analiza wywiadów eksperckich różni się od analizy innych wywiadów jakościowych. Analiza nie koncentruje się na całej osobie eksperta, ale na jego wiedzy jako reprezentanta grupy eksperckiej. Bogner i Menz (2009) wskazują trzy zasadnicze wymiary wiedzy eksperckiej. Pierwszy z nich to wiedza techniczna, obejmująca specjalistyczne informacje oraz reguły postępowania w danej dziedzinie. Drugi stanowi wiedza procesowa odnosząca się do praktycznych doświadczeń jednostki oraz powtarzalnych rutyn organizacyjnych. Trzeci wymiar to wiedza interpretacyjna, obejmująca subiektywne sposoby orientacji, interpretacje oraz wzorce nadawania znaczeń.

W niniejszej rozprawie wybrany został wywiad ekspercki eksploracyjny, ponieważ zachodzi konieczność zbadania obszaru przedsiębiorstwa 4.0, którego specyfika jest jeszcze relatywnie mało znana i wymaga dalszej strukturyzacji pola badawczego. Ponadto, występują brak konsensu definicyjnego co do rozumienia przedsiębiorstwa 4.0 przez ekspertów a charakter problematyki może być interdyscyplinarny.

Dodatkowo zdecydowano się na wywiad częściowo ustrukturyzowany. Według Kolbe i Boos (2009), wywiad ekspercki eksploracyjny prowadzony w sposób częściowo ustrukturyzowany charakteryzuje się szeregiem istotnych zalet metodologicznych, które uzasadniają wybór tej techniki w badaniach nad złożonymi problemami zarządczymi. Po pierwsze, procedura ta umożliwia spontaniczne włączanie do rozmowy tematów nieprzewidzianych w scenariuszu wywiadu, a jednocześnie bardzo ważnych z perspektywy wyjaśniania badanego zjawiska. Dzięki temu możliwe staje się pełniejsze uchwycenie rzeczywistej wiedzy eksperta oraz jej kontekstu, bez ograniczeń narzuconych przez ściśle zamknięty kwestionariusz. Częściowo

ustrukturyzowana procedura umożliwia ponadto zachowanie wysokiej porównywalności wyników pomiędzy wywiadami, którą osiąga się dzięki powtarzalnej strukturze przewodnika i systematycznemu kodowaniu treści, mimo elastyczności w dopytywaniu. Wywiad ekspercki częściowo ustrukturyzowany definiowany jest, zgodnie z ujęciem Hopfa (2000) oraz Mayringa (2002, 2023), jako metoda oparta na zastosowaniu planu wywiadu wraz z pytaniami, przy jednoczesnym elastycznym i refleksyjnym podejściu do jego realizacji. Oznacza to, że wywiad ten jest starannie zaplanowany, a zarazem pozostaje otwarty i adaptacyjny wobec przebiegu rozmowy. W jego ramach badacz dąży do uzyskania wszystkich istotnych informacji, modyfikując jednak kolejność i sposób zadawania pytań w zależności od kontekstu sytuacyjnego. Zaleca się korzystanie z relatywnie stałego schematu pytań, który może być dostosowywany do konkretnej sytuacji badawczej poprzez zmianę kolejności bądź sformułowań pytań.

Procedura przeprowadzenia badania eksperckiego za pomocą wywiadu bazuje na opracowaniach Koneckiego (2000), Sztumskiego (2010, s. 183–187), Meusera i Nagela (2009), gdzie zastosowano zasady poprawnego przeprowadzenia wywiadu (tab. 3.3).

Tab. 3.3. Warunki i dobre praktyki prowadzenia wywiadu

Etap	Opis warunków i dobrych praktyk
Organizacja wywiadu	Pozyskanie eksperta do badań. – Właściwe zaprezentowanie charakteru i celu badań. – Budowanie i utrzymanie zaufania respondenta – Powstrzymanie się od prezentowania własnych opinii na temat badanego zagadnienia. – Unikanie krytyki poglądów oraz postaw prezentowanych przez osobę badaną – Dobór miejsca badania zapewniającego respondentowi poczucie komfortu i bezpieczeństwa. – Wykorzystywanie nieformalnych kontaktów i sieci powiązań jako sposobu pozyskiwania uczestników badania.
Zadawanie pytań	– Znajomość języka i kultury respondentów. – Prowadzenie rozmowy w sposób naturalny, zbliżony do swobodnej konwersacji, co sprzyja budowaniu zaufania i zwiększa wiarygodność uzyskanych danych. – Formułowanie pytań w sposób prosty, zrozumiały i jednoznaczny. – Unikanie wszelkich zachowań o charakterze sugestywnym. – Powstrzymywanie się od polemiki z respondentami, z wyjątkiem sytuacji, gdy służy to pogłębieniu wypowiedzi. – Zachowanie partnerskiej postawy wobec respondenta — unikanie okazywania intelektualnej przewagi, pouczenia czy krytyki. – Zapewnienie warunków poufności, w tym nieprzeprowadzanie wywiadu w obecności osób trzecich.
Rejestrowanie wypowiedzi	Zapis w formie notatek cyfrowych w przygotowanym do tego formularzu w MS Excel
Interpretacja wypowiedzi	Uwzględnienie kontekstu, w jakim odpowiedzi zostały udzielone oraz wzięcie pod uwagę wiedzy o ekspercie i jego doświadczeniach.

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Gregulska-Oksińska, 2021; Konecki, 2000; Sztumski, 2010).

Przebieg wywiadu powinien być następujący:

- transkrypcja selektywna – gromadzone są tylko fragmenty istotne dla problemu badawczego,
- parafrazowanie – skrócenie wypowiedzi do głównych treści bez naruszenia sensu wypowiedzi,
- kodowanie tematyczne – przypisanie kodów do fragmentów tekstu,
- porównanie między przypadkami – poszukiwanie podobieństw i różnic,
- konceptualizacja – tworzenie kategorii i wymiarów,
- teoretyczna generalizacja.

W badaniu zadane zostały ekspertom następujące pytania:

- Jak definiuje Pan/Pani przedsiębiorstwo czwartej generacji (4.0) w porównaniu do przedsiębiorstwa tradycyjnego (3.0)?
- Jakie są kluczowe różnice między zarządzaniem przedsiębiorstwem tradycyjnym a przedsiębiorstwem czwartej generacji?
- Jakie są według Pana/Pani kluczowe determinanty skuteczności zarządzania przedsiębiorstw działających w ramach Przemysłu 4.0?
- Jakie wyzwania w zarządzaniu przedsiębiorstwem 4.0 uważa Pan/Pani za najistotniejsze?
- Jak ocenia Pan/Pani wpływ transformacji cyfrowej na skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem?
- Jakie rekomendacje dałby/dałaby Pan/Pani managerom chcącym zwiększyć skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0?
- Jak przewiduje Pan/Pani, że determinanty skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 będą ewoluować w najbliższej przyszłości?

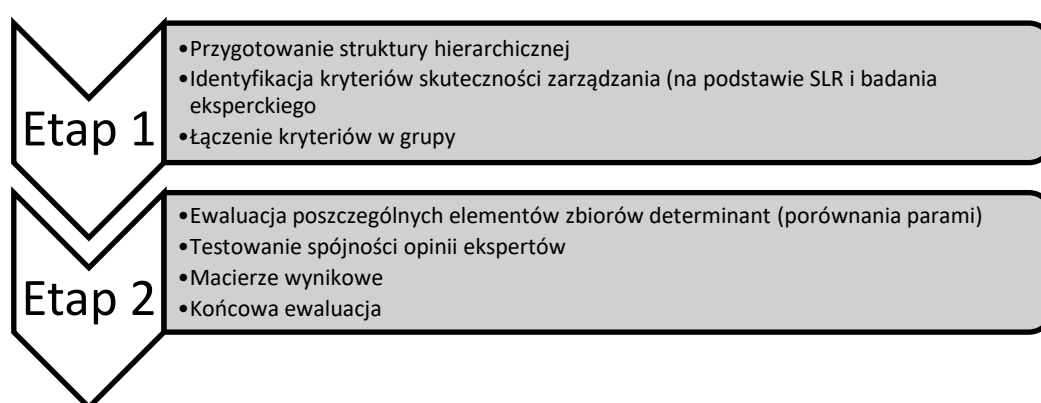
Podczas planowania wykorzystania wywiadu eksperckiego jako metody badania specyfiki i determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 należy również zwrócić uwagę na ograniczenia tej metody (Glistau et al., 2024, s. 143). Po pierwsze, należy zwrócić uwagę na subiektywność i ukierunkowanie ekspertów. Dysponują oni rozległą wiedzą specjalistyczną w takich dziedzinach jak m.in.: cyfryzacja, transformacja cyfrowa, technologia produkcji, sterowanie procesami wytwórczymi, organizacja przedsiębiorstwa, logistyka, zarządzanie łańcuchem dostaw oraz wykorzystania technologii Przemysłu 4.0. Pozwala im to na formułowanie pogłębionych wniosków w tych obszarach, jednak jednocześnie ogranicza możliwość szerszego uogólnienia wyników poza obszarem pochodzenia eksperta. Po drugie, przeprowadzenie badania eksperckiego ma charakter wstępny. Dalszy rozwój naukowej dyskusji oraz

zastosowania praktyczne mogą przyczynić się do doprecyzowania i udoskonalenia przedstawionych rozwiązań. Z tego względu wnioski należy traktować jako punkt wyjścia w procesie opracowania zestawu determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Po trzecie, należy uwzględnić różnice językowe i kulturowe. Badanie odnosi się do doświadczeń ekspertów wynikających z europejskiego i polskiego kontekstu gospodarczego i usługowego, co oznacza, że w innych realiach językowych i kulturowych zasady oraz rekomendacje mogą wymagać odpowiednich modyfikacji.

Ze względu na przyjęte cele rozprawy, kolejną istotną metodą gromadzenia i analizy danych było zastosowanie AHP (Analytical Hierarchy Process). Powodem zastosowania metody AHP jest konieczność dokonania wielokryterialnej analizy danych. AHP wykazuje udowodnioną skuteczność w rozwiązywaniu złożonych problemów decyzyjnych m.in. poprzez porównania parami, co minimalizuje błędy wynikające z bezpośredniej oceny wielu kryteriów jednocześnie; sprawdzenie spójności, co zapewnia wiarygodność osądów ekspertów i wykrywa niespójności w ocenach (Saaty, 1990, s. 10). Metoda AHP była stosowana w kontekście badania Przemysłu 4.0 m.in. w publikacji Bhadu i in. dotyczącej priorytetyzacji technologii Przemysłu 4.0 (2023, s. 667–675). Dodatkowo, AHP znalazło zastosowanie w empirycznym potwierdzeniu skuteczności np. w badaniach Nguyen i współpracowników (2023, s. 220–234), gdzie wykazano, że AHP skutecznie identyfikuje kluczowe czynniki Total Quality Management w kontekście Przemysłu 4.0, gdzie czynniki społeczne okazały się ważniejsze niż techniczne. Wykorzystano w tych badaniach również metodę delficką jako wspomagającą AHP. Ponadto, AHP jest szczególnie skuteczna w warunkach charakteryzujących współczesne przedsiębiorstwa 4.0, gdzie dominuje niepewność i złożoność decyzji. Wykorzystanie tej metody wspomaga radzenie sobie z niemierzalnymi czynnikami jakościowymi, co jest kluczowe przy ocenie skuteczności zarządzania. Larrode i in. Wskazali, że AHP jest metodą, którą aplikować można do badania m.in. adaptacyjności przedsiębiorstwa (2012). W ujęciu metodologicznym należy zaznaczyć, że wykorzystanie metody AHP umożliwia uporządkowanie badanej kwestii oraz przeprowadzenie analizy ważności poszczególnych determinant i wymiarów (Strojny, 2016, s. 475).

Przedstawione argumenty potwierdzają, że metoda AHP stanowi optymalny wybór dla weryfikacji hipotezy dotyczącej identyfikacji zbioru czynników skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Metoda ta była wielokrotnie walidowana w różnorodnych kontekstach, posiada solidne podstawy teoretyczne oraz udowodnioną skuteczność praktyczną w złożonych środowiskach decyzyjnych, jakimi są przedsiębiorstwa 4.0.

Metoda AHP jest jedną z metod analitycznej hierarchizacji danych i pozwala uwzględnić opinie wielu ekspertów (Cabała, 2012). Możliwe jest utworzenie takiego wektora skali, którego elementy składowe umożliwiają porządkowanie wariantów decyzyjnych oraz wskazanie najlepszego z nich. Dokonywane porównania bazują na dziewięciostopniowej skali ocen Saaty’ego (1987). Cel główny znajduje się na najwyższym poziomie hierarchii i jest dekomponowany na poszczególne kryteria oceny. Hierarchia może być wielopoziomowa. Na najniższym poziomie znajdują się rozpatrywane warianty decyzyjne. Elementy znajdujące się na poszczególnych poziomach hierarchii muszą być porównywalne. Chronologia działań przedstawiona została na rys. 3.1.



Rys. 3.1. Etapy przeprowadzenia metody AHP

Źródło: opracowanie własne na podst. (Cabała, 2010).

Opracowując strukturę hierarchiczną należy wziąć pod uwagę liczbę subkryteriów w poszczególnych grupach kryteriów. Nie powinna ona przekraczać 9, ponieważ zbyt duża liczba porównań generuje trudności w udzielaniu odpowiedzi w kwestionariuszu ankiety. Liczba tych porównań rośnie szybko przy rosnącej liczbie elementów w grupach, co obrazuje poniższa relacja:

$$np = n(n-1)/2 \quad (3.1)$$

gdzie:

np – liczba porównań w danym zbiorze elementów

n – liczba elementów zbioru

W przeciwnym przypadku liczba koniecznych porównań par elementów staje się nadmiernie rozbudowana, co może powodować trudności respondentów w udzielaniu odpowiedzi. Optymalna liczba ekspertów do przeprowadzenia badań w ramach tej metody to między 5 a 30 osób (Prusak et al., 2014).

W zastosowaniach metody AHP najczęściej spotyka się strukturę hierarchiczną o charakterze dominacyjnym. Jej podstawą jest porządkowanie elementów problemu – od najbardziej ogólnych, umieszczanych na najwyższym poziomie hierarchii, po elementy szczegółowe, znajdujące się niżej (Prusak & Stefanów, 2014). Tak skonstruowana hierarchia umożliwia zarówno ocenę wpływu elementów nadrzędnych na elementy podporządkowane, jak i określenie udziału poszczególnych składników w realizacji celu głównego. Siła tego oddziaływania oceniana jest poprzez porównania parami elementów niższego poziomu względem elementu nadrzędnego. W praktyce najczęściej wykorzystywaną formą hierarchii w metodzie AHP jest struktura czteropoziomowa.

Dane zostały zebrane za pomocą kwestionariusza internetowego zbudowanego przy pomocy narzędzia LimeSurvey. Składał się on z trzech części:

- porównania parami determinant w ramach każdego wymiaru,
- porównania pomiędzy wymiarami,
- metryki dotyczącej ekspertów.

Ze względu na rozmiar kwestionariusza, został on przedstawiony w załącznikach.

3.3. Formuła obliczania współczynników wagowych

Procedura wyznaczania współczynników wagowych obejmuje kilka etapów (Cabała, 2012, s. 174):

- niezależne porównanie parami determinant i obszarów przez ekspertów,
- normalizacja ocen,
- analizę spójności porównań,
- pomiar zgodności,
- opracowanie oceny zagregowanej.

Zastosowana metoda porównań parami dopuszcza zarówno możliwość obojętności w wyborze (indyferencji), jak i wielostopniową ocenę ważności. Spójność ocen określana jest za pomocą indeksu i wskaźnika spójności (Saaty & Vargas, 2001), natomiast zgodność mierzona jest wskaźnikiem W Kendalla (Cabała, 2012). Takie podejście pozwala identyfikować i eliminować ewentualne błędy pojawiające się w ocenach ekspertów.

Każdy poziom hierarchii podlega ocenie z wykorzystaniem metody porównań parami, polegającej na zestawianiu każdego elementu z każdym innym w danym poziomie. W sytuacji, gdy ocena ma charakter subiektywny, eksperci wykorzystują skalę punktową od 1 do 9, w której większa wartość oznacza większą wagę danego elementu względem drugiego, przy czym odniesienie odbywa się zawsze z perspektywy elementu położonego wyżej w hierarchii.

Ważnym założeniem stosowanej metody jest zasada odwrotności preferencji - jeśli element pierwszy uznany zostanie za istotniejszy od elementu drugiego w określonym stopniu, to oceniany w odwrotnym porównaniu drugi element otrzymuje wagę będącą odwrotnością tej wartości, co ilustruje proporcjonalne osłabienie jego znaczenia względem pierwszego elementu. Dzięki temu mechanizmowi możliwe jest zachowanie spójności i przejrzystości ocen eksperckich, a metoda zapewnia precyzyjne różnicowanie poziomu znaczenia badanych kryteriów czy czynników w ramach kolejnych etapów hierarchicznej struktury analizy.

W kontekście wypełniania macierzy preferencji przez ekspertów, zastosowanie skali 9-cio stopniowej znacząco utrudnia wypełnianie formularza, dlatego dla celów tych badań wykorzystano zmodyfikowaną skalę autorstwa Cabały (2012, s. 183). Ekspert oznacza kliknięciem cyfrę po stronie determinanty, którą uważa za ważniejszą. Przykład podano na rys. 3.2.

	4	3	2	1	0	1	2	3	4	
Planowanie strategiczne	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Implementacja strategii

Rys. 3.2. Przykład pary determinant ocenianych w kwestionariuszu

Źródło: opracowanie własne.

Ekspert przed rozpoczęciem uzupełniania kwestionariusza w LimeSurvey mógł zapoznać się z opisem i znaczeniem każdej z ocen (tab. 3.4).

Tab. 3.4. Interpretacja znaczenia ocen przedstawiana ekspertom

Wartość	Strona skali w widoku mobilnym	Znaczenie oceny
4	lewa	Determinanta 1 jest skrajnie ważniejsza niż determinanta 2
3	lewa	Determinanta 1 jest zdecydowanie ważniejsza niż determinanta 2
2	lewa	Determinanta 1 jest wyraźnie ważniejsza niż determinanta 2
1	lewa	Determinanta 1 jest nieznacznie ważniejsza niż determinanta 2
0	-	Obie determinanty mają identyczny poziom ważności
1	prawa	Determinanta 1 jest nieznacznie mniej ważna niż determinanta 2
2	prawa	Determinanta 1 jest wyraźnie mniej ważna niż determinanta 2
3	prawa	Determinanta 1 jest zdecydowanie mniej ważna niż determinanta 2
4	prawa	Determinanta 1 jest skrajnie mniej ważna niż determinanta 2

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Cabała 2012, s. 183.

Dodatkowo zamieszczono tekst opisujący zasady przyznawania poszczególnych ocen. Informacje te były niezbędne, aby zapewnić jednakowe rozumienie zasad wypełniania arkusza przez ekspertów. Ankieta stosowana w AHP może bowiem być niezrozumiała i nieintuicyjna dla osób, które wcześniej nie miały do czynienia z tą metodą.

Opinie ekspertów wpisywane były następnie do macierzy porównań, gdzie w kolumnach i wierszach znajdując się determinanty lub wymiary, a w ich przecięciach oceny ważności.

Wprowadzane do macierzy porównań dane są przekształcane zgodnie ze skalą opracowaną przez Saaty'ego, opierając się na schemacie zaprezentowanym na tab. 3.5. Skala ta umożliwia ujednolicenie wartości preferencji, dzięki czemu wszystkie porównania zostają zapisane w sposób zapewniający spójność i zgodność metodologiczną całej analizy. Wartości w macierzy porównań zostały przedstawione w kolejności odwrotnej, co wynika z konstrukcji pytań w ankiecie i zostało to uwzględnione w obliczeniach, a z punktu widzenia metodyki AHP nie wpływa to na wyniki.

Tab. 3.5. Schemat przeliczania ocen ekspertów na skalę T. Saaty'ego

Wartość w kwestionariuszu oceny	4	3	2	1	0	1	2	3	4
Wartość w macierzy porównań	9	7	5	1	0	1/3	1/5	1/7	1/9

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Wawak, 2018, s. 167).

Macierz porównań była w dalszej kolejności normalizowana, aby uzyskać wagi o wartościach w przedziale $[0;1]$, gdzie suma jest równa do 1:

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.2)$$

gdzie:

a_{ij} – wartość elementu dla i -tego wiersza i j -tej kolumny,

b_{ij} – znormalizowana wartość elementu a_{ij} ,

n – liczba determinant.

Następnie obliczone zostały wagi (w_i) dla poszczególnych determinant:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (3.3)$$

Następnie obliczono wskaźnik spójności we celu oceny spójności opinii eksperta. Macierz porównań wykazuje spójność, gdy maksymalna wartość własna macierzy porównań (λ_{max}) wynosi n . Wartość ta wzrasta w miarę spadku spójności zgodnie z poniższą formułą:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i} \quad (3.4)$$

gdzie:

$(Aw)_i$ – wektor mnożenia macierzy porównań (A) przez wektor wag (w).

Następnie należy obliczyć indeks spójności CI :

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.5)$$

O tym, czy opinia eksperta będzie zaakceptowana decyduje wskaźnik spójności CR . Wskaźnik spójności (CR) definiuje się jako stosunek indeksu spójności (CI) obliczonego dla macierzy zawierającej oceny porównań parami wykonane przez eksperta do przeciętnej wartości indeksu spójności uzyskiwanej dla losowych macierzy o tych samych rozmiarach (r). Wartość r może różnić się w zależności od liczby porównywanych obiektów (Saaty & Vargas, 2001). Ta relacja matematyczna pozwala na ocenę stopnia zgodności ocen dokonanych w poszczególnych porównaniach, co znajduje odzwierciedlenie w poniższym wzorze:

$$CR = \frac{CI}{r} \times 100\% \quad (3.6)$$

Za kryterium spójności przyjmuje się, że wartości ocen eksperckich są uznawane za zgodne, jeśli wskaźnik CR nie przekracza poziomu 0,1, co odpowiada 10%. Praktycznie oznacza to, że relacja $CR < 0,1$ świadczy o akceptowalnym poziomie jednolitości ocen w porównaniach parami. W praktyce badania opinii eksperckich można spotkać się z sytuacjami, w których wskaźnik spójności CR osiąga wartości nawet do 30%. Wyniki analiz wskazują, że taki poziom niespójności nie wpływa w istotny sposób na ostateczne wartości współczynników wagowych, a zatem algorytm wyznaczania priorytetów pozostaje stabilny mimo wyższych wartości CR . Tolerancja ta bywa akceptowana szczególnie w badaniach, gdzie dane pochodzą od szerokiej grupy ekspertów i charakter porównań jest subiektywny (Goepel, 2013, s. 5).

Wartość wskaźnika r , będąca średnim indeksem spójności otrzymanym z losowych macierzy o określonym wymiarze n , zależy bezpośrednio od liczby porównywanych elementów. Według ustaleń Saaty'ego (2001, s. 83) wartości r wyznaczone komputerowo wynoszą:

- 0,52 dla $n = 3$,
- 0,89 dla $n = 4$,
- 1,11 dla $n = 5$,
- 1,25 dla $n = 6$,
- 1,35 dla $n = 7$,
- 1,40 dla $n = 8$,
- 1,45 dla $n = 9$.

Dzięki temu możliwe jest precyzyjne oszacowanie stopnia spójności dla dowolnej liczby porównywanych kryteriów na każdym poziomie hierarchii.

Kolejny etap analizy polega na ocenie zgodności wag przypisanych przez poszczególnych ekspertów, do tego celu wykorzystuje się współczynnik zgodności W Kendalla. Wartości współczynnika zgodności W Kendalla w kontekście metody AHP interpretowane są jako miara stopnia jednorodności opinii ekspertów przy ustalaniu rang oraz wag kryteriów czy wariantów decyzyjnych. Im wyższa wartość W (maksymalnie $W = 1$), tym większa zgodność ocen w całej grupie ekspertów, co wskazuje na spójny i wiarygodny wynik agregowanych preferencji.

W pierwszej kolejności wartości wag są porządkowane i przedstawiane jako rangi, czyli kolejne liczby naturalne przypisane obiektom według ich wartości. W sytuacji występowania rang powiązanych (identyczna wartość wag dla kilku obiektów), każdemu z tych obiektów przypisuje się średnią wartość dwóch kolejnych rang, które mogłyby przypaść tym obiektom, gdyby nie były związane. Dla każdego obiektu j wyznacza się sumę rang wskazanych przez poszczególnych ekspertów, co stanowi podstawę dalszych obliczeń współczynnika zgodności.

Stosując tę procedurę, możliwe jest obiektywne określenie poziomu jednorodności ocen w grupie ekspertów, a tym samym weryfikacja spójności otrzymanych wyników.

$$R_j = \sum_{i=1}^m c_{ij} \quad (3.7)$$

gdzie:

R_j – suma rang dla j -tego obiektu,

c_{ij} – ranga j -tego obiektu nadana przez i -tego eksperta,

m – liczba ekspertów.

Niezgodność opinii ekspertów w ocenie wag można zmierzyć sumą kwadratów odchyleń rang przyznanych przez ekspertów wobec średniej wartości rang. Po odpowiednich przekształceniach matematycznych, współczynnik zgodności W Kendalla można wyrazić jako miarę opartą na rangach, zgodnie ze wzorem prezentowanym przez Cabałę (2012, s. 193):

$$W = \frac{4 \sum_{j=1}^n R_j^2 - m^2 n(n+1)^2}{4m \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m c_{ij}^2 - m^2 n(n+1)^2} \quad (3.8)$$

Wskaźnik przyjmuje wartości z przedziału $[0;1]$, gdzie 1 oznacza pełną zgodność. Zgodność wskaźnika może być zweryfikowana na podstawie tablic rozkładu statystyki S (Steczkowski & Zelas, 1997). W sytuacji, gdy uzyskany współczynnik zgodności W Kendalla nie spełnia oczekiwań, istnieje możliwość przeprowadzenia redukcji szeregów preferencyjnych, czyli eliminacji tych ocen eksperckich, które w największym stopniu odbiegają od pozostałych. W tym celu konstruuje się macierz kwadratową o wymiarach $m \times m$ (gdzie m to liczba ekspertów),

zawierającą współczynniki korelacji rang Spearmana między parami szeregów preferencyjnych wyznaczonych przez ekspertów. Na tej podstawie dla każdej podmacierzy powstałej przez usunięcie jednego szeregu ocen oblicza się średnią arytmetyczną współczynników korelacji. Jest to tzw. współczynnik godności danego szeregu. Proces ten pozwala na wskazanie takiego szeregu (bądź szeregów), którego eliminacja w największym stopniu przyczynia się do wzrostu globalnej zgodności ocen, a tym samym do uzyskania wyższego poziomu współczynnika W Kendalla w analizie. W przypadku eliminacji pojedynczego szeregu preferencyjnego, uzyskiwana struktura macierzy oraz sposób obliczania wskaźników pozwala wybrać najbardziej *odbiegające* opinie do usunięcia, co skutkuje poprawą jakości agregowanych wyników:

$$W_k = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^m \rho_{ik} - 2 \sum_{k=1}^m \rho_{ik} + 1}{(m-1)^2} \quad (3.9)$$

a w przypadku dwu:

$$W_{ki} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^m \rho_{ik} - 2(\sum_{k=1}^m \rho_{ik} + \sum_{i=1}^m \rho_{ik}) + 2\rho_{ik} + 2}{(m-2)^2} \quad (3.10)$$

gdzie:

ρ_{ik} – współczynnik korelacji Spearmana i-tego i k-tego szeregu preferencyjnego.

W praktyce analizy szeregów preferencyjnych zaleca się eliminację tego szeregu, którego usunięcie powoduje największy wzrost wartości współczynnika zgodności W Kendalla. Jeżeli po tej operacji poziom zgodności nadal pozostaje niezadowalający, procedurę można powtórzyć usuwając kolejne szeregi preferencyjne, zawsze analizując, który z nich najbardziej wpływa na poprawę zgodności w grupie ekspertów. Należy jednak pamiętać, że każdy kolejny etap redukcji zmniejsza liczbę uwzględnianych w analizie opinii, co może ograniczać różnorodność perspektyw oraz reprezentatywność zbioru ocen eksperckich. Cały proces eliminacji realizowany jest na podstawie specjalnie utworzonej macierzy eliminacji, aktualizowanej po każdym etapie usuwania szeregu preferencyjnego.

Podstawową wadą metody porównań parami, szczególnie w formule AHP, jest gwałtowny wzrost liczby wymaganych porównań wraz ze wzrostem liczby obiektów, co skutkuje trudnościami w praktycznym zastosowaniu tej metody dla dużych, wielowymiarowych zbiorów determinant. W efekcie, ekspert napotyka znaczne bariery w zachowaniu kontroli nad spójnością dokonywanych ocen, co przekłada się na możliwość pojawienia się niespójności lub błędów w macierzy porównań.

Na podstawie ocen z poszczególnych wymiarów możliwe jest opracowanie ich w formie graficznej, np. poprzez wykres radarowy, przez co oceny mogą stanowić podstawę kierunków doskonalenia przedsiębiorstwa 4.0 w formule aplikacyjnej.

4. Rozdział

Identyfikacja determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

4.1. Klasyczne czynniki determinujące skuteczność zarządzania

Podjęta w tym podrozdziale analiza stanowi rezultat pogłębionego przeglądu klasycznych definicji i ujęć skuteczności zarządzania, osadzonych zarówno w tradycji prakseologicznej, jak i w anglojęzycznej literaturze zarządzania, co zostało szerzej omówione w podrozdziale 2.1 dotyczącym pojęcia skuteczności zarządzania. Na tej podstawie dokonano wyodrębnienia i podsumowania klasycznych determinant skuteczności zarządzania, identyfikowanych w ramach modeli efektywności organizacyjnej. Ich istotnym teoretycznym zapleczem są prace krajowych badaczy, w tym szczególnie Ziębickiego, Kisieckiego i Kowala, którzy rozwinęli ujęcie skuteczności zarządzania jako pochodnej *organizational effectiveness*. Klasyczne wymiary skuteczności odzwierciedlają zatem różne perspektywy oceny funkcjonowania organizacji – od procesowej i systemowej, przez behawioralną, po celowościową – tworząc wieloaspektową strukturę kryteriów stosowanych w analizie sprawności organizacyjnej.

W kolejnym etapie, przegląd literatury objął klasyczne teorie zarządzania (fayolowską, taylorowską, behawioralną, systemową i zasobową), które dostarczyły podstawowych ram interpretacyjnych dla zrozumienia czynników determinujących skuteczność organizacyjną. Ich wspólnym mianownikiem pozostaje dążenie do harmonizacji trzech kategorii: skuteczności, efektywności i adaptacyjności systemu zarządzania. Następnie, aby pogłębić analizę klasycznych czynników skuteczności, uwzględniono nowoczesne ujęcia wywiedzione z modeli oceny efektywności organizacyjnej w tym modelu konkurujących wartości czy wielowymiarowego Bogan i English obejmującego obszary takie jak: obsługa klienta, procesy, kadra, technologia czy koszty oraz modelu oceny sprawności Wawaka, który rozwija ideę jakości zarządzania w siedmiu kluczowych wymiarach: przywództwo, strategia, procesy, zasoby ludzkie, wiedza, relacje i wyniki. Dodatkowo, klasyczne podejścia do skuteczności zarządzania zostały poddane analizie w kontekście ich ograniczeń w realiach przedsiębiorstwa 4.0, w którym fundamentalnej zmianie ulegają zarówno warunki funkcjonowania organizacji, jak i same determinanty jej skuteczności.

Wymiary skuteczności zarządzania według podejść klasycznych

Dostosowanie kryteriów i miar jest pomocne w wyjaśnieniu determinant skuteczności zarządzania w badanej organizacji (Nalewajko, 1983, s. 208). Sposób definiowania kategorii kryteriów nie jest jednoznaczny i w dużej mierze zależy od specyfiki organizacji. Po dokonaniu przeglądu literatury polskiej i zagranicznej zostały określone wymiary i kryteria skuteczności zarządzania dostosowane do specyfiki przedsiębiorstwa 4.0 (tab. 4.1).

Tab.4.1. Wymiary i kryteria oceny skuteczności zarządzania w ujęciu tradycyjnym i przedsiębiorstwa 4.0

Wymiary skuteczności	Kryteria oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwa 4.0	
Uniwersalne	Uniwersalne	Specyficzne dla przedsiębiorstwa 4.0
Ekonomiczno-techniczny	rentowność, koszt świadczonych usług koszty wytworzenia wydajność pracy, produktywność środków trwałych, zysk, realizacja planu produkcji, realizacja planu sprzedaży, cykl modernizacji wyposażenia technicznego, czas realizacji zamówienia	architektura techniczna
Prakseologiczny	dostępność usług i produktów, kompletność usług i produktów, jakość świadczenia usług, stopień profesjonalizmu, dostosowanie usług do potrzeb klientów	orientacja na usługi, zdolność do przyjmowania nowych modeli pracy i organizacji
Instytucjonalny (Relacji z otoczeniem)	zaufanie do organizacji, stabilność organizacji oraz zdolność do utrwalania przyjętych wartości i norm, ciągłość działalności, udział w rynku, autonomia względem otoczenia i uczestników	technologie informacji i komunikacji wspomagane sztuczną inteligencją
Behawioralny	fluktuacja pracowników, absencja pracowników, warunki pracy i płac względem innych organizacji, zakres samodzielności decyzyjnej pracowników, stopień integracji pracowniczej, stosunki międzyludzkie, zgodność pomiędzy zachowaniami pracowników a ustalonymi regułami, normami, ideologią i kulturą organizacyjną, ilość konfliktów pracowniczych	przywództwo, dopasowanie stylu zarządzania, ciągłe uczenie się, zdolność podejmowania decyzji w warunkach złożoności
Systemowy	wartość wydatków na badania i rozwój, wartość inwestycji, liczba pracowników podnoszących kwalifikacje, dynamika produkcji i sprzedaży, stosowanie metod zarządzania jakością, sterowanie procesem obsługi klientów, ocena indywidualnej wydajności, stopień automatyzacji procesów	kompetencje cyfrowe kierownictwa, bezpieczeństwo informacyjne

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Bielski, 1996).

Analiza determinant skuteczności zarządzania nie może być prowadzona bez uwzględnienia dorobku klasycznych teorii organizacyjnych, które stanowiły fundament zarówno dla rozwoju współczesnych modeli skuteczności, jak i dla praktyki zarządzania. Pomimo upływu czasu i ewolucji kontekstów zarządczych, podstawowe założenia klasycznych szkół zarządzania rozpoczynając od teorii naukowej Taylora po koncepcje zasobowe, zachowują one trwałą wartość poznawczą, umożliwiając interpretację kluczowych czynników skuteczności zarządzania.

Teoria klasyczna (Fayol, 1916; Taylor, 1911), koncentruje się na racjonalnym i sformalizowanym ujmowaniu organizacji. Taylor wskazywał, że podstawowym warunkiem skuteczności jest podział pracy i specjalizacja, które pozwalają na maksymalne wykorzystanie potencjału jednostki i uproszczenie czynności operacyjnych. W podejściu Taylora skuteczność zarządzania jest rozumiana przez pryzmat wydajności i standaryzacji procesów, kluczowe są: pomiar efektywności, nadzór, kontrola i dyscyplina. W opozycji do mechanistycznego modelu Taylora i Fayola, nurt behawioralny wprowadził człowieka i relacje międzyludzkie jako centralny element systemu organizacyjnego. Mayo udowodnił, że pozytywne relacje interpersonalne, komunikacja i morale pracowników wpływają bezpośrednio na produktywność. Skuteczność zarządzania przestaje więc zależeć wyłącznie od procesów i struktur, a zaczyna wynikać z postaw i zaangażowania uczestników organizacji. Systemowe spojrzenie na organizację wprowadziło zmianę paradygmatu w rozumieniu skuteczności. Bertalanffy i Barnard (1938; 1969) definiują organizację jako otwarty system, który utrzymuje równowagę i zdolność do przetrwania dzięki wymianie z otoczeniem. Według tej teorii kluczowe determinanty skuteczności zarządzania to sprawność procesów informacyjnych, integracja podsystemów organizacji oraz zdolność do adaptacji. W tym ujęciu skuteczność nie jest efektem izolowanych działań jednostek, lecz rezultatem spójnych powiązań systemowych i ciągłego uczenia się organizacji. Kolejno, koncepcja zasobowa, rozwijana m.in. przez Werneraelta, Barney'a i Collisa (1991; 1995; 1984), przesunęła punkt ciężkości z analizy zewnętrznych uwarunkowań (otoczenia) na wewnątrz organizacji, wskazując, że źródłem trwałej przewagi konkurencyjnej są wewnętrzne zasoby i kompetencje. Teoria zasobowa wprowadziła do współczesnych analiz skuteczności pojęcie kompetencji kluczowych oraz zarządzania wiedzą organizacyjną. W tym sensie skuteczność jest rozumiana nie jako jednorazowe osiągnięcie celu, ale jako zdolność organizacji do generowania i utrzymywania przewagi w długim okresie. Zestawienie czterech podejść wskazuje, że każda z klasycznych teorii wniosła unikalny wkład w rozumienie skuteczności zarządzania.

Jeśli chodzi o modele, to pierwszy z kluczowych to model konkurujących wartości Camerona i Quinna (1983). Został on opisany w podrozdziale 2.1. Niemniej jednak obecnie zaprezentowano przykłady determinant wynikających z modelu (tab. 4.2), aby rozwinąć podstawę teoretyczną opracowania wielowymiarowego modelu skuteczności zarządzanie w przedsiębiorstwie 4.0.

Tab. 4.2. Wybrane determinanty w modelu konkurujących wartości

Model	Przykładowe determinanty
Model stosunków międzyludzkich	– równość – zgranie personelu – stałość personelu – inicjatywa – wydajność powodowana satysfakcją z pracy – satysfakcja jak rezultat zaspokojenia indywidualnych potrzeb – satysfakcja pracowników – spójność wewnętrzna – lojalność – otwartość – produktywność jako rezultat zaangażowania pracowników
Model otwartych systemów	– dostosowanie struktury do strategii – wzrost – analiza zmian otoczenia – elastyczność / adaptacyjność – dopasowanie organizacji do otoczenia – błędy różnicowania – błędy integracji – szybkość reagowania na zmiany otoczenia – dopasowanie stylu kierowania do uwarunkowań – dopasowanie do warunków zewnętrznych – orientacja na działanie – zbliżenie do klienta
Model procesu wewnętrznego	– autorytet i dyscyplina – jedność i jednolitość kierowania – porządek – dopasowanie społeczne i techniczne do wewnętrznych procesów – efektywne przetwarzanie informacji – otwartość w komunikowaniu – spójność wewnętrzna – efektywność skali – prosta struktura, proste reguły
Model racjonalnego celu	– maksymalizacja produkcji – minimalizacja kosztów – doskonalenie technologii – optymalne wykorzystanie zasobów – specjalizacja – podział pracy – racjonalne cele – konkurencyjność – wydajność – przetrwanie – zwrot z inwestycji – orientacja na cele

Źródło: (Lewin & Minton, 1986, s. 522; Ziębicki, 2014, s. 50).

Kolejno, model zaproponowany przez Bogan i English stanowi praktyczne ujęcie skuteczności organizacyjnej, koncentrujące się na dziesięciu kluczowych obszarach determinujących skuteczność przedsiębiorstwa. Model ten wyróżnia się kompleksowym podejściem, obejmującym zarówno wymiary operacyjne, jak i strategiczne funkcjonowania organizacji. Szerzej został opisany w podrozdziale 2.2. Natomiast w tab. 4.3 przypomniane zostały przykładowe determinanty skuteczności.

Tab. 4.3. Przykładowe obszary i determinanty skuteczności

Obszar skuteczności	Przykładowe determinanty skuteczności
Obsługa klienta	wskaźnik lojalności, wskaźnik satysfakcji klienta, komunikacja i wsparcie systemów informatycznych, terminowość dostaw, doradztwo techniczne, łatwość współpracy, gama asortymentowa, czas realizacji zamówienia, przejrzystość oferty
Produkt lub usługa	jakość dostarczonych wyrobów/usługi, wskaźnik awaryjności, wskaźnik kosztów obsługi posprzedażowej, koszty serwisu, koszty gwarancji, udział w rynku, wskaźnik reklamacji
Główne procesy biznesowe	wartość dodana, koszty produkcji, czas cyklu produkcyjnego, wskaźniki błędów i strat, wykorzystanie zasobów, wydajność produkcji.
Procesy pomocnicze	koszty i sprawność realizacji procesów: księgowych, informatycznych, utrzymania ruchu, marketingowych, projektowania produktu, zakupów, planowania produkcji, kontroli jakości
Kadra pracownicza	rozwój pracowników, talenty, szkolenia, premie, absencja, fluktuacja, morale i kultura organizacyjna, wydajność wykonywania zadań.
Dostawcy	terminowość dostaw, koszty dostaw, elastyczność dostawcy, niezawodność, szybkość dostaw, koszty usług posprzedażowych.
Technologia i systemy	współczynnik automatyzacji, współczynnik informatyzacji, szybkość realizacji procesów, czas przerw technologicznych, czas trwania awarii.
Rozwój i innowacje (R&D)	sprzedaż nowych produktów, czas wprowadzenia nowego produktu na rynek, czas rozwoju nowego produktu
Koszty	wskaźniki kosztowe dla produktów, usług, komórek organizacyjnych, centrów biznesowych.
Finanse	Przychód, zysk brutto ze sprzedaży, zysk z działalności operacyjnej, struktura kapitału, wskaźnik zadłużenia, ROE (return on equity – zwrot z kapitału), kapitał własny, wskaźnik płynności bieżącej, rotacja zobowiązań, rotacja należności, sprzedaż na pracownika

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Bogan & English, 1994, s. 79–88; Ziębicki, 2014, s. 79).

Kolejna koncepcja opracowana przez Wawaka, to model oceny sprawności zarządzania jakością w przedsiębiorstwie obejmujący siedem kluczowych obszarów: przywództwo, strategię, procesy, zasoby ludzkie, wiedzę, relacje i wyniki (tab. 4.4). Stanowi on wartościowe uzupełnienie klasycznych koncepcji skuteczności zarządzania.

Tab. 4.4. Obszary i determinanty w modelu oceny sprawności zarządzania jakością

Obszary	Determinanty
Przywództwo	– Wyznaczenie celów – Empowerment – Zaangażowanie kierownictwa – Praca zespołowa – Zaufanie

	– Monitorowanie sprawności
Strategia	– Analiza organizacji – Analiza otoczenia – Mechanizmy wdrażania strategii – Monitorowanie strategii
Procesy	– Organizacja procesów – Ocena i doskonalenie procesów – Poziom formalizacji organizacji
Zasoby ludzkie	– Zaangażowanie pracowników – Doskonalenie kompetencji – Uznanie i motywacja – Ocena pracowników
Wiedza	– Organizacja zarządzania wiedzą – Działalność badawczo-rozwojowa
Relacje	– Relacje z klientami – Relacje z partnerami biznesowymi – Relacje z otoczeniem
Wyniki	– Wyniki rynkowe – Wyniki organizacyjne – Wyniki finansowe

Źródło: (Wawak, 2018, s. 146)

Model Wawaka charakteryzuje się kilkoma istotnymi cechami wyróżniającymi go na tle innych klasycznych modeli skuteczności. Model ten wyróżnia się integracją z uznanymi standardami doskonałości organizacyjnej, szczególnym naciskiem na jakość zarządzania jako fundamentalny czynnik sukcesu oraz praktycznym charakterem umożliwiającym jego zastosowanie w rzeczywistych organizacjach. Poprzez swoją strukturę przyczynowo-skutkową oraz wielowymiarowe podejście łączące elementy twarde i miękkie, model Wawaka dostarcza managerom kompleksowych ram do oceny i doskonalenia sprawności organizacyjnej, wykraczając poza tradycyjne miary finansowe i uwzględniając pełne spektrum determinant skuteczności przedsiębiorstwa.

Ograniczenia klasycznych podejść w kontekście przedsiębiorstwa 4.0

Przegląd literatury wskazuje, że w przedsiębiorstwie 4.0 fundamentalnej zmianie ulegają zarówno warunki funkcjonowania organizacji, jak i same determinanty jej skuteczności. Klasyczne wymiary skuteczności zarządzania zostały opracowane w warunkach względnej stabilności otoczenia biznesowego. Schwab (2016) w fundamentalnej pracy *The Fourth Industrial Revolution* wskazuje, że tradycyjne modele zarządzania nie nadążają za bezprecedensowym tempem zmian technologicznych i cyfrowych, które charakteryzują czwartą rewolucję przemysłową. Według Schwaba, tradycyjne podejścia do skuteczności zarządzania wymagają fundamentalnej rekonfiguracji modeli biznesowych w kierunku serwityzacji, platform cyfrowych i modeli opartych na danych jako źródle wartości, czego tradycyjne ramy nie przewidują.

Kolejnym ograniczeniem jest niewystarczające uwzględnienie technologii cyfrowych jako determinanty skuteczności. Hermann, Pentek i Otto (2016) wskazują, że klasyczne podejścia do zarządzania nie uwzględniają kluczowych zasad projektowych Przemysłu 4.0: interoperacyjności, wirtualizacji, decentralizacji, zdolności do działania w czasie rzeczywistym, orientacji na usługi oraz modularności. Te zasady projektowe są fundamentalne dla funkcjonowania przedsiębiorstw 4.0.

Jeśli chodzi o ograniczenia w teoriach zarządzania, to teoria Taylora koncentruje się na podziale pracy, specjalizacji, standaryzacji procesów, kontroli i dyscyplinie. Kagermann, Wahlster i Helbig (2011) w podkreślają, że tradycyjne hierarchiczne struktury organizacyjne są nieadekwatne do wymagań systemów cyberfizycznych, które wymagają horyzontalnej i pionowej integracji oraz autonomicznego podejmowania decyzji.

W kontekście ograniczeń w relacjach z otoczeniem, klasyczne modele, w tym np. model konkurujących wartości Camerona i Quinna czy model Bogan i English, koncentrują się na relacjach bilateralnych z klientami i dostawcami. Tymczasem Westerman, Bonnet i McAfee (2014) wskazują, że tradycyjne firmy zmagają się z problemem brakiem integracji między funkcją IT a biznesem, co uniemożliwia skuteczną transformację w kierunku funkcjonowania w ekosystemach cyfrowych. Wymagane jest dostosowanie koncepcji do tego wyzwania.

Następnym ograniczeniem jest brak uwzględnienia kompetencji cyfrowych i luki kompetencyjnej. Klasyczne teorie behawioralne koncentrują się na relacjach międzyludzkich, komunikacji i zaangażowaniu pracowników. Kane i in. (2015) wskazują, że tradycyjne organizacje charakteryzują się niewystarczającymi zdolnościami cyfrowymi i brakiem przywództwa transformacyjnego, co stanowi główną barierę w adaptacji do wymagań Przemysłu 4.0.

Klasyczne podejścia nie uwzględniają również holistycznego podejścia strategicznego do transformacji cyfrowej. Matt i in. (2015) wyróżniają cztery kluczowe wymiary, których brakuje w tradycyjnych modelach: wykorzystanie technologii, zmiany w kreowaniu wartości, zmiany strukturalne oraz aspekty finansowe transformacji.

Badania nad specyfiką skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 mogą wskazać kierunek rozwiązania tych ograniczeń poprzez opracowanie wielowymiarowego modelu skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0, który integruje klasyczne determinanty z nowymi wymiarami specyficznymi dla ery cyfrowej.

4.2. Specyfika skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

Charakterystyka grupy eksperckiej

Grupa ekspercka ma duże znaczenie dla wartości poznawczej, rzetelności oraz zakresu interpretacyjnego uzyskanych wyników. Jej dobór, zgodny z zasadami triangulacji i dobrymi praktykami badań jakościowych, umożliwił uzyskanie wszechstronnego obrazu rzeczywistości badawczej w kontekście zarządzania przedsiębiorstwami 4.0. Dobór ekspertów został przeprowadzony celowo zgodnie z kryteriami zaprezentowanymi w metodyce badań. Panel ekspertów posiadał wszechstronne kompetencje, bardzo bogate doświadczenie zawodowe, wysoki odsetek respondentów posiadał stopnie i tytuły naukowe. Mieli oni także silne powiązania z przemysłem oraz projektami badawczymi oraz publikacjami z zakresu Przemysłu 4.0, co spełnia przyjęte kryteria doboru próby. Zastosowana procedura doboru ekspertów miała charakter celowy, a więc ukierunkowany na pozyskanie osób o potwierdzonym, interdyscyplinarnym doświadczeniu zarówno z obszaru nauki, jak i praktyki gospodarczej. Dobór ten był uzasadniony merytorycznie tzn. jego logika opierała się na założeniu, że skuteczność procesu badawczego w dużej mierze zależy od jakości zgromadzonej wiedzy eksperckiej, reprezentatywności sektorowej oraz spójności perspektyw teoretycznych i praktycznych.

W tab. 4.5 przedstawiono przyporządkowanie poszczególnych ekspertów do kategorii dziedziny zawodowej. Numeracja wynika z chronologii przeprowadzania wywiadów.

Tab. 4.5. Dziedzina zawodowa eksperta

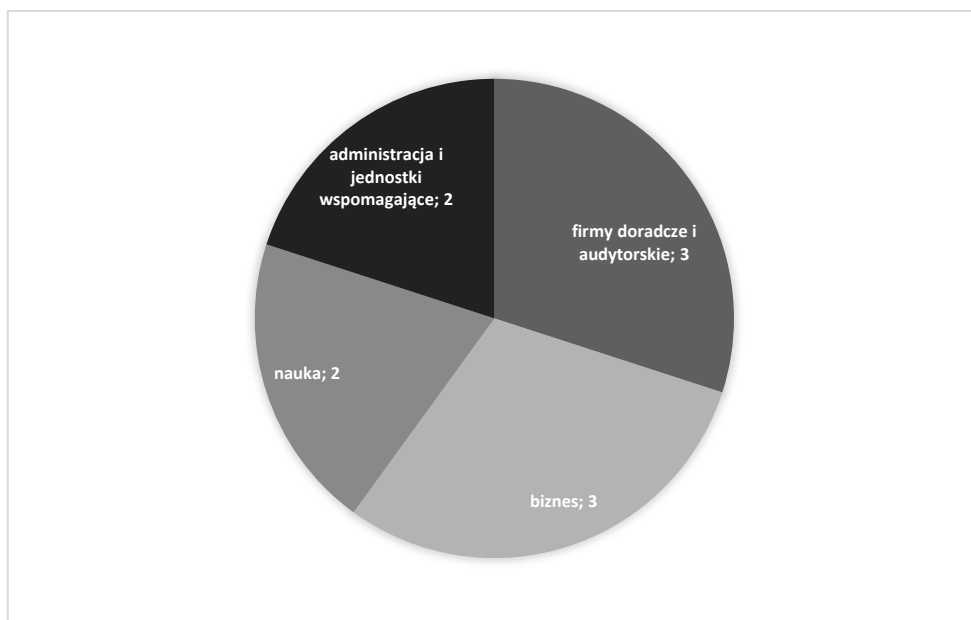
Kod	Ekspert	Dziedzina zawodowa	Dziedzina dodatkowa ⁵
E1	Ekspert 1	biznes	nauka
E2	Ekspert 2	biznes	nauka
E3	Ekspert 3	biznes	-
E4	Ekspert 4	konsulting	-
E5	Ekspert 5	nauka	konsulting
E6	Ekspert 6	konsulting	nauka
E7	Ekspert 7	konsulting	biznes
E8	Ekspert 8	administracja i jedn. wspomagające	-
E9	Ekspert 9	administracja i jedn. wspomagające	nauka
E10	Ekspert 10	nauka	-

Źródło: opracowanie własne.

Grupa ekspercka składała się z 10 ekspertów reprezentujących różnorodne sektory i typy instytucji. Dziedzinami działalności ekspertów były: biznes, nauka, firmy doradcze (konsultingowe) oraz administracja i jednostki wspomagające (rys. 4.1). Struktura panelu zapewniła

⁵ Dziedzina dodatkowo wskazana przez eksperta podana jest informacyjnie. Do analizy brano pod uwagę główną dziedzinę zawodową.

wewnętrzną równowagę – z jednej strony reprezentowane były ośrodki naukowe i badawcze, z drugiej – podmioty funkcjonujące w realiach gospodarczych. Omawiane zróżnicowanie nie tylko zwiększyło obiektywność oceny, ale także umożliwiło konfrontację wiedzy teoretycznej z doświadczeniem praktycznym.



Rys. 4.1. Liczba ekspertów w poszczególnych dziedzinach zawodowych

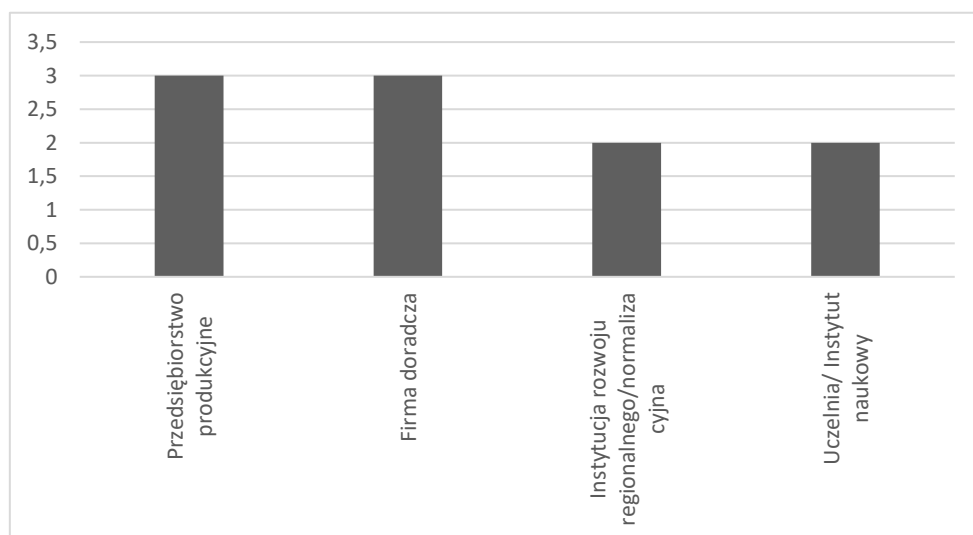
Źródło: opracowanie własne.

Struktura pochodzenia ekspertów pokazuje, że trzech z nich pochodziło sektora biznesowego (biznes), trzech z firm doradczych i audytorskich, dwóch ze środowiska naukowego oraz dwóch z administracji i jednostek wspomagających. Warto podkreślić, że część badanych łączyła aktywność w kilku sferach zawodowych, co potwierdza wysoki stopień interdyscyplinarności grupy.

Dobór ekspertów do badania został przeprowadzony w oparciu o kryterium wieloletniego doświadczenia zawodowego w obszarach związanych z przemysłem, zarządzaniem oraz procesami transformacji technologiczno-organizacyjnej, co gwarantuje adekwatność merytoryczną do analizowanego zakresu tematycznego. Zwrócić należy uwagę, że choć koncepcja Przemysłu 4.0 została oficjalnie sformułowana w 2011 roku, a jej upowszechnienie w praktyce przemysłowej rozpoczęło się dopiero w kolejnych latach, to wiele aspektów tej transformacji, takich jak: automatyzacja, cyfryzacja procesów produkcyjnych, rozwój systemów informatycznych oraz zarządzanie innowacjami, miało swoje źródła w praktykach stosowanych już wcześniej, w ramach Przemysłu 3.0. W kontekście metodyki badań przyjęcie takiego profilu ekspertów było w pełni uzasadnione. Ich wiedza obejmuje bowiem zarówno doświadczenia

wcześniejszych etapów rewolucji przemysłowych (związanych z automatyzacją i informatyzacją), jak i współczesne spojrzenie na proces cyfrowej konwergencji, integracji danych i zarządzania w czasie rzeczywistym. Pozwala to znacząco poszerzyć zakres interpretacji badanych zjawisk, ponieważ panel ekspertów nie ogranicza się do osób posiadających krótkie, wycinkowe doświadczenie w projektach ściśle oznaczanych jako Przemysł 4.0, lecz tworzą go eksperci, którzy rozumieją źródła, dynamikę i konsekwencje tej transformacji. Wśród uczestników 60% posiadało stopień naukowy doktora, doktora habilitowanego lub profesora, a 70% piastowało stanowiska kierownicze – od poziomu managera średniego szczebla po funkcje prezesa zarządu i profesora uczelni.

Eksperti pochodzili z różnych typów organizacji (rys. 4.2). Należały do nich: przedsiębiorstwa produkcyjne (3 firmy doradcze, 2 instytucje rozwoju regionalnego/normalizacyjnego, 2 uczelnie i instytuty naukowe).

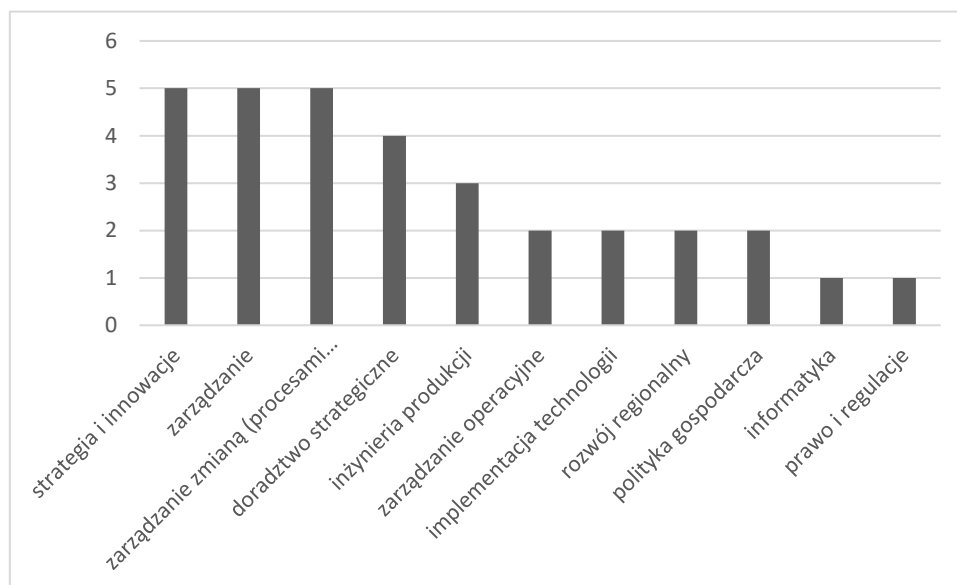


Rys. 4.2. Liczba ekspertów reprezentujących poszczególne typy organizacji

Źródło: opracowanie własne.

Analiza kompetencji branżowych ujawniła, że najczęściej występujące obszary specjalizacji ekspertów to: strategia i innowacje, zarządzanie, zarządzanie zmianą oraz doradztwo strategiczne (rys. 4.3). Każdy z uczestników wskazał średnio ponad trzy obszary specjalizacji, co dowodzi szerokiego zakresu wiedzy i umiejętności, a zarazem ugruntowuje wartość poznawczą ocen eksperckich. Wspólnym mianownikiem wszystkich badanych była również znajomość i praktyczne doświadczenie w realizacji projektów związanych z koncepcją Przemysłu 4.0, co potwierdza ich doskonałe rozeznanie we współczesnych realiach gospodarki cyfrowej. Zbiór obszarów specjalizacji został opracowany tak, aby umożliwić dobór do swojej specyfiki i rozumienia poszczególnych rodzajów specjalizacji, dlatego też w zbiorze można znaleźć

obszary ogólne jak np. zarządzanie, a także obszary wyspecjalizowane jak np. zarządzanie zmianą (procesami transformacji organizacyjnej).



Rys. 4.3. Liczba wskazań przez ekspertów obszarów specjalizacji

Źródło: opracowanie własne.

Interdyscyplinarność i zrównoważenie panelu gwarantują, że zaprezentowane w dalszych częściach rozprawy wyniki badań stanowią reprezentatywny obraz społeczno-organizacyjnych uwarunkowań skutecznego zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.

Proces rekrutacji ekspertów został zaplanowany i przeprowadzony w sposób systematyczny, zgodny z zasadami doboru celowego, a jego celem było pozyskanie odpowiednio zróżnicowanej, wysokiej jakości grupy respondentów zdolnych do udzielenia pogłębionych, merytorycznych ocen w zakresie kluczowych determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwach 4.0. Dzięki wykorzystaniu wielu kanałów komunikacyjnych oraz przyjętym kryteriom naboru, proces rekrutacyjny pozwolił na zgromadzenie ekspertów spełniających wymagania zarówno pod względem doświadczenia zawodowego, jak i aktualności wiedzy branżowej. Wywiady były prowadzone w okresie od stycznia do czerwca 2025 r. Zaproszenia kierowano do potencjalnych uczestników poprzez kilka komplementarnych kanałów. Największą skuteczność wykazały kontakty z ekspertami poprzez platformę LinkedIn, ponieważ umożliwiły one dotarcie do praktyków i kadry zarządzającej z różnych sektorów gospodarki. Kolejnym ważnym źródłem kontaktów były konferencje branżowe dotyczące tematyki Przemysłu 4.0 i transformacji cyfrowej, w tym wydarzenia organizowane przez ośrodki naukowe oraz instytucje doradcze. Dodatkowo wykorzystano rekomendacje osobiste uzyskane od wcześniej zaangażowanych ekspertów. Łącznie wysłano 16 zaproszeń, z czego 12 ekspertów potwierdziło

gotowość udziału, natomiast 10 osób finalnie wzięło udział w badaniu, po weryfikacji kryteriów formalnych i potwierdzeniu dostępności czasowej.

Z punktu widzenia metodologii badań eksperckich taka liczebność próby jest w pełni uzasadniona. Zgodnie z podejściem prezentowanym przez Czakona (2015), w badaniach jakościowych liczebność próby nie powinna być określana w sposób statystyczny, lecz teoretyczny i merytoryczny, zależny od celu, złożoności i homogeniczności problemu badawczego. W myśl tego podejścia, w badaniach eksploracyjnych, a zwłaszcza eksperckich, liczba respondentów powinna zapewnić szeroki zakres wiedzy i różnorodność doświadczeń, ale nie musi przyjmować dużych rozmiarów, gdyż nadrzędnym celem jest pogłębienie, a nie uogólnienie danych. Czakon wskazuje, że moment zakończenia rekrutacji badanych powinien wynikać z osiągnięcia tzw. nasycenia teoretycznego, kiedy pojawiające się nowe odpowiedzi nie wnoszą już istotnych nowych treści do analizy (Czakon, 2015). W niniejszym badaniu taki stan został osiągnięty po analizie informacji uzyskanych od dziesięciu ekspertów. Odpowiedzi zaczęły się powtarzać, a zakres interpretacyjny oraz treściowy uzyskanych danych okazał się wystarczający do realizacji celów badawczych rozprawy.

W badaniach zastosowano formę zdalną (online) oraz stacjonarną, co umożliwiło efektywne uczestnictwo ekspertów z różnych części kraju oraz elastyczne dopasowanie terminów. Konsultacje miały charakter pogłębionych wywiadów indywidualnych z zastosowaniem wcześniej przygotowanego zestawu pytań otwartych. Czas trwania pojedynczej konsultacji wynosił od 45 do 90 minut. W procesie rekrutacji i realizacji konsultacji zapewniono pełną transparentność i zgodność z zasadami etyki badań naukowych. Każdy z uczestników otrzymał informacje o celu, zakresie i sposobie wykorzystania wyników badania, a udział był całkowicie dobrowolny. Ekspertom zagwarantowano anonimowość oraz poufność przekazanych danych, co pozwoliło na uzyskanie szczerych i pogłębionych opinii, wolnych od wpływu hierarchicznych czy instytucjonalnych zależności. Cały proces rekrutacji i przeprowadzenia badania spełniał wytyczne dotyczące rzetelności i wiarygodności badań jakościowych (Bendkowski, 2016; Stempień & Rostocki, 2013).

Proces badania eksperckiego został oparty na precyzyjnie przygotowanych narzędziach badawczych oraz ściśle kontrolowanej procedurze postępowania, co zapewniło jego spójność, trafność i powtarzalność. Zastosowane metody i narzędzia zostały opracowane w oparciu o wcześniejsze etapy opracowania modelu badawczego oraz wyniki systematycznego przeglądu literatury, obejmującego zarówno krajowe, jak i międzynarodowe źródła naukowe z zakresu zarządzania, inżynierii przemysłowej oraz transformacji cyfrowej.

W badaniu wykorzystano narzędzia, tworzące integralny zestaw podporządkowany celom badawczym:

- scenariusz wywiadu eksperckiego wraz z pytaniami otwartymi,
- lista wstępnych przykładowych determinant.

Podstawowym instrumentem komunikacji z ekspertami był scenariusz wywiadu, który stanowił ramową strukturę rozmowy i gwarantował porównywalność uzyskanych danych między uczestnikami. Składał się on z dwóch części: informacyjnej oraz merytorycznej.

Część informacyjna zawierała pytania dotyczące doświadczenia zawodowego, zajmowanego stanowiska, obszarów specjalizacji oraz przynależności instytucjonalnej. Natomiast część merytoryczna obejmowała zestaw pytań problemowych otwartych, odnoszących się do kluczowych wymiarów skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwach 4.0.

Pytania miały charakter eksploracyjny, co sprzyjało formułowaniu postulatów i spostrzeżeń eksperckich, a także pozwalało na ujawnienie związków między technologicznym a organizacyjnym wymiarem funkcjonowania przedsiębiorstw 4.0. Wywiad był prowadzony w sposób półustrukturyzowany, z możliwością pogłębienia wątków uznanych za istotne przez rozmówcę. Jako narzędzie wspomagające zastosowano specjalnie opracowaną listę wstępnych, przykładowych determinant skuteczności zarządzania, sporządzoną na podstawie szerokiego przeglądu literatury (rozdziały 1 i 2). Przykładowe wymiary determinant obejmowały: wyznaczanie celów, czas rozwoju nowego produktu, kulturę organizacyjną, cyfryzację, wsparcie rządowe i regulacje prawne, terminowość dostaw czy wyniki finansowe. Cały proces badania przebiegał według procedury określonej w rozdziale 3.2. Zachowanie transparentności procesu i dokumentacja wszystkich etapów pozwoliły na zapewnienie wysokiej rzetelności i wiarygodności uzyskanych wyników.

W celu zachowania przejrzystości zakres badania został podzielony na dwie uzupełniające się części. Część I (ten podrozdział – 4.2) koncentruje się na ustaleniu specyfiki skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0, poprzez analizę opinii ekspertów na temat kluczowych aspektów tej koncepcji. W części tej punktem wyjścia były definicje i kategorie pojęciowe opracowane w rozdziale teoretycznym oraz wstępnie zidentyfikowane determinanty, które poddano walidacji eksperckiej. Część II (następny podrozdział – 4.3) obejmuje identyfikację kluczowych determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0, wyodrębnionych w wyniku analizy opinii ekspertów. Celem tego etapu było potwierdzenie trafności czynników znalezionych w przeglądzie literatury.

Konceptualizacja przedsiębiorstwa 4.0 w świetle badań eksperckich

Proces definiowania pojęcia przedsiębiorstwa 4.0 w ramach niniejszego badania był jednym z kluczowych etapów, mających na celu zarówno ujednolicenie języka badawczego wśród ekspertów, jak i zrozumienie, w jaki sposób praktycy oraz teoretycy zarządzania interpretują tę kategorię w kontekście realnych procesów gospodarczych. Zastosowane podejście zakładało, że definicja przedsiębiorstwa 4.0 nie jest jednorodna – stanowi ona kategorię dynamiczną, podlegającą ewolucji wraz z rozwojem technologii, modeli biznesowych i relacji organizacyjnych w nowoczesnych przedsiębiorstwach. Wstępne podsumowanie sposobu definiowania przedsiębiorstwa 4.0 przez ekspertów zostało przedstawione w tab. 4.6.

Tab. 4.6. Podejścia ekspertów do definiowania przedsiębiorstwa 4.0

Grupa	Perspektywa	Główny akcent	Język
Biznes	operacyjno-praktyczna	kompetencje ludzi, efektywność, szybkość decyzji opartych na danych	konkretny, operacyjny, ukierunkowany na wyniki
Nauka	teoretyczno-konceptualna, krytyczna	ramy teoretyczne, nowe kryteria skuteczności, krytyczna refleksja	akademicki, z odniesieniami do literatury, krytyczny
Konsulting	procesowo-integracyjna	integracja systemów, procesy, architektura informacyjna, zwinność	analityczny, systemowy, zorientowany na integrację
Administracja	publiczno-strategiczna	wsparcie publiczne, transformacja podejścia do zarządzania	praktyczny (E8) + strategiczny (E9)

Źródło: opracowanie własne.

Zdecydowano się na perspektywę ekspercką, ponieważ pojęcie *przedsiębiorstwo 4.0* stanowi wciąż konstrukt hybrydowy, który łączy elementy technologiczne, organizacyjne, kulturowe i społeczne. Włączenie tej perspektywy pozwoliło zrozumieć, jak rzeczywiste podmioty wdrażające idee Przemysłu 4.0 definiują same siebie oraz jak są definiowane przez ekspertów, którzy posiadają doświadczenia w badaniu i współpracy z nimi. Umożliwia to uchwycenie różnic między pojęciami normatywnymi (literaturowymi) a interpretacjami funkcjonującymi w praktyce gospodarczej. Jak pokazują wcześniejsze badania, brak jednoznaczności definicyjnej w odniesieniu do konceptu Przemysłu 4.0 przekłada się na rozbieżności w identyfikacji jego atrybutów i determinant skuteczności zarządzania – stąd konieczność odwołania się do języka eksperckiego jako źródła wiedzy praktycznej i kontekstualnej.

W trakcie badania eksperci zwracali szczególną uwagę, że przedsiębiorstwo 4.0 to nie tylko przemysł zrobotyzowany lub cyfrowy, lecz zintegrowany ekosystem, w którym technologie informacyjno-komunikacyjne (ICT), analiza danych i automatyzacja pełnią jedynie

funkcję wspierającą wobec strategii organizacyjnej. Akcentowano następujące aspekty charakterystyczne:

- cyfrowa integracja procesów – decyzje strategiczne, operacyjne i produkcyjne są wspierane przez dane w czasie rzeczywistym,
- elastyczność struktury organizacyjnej – zdolność szybkiej adaptacji do zmian rynkowych i technologicznych, dynamika działania,
- zintegrowane przywództwo i współpraca człowiek-technologia – symbioza między automatyzacją a kreatywnością zespołów ludzkich,
- orientacja na wiedzę i innowacje – kluczowy kapitał w przewadze organizacyjnej,
- kultura uczenia się organizacyjnego – odchodzenie od hierarchiczności na rzecz współtworzenia wiedzy i doświadczeń.

Cyfrowa integracja procesów oznacza, że przedsiębiorstwo 4.0 to organizacja, w której decyzje strategiczne, operacyjne i produkcyjne są wspierane przez dane w czasie rzeczywistym. Szczególnie istotnym motywem w wypowiedziach ekspertów była koncepcja transformacji jako procesu ciągłego, a nie jednorazowego wdrożenia. Analiza języka używanego przez ekspertów wykazała, że ich sposób opisywania przedsiębiorstwa 4.0 cechuje wysoki poziom pragmatyzmu oraz operacyjność pojęć. Wypowiedzi koncentrowały się na efektach i realnych mechanizmach działania, a nie na formalnych definicjach.

Następnie podjęto próbę opracowania definicji przedsiębiorstwa 4.0 w każdej z grup eksperckich, łącząc elementy wskazane przez ekspertów w odpowiedziach na pytania:

- Jak definiuje Pan/Pani przedsiębiorstwo 4.0 w porównaniu do przedsiębiorstwa 3.0 (przedsiębiorstwo tradycyjne)?
- Jakie są kluczowe różnice między zarządzaniem przedsiębiorstwem tradycyjnym a przedsiębiorstwem 4.0?

Na podstawie odpowiedzi zaprezentowano próbę definicji przedsiębiorstwa 4.0 syntetycznej dla każdej grupy. Dodatkowo dodano fragmenty najbardziej charakterystyczne wypowiedzi potwierdzające poszczególne fragmenty definicji.

Wypowiedzi ekspertów reprezentujących sektor biznesu pozwalają na uchwycenie specyfiki rozumienia przedsiębiorstwa 4.0 przez praktyków związanych z działalnością produkcyjną i zarządzaniem operacyjnym (tab. 4.7). Akcenty położone w tych opiniach dobrze oddają realistyczną, wdrożeniową perspektywę oraz kluczowe różnice w stosunku do wcześniejszych generacji organizacji produkcyjnych.

Tab. 4.7. Wypowiedzi ekspertów z sektora biznesowego

Ekspert	Cytowana wypowiedź
E1	Mentalność i świadomość ludzi - problemem nie jest dostęp do technologii ale mieć ludzi świadomych którzy potrafią z tego korzystać
E2	Automatyzowane, zrobotyzowane przedsiębiorstwo, digitalizacja danych, cyfryzacja, wszystko to jest ze sobą połączone
E3	Nowoczesna fabryka używająca komputerów, robotów i internetu. Maszyny i ludzie działają razem, decyzje szybko na podstawie danych

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowując, wypowiedzi ekspertów biznesowych wskazują, że przedsiębiorstwo 4.0 bazuje nie tylko na wdrożeniu technologii, lecz również przełamania barier mentalnych i stworzenia wszechstronnej, cyfrowej kultury organizacyjnej. Kluczowymi wyróżnikami, w porównaniu z wcześniejszą generacją (przedsiębiorstwo 3.0), są:

- upowszechnienie nowoczesnych narzędzi również na stanowiskach operacyjnych,
- szybkie i elastyczne podejmowanie decyzji wspierane analityką danych,
- globalna perspektywa zarządzania zmianą i ryzykiem,
- realna integracja środowiska ludzi i maszyn.

Przedsiębiorstwo 4.0 według perspektywy naukowej to złożony system cyberfizyczny, w którym automatyzowane i zintegrowane procesy są zarządzane poprzez rozbudowane technologie informatyczne (AI, IoT, systemy cyberfizyczne), a architektura informacyjna stanowi szkielet firmy. Szczególne znaczenie ma ewolucja modeli zarządzania, redefinicja kryteriów skuteczności oraz pojawienie się nowych ryzyk i możliwości związanych z wykorzystaniem zaawansowanych technologii. Definicja ta jest krytyczna wobec powszechności wdrożeń, większość firm wciąż funkcjonuje na poziomie Przemysłu 3.0, choć wykorzystuje marketingowo język 4.0 (tab. 4.8).

Tab. 4.8. Wypowiedzi ekspertów z grupy naukowej

Ekspert	Cytowana wypowiedź
E5	W Przemysle 4.0 zanika czynnik ludzki, jest poddany presji. Kierunek, w którym powinno zmierzać przedsiębiorstwo to uwzględnienie czynnika ludzkiego, określanie co technologia może zrobić dla człowieka. Większość firm porusza się w koncepcji przedsiębiorstwa 3.0 mimo, że nazywają to przedsiębiorstwem 4.0.
E10	Przedsiębiorstwo 4.0 definiowane zgodnie z koncepcją opracowaną przed Von Sheela, ale z wyłączeniem nanotechnologii, neurotechnologii, komunikacji 6G, informatyki kwantowej.

Źródło: opracowanie własne.

Różnice między definiowaniem przedsiębiorstwa 3.0 a 4.0 wskazane przez grupę naukową obejmują:

- przejście od wysp automatyzacji (silosowych rozwiązań w ramach przedsiębiorstw 3.0) do zintegrowanych systemów informacyjnych (w przedsiębiorstwach 4.0),

- podniesienie roli rozwiązań informatycznych przy jednoczesnym wdrożeniu nowych kryteriów skuteczności,
- krytyczną ocenę nadużywania terminologii przedsiębiorstwo 4.0 jako narzędzia marketingowego.

Według ekspertów działających w obszarze doradztwa i konsultingu, przedsiębiorstwo 4.0 to organizacja charakteryzująca się pełną integracją procesów i przepływów informacji, opartą na nowoczesnej architekturze informacyjnej oraz wdrożeniu cyfrowych rozwiązań w całym łańcuchu wartości (tab. 4.9). Przedsiębiorstwo 4.0 wyróżnia się zwinnością zarządzania, gotowością do strategicznej transformacji, otwartością na zmiany modeli pracy i umiejętnym wykorzystaniem synergii człowieka i technologii. Funkcjonuje nie tylko w przemyśle, ale i w usługach. Podstawą skuteczności są dane, kompetencje cyfrowe pracowników i płynność reakcji na zmiany otoczenia gospodarczego.

Tab. 4.9. Wypowiedzi ekspertów z sektora doradztwa i konsultingu

Ekspert	Cytowana wypowiedź
E4	Połączenie wszystkich procesów w integrację systemów. Zaprojektowany i sprawnie funkcjonujący przepływ informacji i materiałów. Rozumienie całości procesów.
E6	Architektura informacyjna jest szkieletem. Przedsiębiorstwo 4.0 ma dobrze zdefiniowane i automatyzowane procesy produkcyjne, technologie informacyjne umożliwiły zintegrowanie procesów.
E7	Zwinne zarządzanie wspierane nowoczesnymi technologiami. Najbardziej na znaczeniu zyskuje człowiek. Funkcjonowanie cyfryzacji jest niemożliwe bez człowieka. Nowe modele pracy.

Zródło: opracowanie własne.

Perspektywa konsultingowa ujawnia przedsiębiorstwo 4.0 jako organizację systemową, ukierunkowaną na synergiczne zarządzanie procesami, z silnym podkreśleniem znaczenia czynników ludzkich i współczesnych modeli pracy. Kluczowe różnice przedsiębiorstwa 3.0 vs. przedsiębiorstwo 4.0, to:

- dostęp do aktualizowanych na bieżąco danych i decyzje oparte na czasie rzeczywistym (E4),
- systemowość i spójność zarządzania dzięki architekturze informacyjnej i eliminacji silosów (E6),
- rozwój globalnej współpracy, partnerstwo ludzi i robotów oraz wyspecjalizowane, nowe stanowiska pracy (E7).

Przedsiębiorstwo 4.0 z perspektywy administracji jednostek wspomagających to organizacja, która wdraża automatyzację, cyfryzację i narzędzia analizy danych w celu zwiększenia efektywności operacyjnej, optymalnego gospodarowania zasobami oraz minimalizacji strat. Kluczowa jest współpraca z otoczeniem publicznym, w tym z jednostkami samorządu, i

realizacja nowoczesnych projektów wspierających innowacyjność. Charakteryzuje je wdrożenie takich rozwiązań, jak cyfrowy bliźniak czy koopetycja jako nowy model współpracy (tab. 4.10).

Tab. 4.10. Wypowiedzi ekspertów z grupy administracji i jednostek wspomagających

Ekspert	Cytowana wypowiedź
E8	<i>Organizacja wykorzystująca automatyzację procesu, narzędzia cyfrowe, narzędzia prewencji. Współpracuje z samorządem w ramach pozyskiwania środków i realizacji projektów związanych z innowacjami.</i>
E9	<i>Zaspokajanie potrzeb przy lepszym optymalizowaniu zasobów. Przedsiębiorstwo 4.0 zaczyna się wtedy gdy dane pozwalają stworzyć cyfrowego bliźniaka. Wartość danych ich przetwarzanie i porównywanie</i>

Źródło: opracowanie własne.

Do kluczowych różnic między przedsiębiorstwem 3.0 a 4.0 należą:

- oszczędność czasu i pieniędzy, kontrola zasobów (E8),
- przesunięcie w kierunku lepszego wykorzystania zasobów ludzkich, zmiana paradygmatów: z masowej do indywidualnej, koopetycja (E9).

Tabela porównawcza (tab. 4.11) ukazuje siedem fundamentalnych wymiarów różnicujących model organizacyjny i zarządczy przedsiębiorstw działających w koncepcji Przemysłu 3.0 i Przemysłu 4.0. Każdy z tych obszarów (integracja, decyzje, dane, kompetencje, struktura, zarządzanie, cele) ilustruje przejście od tradycyjnych technologii produkcyjnych i mechanizmów zarządzania do systemów cyfrowych, elastycznych oraz zorientowanych na wiedzę i zrównoważony rozwój.

Tab. 4.11. Główne obszary różnicujące przedsiębiorstwo 3.0 i 4.0

Obszar	Przedsiębiorstwo 3.0	Przedsiębiorstwo 4.0
Integracja	Wyspy automatyzacji, silosy	Pełna integracja pionowa i pozioma
Decyzje	Intuicja, doświadczenie	Dane, analityka w czasie rzeczywistym
Dane	Offline, ograniczone	Zasób strategiczny, predykcja
Kompetencje	Pamięciowe, operacyjne	Cyfrowe, strategiczne
Struktura	Hierarchiczna, sztywna	Elastyczna, sieciowa
Zarządzanie	Narzędzia na szczycie hierarchii	Demokratyzacja na wszystkich szczeblach
Cele	Produkcja masowa, zysk	Indywidualizacja, zrównoważony rozwój

Źródło: opracowanie własne.

Podjęcie do definiowania przedsiębiorstwa 4.0 w badaniu eksperckim opierało się więc na syntezie perspektywy naukowej i praktycznej, a jego sednem było uchwycenie rozumienia tej koncepcji w działaniu, a nie w deklaracjach. Dzięki temu było nie tylko zidentyfikowanie wspólnych elementów definicyjnych, lecz także rozpoznanie różnic w rozumieniu i praktycznym stosowaniu pojęcia przez ekspertów wywodzących się z różnych branż i środowisk. Decyzja o skoncentrowaniu analizy na granicy między przedsiębiorstwem 3.0 a

przedsiębiorstwem 4.0 wynika z fundamentalnego charakteru tej transformacji oraz jej kluczowego znaczenia dla zrozumienia mechanizmów zarządzania w przedsiębiorstwach cyfrowych. Przejście z modelu 3.0 do 4.0 stanowi najbardziej radykalną zmianę paradygmatyczną w dotychczasowej historii rewolucji przemysłowych. Koncepcja Przemysłu 5.0, mimo że została po raz pierwszy rozwinięta przez Komisję Europejską w 2021 r., reprezentuje ewolucję w ramach paradygmatu 4.0, a nie jego radykalną rewolucję. Jak wskazują eksperci, Przemysł 5.0 *uzupełnia istniejący paradygmat Przemysłu 4.0 poprzez podkreślenie znaczenia badań i innowacji oraz nie oznacza ciągłości czasowej, ale raczej wyznacza nowy kierunek postępu technologicznego*. Dodatkowo, zdecydowana większość przedsiębiorstw w 2025 r. nadal znajduje się w fazie implementacji rozwiązań Przemysłu 4.0, a nie 5.0. Jak zauważył jeden z ekspertów w badaniu (E5): *większość firm porusza się w P3.0 mimo, że nazywają to 4.0*. W takim kontekście analiza przejścia do Przemysłu 5.0 byłaby przedwczesna i mogłaby prowadzić do teoretycznych spekulacji, a nie empirycznie ugruntowanych wniosków.

W konsekwencji uzyskano ujęcie, w którym przedsiębiorstwo 4.0 jawi się jako organizacja otwarta, inteligentna, ucząca się i zintegrowana technologicznie, a zarazem głęboko osadzona w kontekście ludzkim i strategicznym. To właśnie takie postrzeganie pojęcia stało się punktem wyjścia dla dalszej analizy skuteczności zarządzania i identyfikacji jej determinant w kolejnych fazach badania.

Ewolucja podejścia do skuteczności zarządzania w erze Przemysłu 4.0

Klasyczne podejścia do skuteczności zarządzania, osadzone w tradycji prakseologicznej oraz anglojęzycznej teorii *organizational effectiveness*, zachowują trwałą wartość poznawczą jako fundament dla współczesnych analiz skuteczności zarządzania. Jak wykazano w podrozdziałach 2.1 i 4.1, wielowymiarowa struktura skuteczności zarządzania ma swoje podstawy w klasycznych teoriach zarządzania, także z nowoczesnych modeli efektywności organizacyjnej, w tym modelu konkurujących wartości Camerona i Quinna, wielowymiarowego ujęcia Bogan i English oraz modelu sprawności zarządzania jakością Wawaka. Niemniej jednak współczesne badania nad skutecznością zarządzania w środowisku Przemysłu 4.0 wyraźnie wskazują na konieczność ewolucji klasycznych podejść.

Współczesne podejścia do oceny skuteczności zarządzania charakteryzują się kilkoma kluczowymi cechami, które wyróżniają je od klasycznych metodyk. Po pierwsze, ocena skuteczności jest ściśle związana ze strategią organizacji oraz zadowoleniem różnorodnych grup interesariuszy, co odpowiada na rosnącą złożoność ekosystemów biznesowych charakterystycznych dla Przemysłu 4.0. Po drugie, kryteria oceny są dostosowywane do specyfiki danej

organizacji, uwzględniając jej kontekst branżowy, stopień cyfryzacji oraz model biznesowy. Po trzecie, ocena ma wieloaspektowy charakter, integrując perspektywy finansowe, operacyjne, technologiczne i społeczne (podrozdział 2.2). Współczesne metody, takie jak strategiczna karta wyników (BSC), benchmarking, model dynamicznych zdolności (DCF) czy model doskonałości EFQM, oferują zintegrowane ramy pozwalające na kompleksową ocenę skuteczności zarządzania.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury zaproponowano syntetyczną definicję skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0. Skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 *to umiejętność osiągania celów organizacji przy optymalnym wykorzystaniu zasobów, poprzez integrację systemów cyberfizycznych, optymalizację współpracy człowiek-maszyna, budowanie pozytywnych relacji interesariuszami, ciągłą adaptację do dynamicznie zmieniających się warunków otoczenia, promowanie kultury innowacji i jakości oraz strategiczne wykorzystanie zaawansowanych technologii cyfrowych w ramach zintegrowanych ekosystemów biznesowych (podrozdział 2.3).*

Przedstawione wcześniej teoretyczne ujęcia skuteczności zarządzania stanowiły punkt wyjścia do pogłębionej rozmowy z ekspertami. Celem tej części badania było zebranie opinii osób bezpośrednio zaangażowanych w procesy transformacji cyfrowej, które mogłyby wskazać, które determinanty skuteczności mają kluczowe znaczenie w rzeczywistych warunkach funkcjonowania organizacji.

Na podstawie przeglądu literatury oraz wniosków z badań eksperckich, można potwierdzić definicję skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0. Eksperti jednak wskazali na jej bardziej *społeczny* i *zwinny* charakter, pokazując, że kluczowa jest nie tylko technologia i wynik, ale trwała zdolność do uczenia się, współpracy, błyskawicznego reagowania i zarządzania relacjami w ekosystemach cyfrowych. Zwiększył się też akcent na kwestie bezpieczeństwa oraz współpracę w otoczeniu sieciowym (tab. 4.12).

Tab. 4.12. Synteza definicji skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 w obszarze przeglądu literatury oraz ekspertów

Element definicji	Przegląd literatury	Eksperci (nowe akcenty)
Cele organizacyjne	tak	Dopasowanie do dynamicznie zmieniającego się środowiska, wielopoziomowość celów
Optymalne wykorzystanie zasobów	tak	Dynamiczność systemu raportowania, dane jako zasób strategiczny
Integracja systemów	tak	Wraz z integracją procesów, przepływ w łańcuchu wartości
Współpraca człowiek-maszyna	tak	Silne zaznaczenie zmiany roli człowieka w p 4.0
Relacje z interesariuszami	tak	Sieci ekosystemowe, kooperacja
Adaptacyjność	tak	Kluczowa determinanta skuteczności
Kultura innowacji/jakości	tak	Niezbędny element, podkreślenie roli przywództwa w procesie adaptacji
Technologie cyfrowe	tak	Architektura jako szkielet, zarządzanie w czasie rzeczywistym, cyfrowy bliźniak
Bezpieczeństwo	tak	Konieczność zgodności z normami, cyberzagrożenia, ochrona danych

Źródło: opracowanie własne.

Przeprowadzenie badania eksperckiego pozwoliło pogłębić rozumienie specyfiki skuteczności zarządzania. Wypowiedzi ekspertów (E5, E9, E10) wskazały na wyraźną ewolucję sposobu rozumienia celów organizacyjnych – od klasycznego paradygmatu maksymalizacji zysku w kierunku odpowiedzialności wielowymiarowej, obejmującej zarówno wymiar ekonomiczny, społeczny, jak i ekologiczny. Z analizy wypowiedzi ekspertów wynika, że skuteczność zarządzania nie może być ograniczona do wskaźników produktywności czy rentowności, lecz powinna obejmować kategorie związane z zrównoważonym wykorzystaniem zasobów, oddziaływaniem środowiskowym (ESG) oraz jakością relacji z interesariuszami zewnętrznymi i wewnętrznymi.

Optymalne wykorzystanie zasobów w warunkach Przemysłu 4.0 obejmuje dziś nie tylko kapitał materialny czy ludzki, lecz przede wszystkim dane jako zasób strategiczny oraz czas jako aspekt determinujący skuteczność. Analiza ekspertów (E5, E6, E9) wskazała na fundamentalną rekonceptualizację roli danych w organizacjach przechodzących cyfrową transformację. Dane przestają być jedynie narzędziem wspierającym procesy decyzyjne, ale stają się strategicznym zasobem organizacyjnym o charakterze generatywnym i predykcyjnym. Kluczowym elementem tej transformacji jest implementacja cyfrowego bliźniaka (*digital twin*), który umożliwia przeprowadzanie symulacji i testowanie scenariuszy przed rzeczywistymi działaniami operacyjnymi (E10). Wypowiedzi ekspertów (E4, E5, E6, E10) ukazały także istotną ewolucję temporalności systemów pomiarowych: od statycznych pomiarów *post factum* w kierunku monitoringu w czasie rzeczywistym oraz predykcji. Współczesna skuteczność

zarządzania wymaga implementacji dynamicznych KPI, które umożliwiają bieżącą korektę działań oraz znaczne skrócenie czasu cyklu PDCA.

Eksperci (E4, E5, E6) zgodnie wskazali, że skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 jest w dużej mierze uzależniona od poziomu integracji systemowej. Nie chodzi tu jednak o integrację rozumianą wyłącznie w kategoriach technicznych, lecz o zdolność organizacji do tworzenia spójnego, komunikującego się ekosystemu technologiczno-informacyjnego, w którym przepływ danych między ludźmi, maszynami i systemami przebiega w sposób płynny i inteligentny. Dodatkowo, eksperci (E2, E4, E6) wskazali, że w kontekście przedsiębiorstwa 4.0 skuteczność zarządzania organizacją coraz wyraźniej przesuwają się z modelu funkcjonalnego w stronę orientacji procesowej, która stanowi fundament nowoczesnej praktyki zarządzania. W tym ujęciu organizacja nie jest już zbiorem odrębnych działów, lecz systemem współzależnych procesów, które generują wartość w sposób zintegrowany, mierzalny i ukierunkowany na klienta.

Eksperci (E1, E7, E4) zgodnie akcentują, że istotą skuteczności nie jest sama technologia, ale złożony konglomerat postaw, świadomości oraz kompetencji cyfrowych, gdzie kluczowe stają się zdolność współpracy oraz zwinność adaptacyjna pracowników. W konsekwencji, teoretyczną definicję skuteczności zarządzania poszerzono o transformację statusu człowieka, który z pełnienia funkcji nadzorcy technologii staje się kreatorem o aktywnym partnerem zmian technologicznych. Jednocześnie, niejednorodność ocen eksperckich (E5, E10) ukazuje dylematy wokół możliwego zaniku pierwiastka ludzkiego i automatyzacyjnego uprzedmiotowienia, co implikuje potrzebę równoważenia automatyzacji z rozwojem kompetencji miękkich.

Analiza argumentacji ekspertów (E9, E8, E4) prowadzi do rozszerzenia definicji skuteczności w kontekście ekosystemowym tzn. skuteczność nie ma charakteru autonomicznego, a staje się wypadkową interakcji z innymi podmiotami ekosystemu (koopetycja, platformy cyfrowe, współdzielenie wartości z konkurentami). Tym samym, niezbędne jest uwzględnienie w definicji strategicznego zarządzania relacjami z interesariuszami oraz technologicznego wsparcia dla budowy relacji sieciowych, co stanowi istotną lukę w dotychczasowej literaturze.

Eksperci (E2, E3, E7) podkreślili kluczowe znaczenie zdolności organizacji do adaptacji oraz elastyczności w kontekście turbulentnego otoczenia VUCA. Skuteczność współczesnych organizacji nie wynika już tylko z realizacji planów, ale z umiejętności szybkiego uczenia się, dokonywania elastycznej diagnozy oraz dynamicznej rekonfiguracji działań.

Dyskurs ekspercki wskazał na konieczność nowego modelu przywództwa, gdzie liderzy muszą efektywnie funkcjonować w środowisku wielowymiarowym, zarządzać zespołami rozproszonymi, inicjować transformacje kulturowe oraz promować ciągłe uczenie się. Skuteczność zarządzania warunkowana jest promowaniem kultury innowacyjnej oraz wysokiej jakości, a także sprzyjaniem współpracy przekraczającej granice funkcjonalnych silosów.

Ponadto, wskazali na nowe wyzwania, gdzie skuteczność zarządzania jest trwale limitowana przez czynniki dotąd marginalizowane: cyberzagrożenia, deficyty kompetencji cyfrowych, szybkie tempo dezaktualizacji wiedzy oraz konieczność permanentnej certyfikacji. Eksperci (E5, E8) podkreślili także rolę barier dostępności do nowych zasobów i wsparcia ze strony instytucji publicznych jako determinant warunkujących skuteczność w cyfrowej rzeczywistości.

4.3. Czynniki determinujące skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

Determinanty specyficzne dla przedsiębiorstwa 4.0 – wyniki przeglądu literatury

Wyniki przeglądu literatury przedmiotu wskazują, że determinanty skutecznego funkcjonowania przedsiębiorstwa 4.0 nie ograniczają się do aspektów technologicznych, ale obejmują złożony układ powiązań między czynnikami ekonomicznymi, ludzkimi, procesowymi i instytucjonalnymi. Dokonując podsumowania przeglądu determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 odniesiono się do różnych podejść, modeli i teorii omówionych w rozdziałach 1 i 2⁶, a następnie w celu przejrzystości prezentacji dokonano klasyfikacji na:

- fundamentalne koncepcje technologiczno-architektoniczne,
- modele dojrzałości organizacyjnej w Przemysle 4.0,
- koncepcje przywództwa i zarządzania organizacyjnego,
- koncepcje kompetencji i kapitału ludzkiego,
- koncepcje biznesowe i strategiczne,
- koncepcje ekosystemów i współpracy,
- klasyczne teorie – adaptacja do przedsiębiorstwa 4.0,
- współczesne metody oceny skuteczności,
- specyficzne modele skuteczności dla przedsiębiorstwa 4.0.

⁶ W celu zachowania przejrzystości narracji oraz uniknięcia powtórzeń terminologicznych, stosowane będzie skrócone określenie *koncepcja*. Należy jednak podkreślić, że pojęcie to ma w niniejszym opracowaniu znaczenie rozszerzone i obejmuje różne formy teoretyzowania oraz conceptualizacji spotykane w literaturze przedmiotu. Tym samym termin ten odnosi się nie tylko do koncepcji sensu stricto, lecz także do podejść, modeli, teorii i ram referencyjnych, które systematyzują wiedzę o funkcjonowaniu przedsiębiorstw w warunkach Przemysłu 4.0.

Pierwsza grupa to koncepcje technologiczno-architektoniczne, które porządkują relacje pomiędzy systemami, procesami, technologiami i danymi, zapewniając tym samym możliwość integracji w ramach złożonych, inteligentnych ekosystemów produkcyjnych (tab. 4.13). Koncepcje szerzej zostały opisane w rozdziale 1.1.

Tab. 4.13. Fundamentalne koncepcje technologiczno–architektoniczne

Koncepcja	Determinanty skuteczności zarządzania
Filary technologii Przemysłu 4.0 Boston Consulting Group (2015)	– Internet Rzeczy przemysłowych (IIoT) – Systemy cyberfizyczne (CPS) – Cloud Computing – Big Data i analityka predykcjna – Sztuczna inteligencja (AI) – Cyberbezpieczeństwo – Rzeczywistość rozszerzona/wirtualna (AR/VR) – Wytwarzanie addytywne (druk 3D) – Autonomiczne roboty i coboty – Symulacje i cyfrowy bliźniak
RAMI 4.0 – Reference Architectural Model (ACATECH, 2013)	– Integracja pionowa systemów IT/OT – Integracja pozioma łańcucha wartości – Interoperacyjność międzysystemowa – Standaryzacja protokołów komunikacji – Zarządzanie pełnym cyklem życia produktu
Zasady projektowe Przemysłu 4.0 (Hermann et al., 2016)	– Decentralizacja podejmowania decyzji – Zarządzanie w czasie rzeczywistym – Orientacja na architekturę usługową (SOA) – Modułowość i skalowalność systemów – Wirtualizacja procesów fizycznych

Źródło: opracowanie własne.

Kolejną kategorią są modele dojrzałości cyfrowej, które umożliwiają ocenę stopnia zaawansowania przedsiębiorstw w procesie transformacji zgodnej z ideą Przemysłu 4.0 (tab. 4.14). Do najbardziej uznanych należą: ACATECH Industrie 4.0 Maturity Index, IMPULS, SIRI, oraz Singapore Smart Industry Readiness Index (poruszone w podrozdziale 1.1).

Tab. 4.14. Modele dojrzałości organizacyjnej w Przemysle 4.0

Koncepcja	Determinanty skuteczności zarządzania
Modele dojrzałości P4.0 (ACATECH, IMPULS, SIRI)	– Dojrzałość strategii cyfryzacji – Dojrzałość infrastruktury technologicznej – Dojrzałość organizacyjno-procesowa – Dojrzałość kulturowo-kompetencyjna – Dojrzałość zarządzania danymi
Singapore Smart Industry Readiness Index (2019)	– Gotowość technologiczna organizacji – Optymalizacja procesów biznesowych – Integracja systemów przedsiębiorstwa – Kultura cyfrowej innowacyjności

Źródło: opracowanie własne.

Koncepcje z grupy przywództwa i zarządzania organizacyjnego zostały opisane w rozdziale 1.3 i obejmują współczesne koncepcje zarządzania i przywództwa, które definiują, jak

organizacje i ich liderzy powinny funkcjonować w realiach czwartej rewolucji przemysłowej. Wspólnym mianownikiem przedstawionych podejść jest dążenie do połączenia czynnika ludzkiego, kultury organizacyjnej i technologii cyfrowych w spójnym, zintegrowanym ekosystemie rozwoju przedsiębiorstwa (tab. 4.15).

Tab. 4.15. Koncepcje przywództwa i zarządzania

Koncepcja	Determinanty skuteczności zarządzania
Model SPEED (Poniewierski, 2019)	– Bezpieczeństwo (Security) – Partnerstwa strategiczne (Partnership) – Absorpcja technologii przyszłości (Emerging tech) – Orientacja ekonomiczno-biznesowa (Economy) – Głęboka transformacja cyfrowa (Digital transformation)
Przywództwo 4.0 / Cyfrowe przywództwo (Oberer & Erkollar, 2018, s. 4)	– Kompetencje przywódcze 4.0 – Zarządzanie transformacją organizacyjną – Coaching i mentoring cyfrowy – Zarządzanie wiedzą i innowacjami – Przywództwo zorientowane na technologie
Ekosystem rozwojowy przedsiębiorstwa (Kozielski et al., 2017)	– Innowacyjność narzędzi zarządczych – Adaptacyjność strategii i procesów – Kultura otwartości i eksperymentowania – Dynamiczne zdolności organizacyjne – Transformacyjne przywództwo

Źródło: opracowanie własne.

Koncepcje kompetencji kapitału ludzkiego koncentrują się na człowieku jako centralnym elemencie transformacji Przemysłu 4.0 (podrozdział 1.3). Wprowadzają one perspektywy rozwoju kompetencji, zdolności i postaw umożliwiających adaptację do świata organizacji opartego na danych, technologii i współpracy człowiek-maszyna. Ich wspólnym założeniem jest, że kapitał ludzki stanowi główny czynnik przewagi konkurencyjnej w erze cyfrowej, a skuteczność zarządzania zależy od zdolności do uczenia się, adaptacji oraz współtworzenia inteligentnych systemów (tab. 4.16).

Tab. 4.16. Koncepcje kompetencji kapitału ludzkiego

Koncepcja	Determinanty skuteczności zarządzania
Wzorce modeli biznesowych cyfrowych (Gorevaya & Khayrullina, 2015)	– Elastyczność i adaptacyjność modeli biznesowych – Specjalizacja niszowa (strategia długiego ogona) – Platformy wielostronne – Modele freemium i value-based pricing – Otwarte platformy i współtworzenie wartości
Datafikacja i usieciowienie (Mayer-Schönberger et al., 2014)	– Zaawansowana analityka Big Data – Integracja strumieni danych wieloźródłowych – Zarządzanie danymi w czasie rzeczywistym – Strategiczne wykorzystanie sensorów IoT – Jednolita platforma danych przedsiębiorstwa

Źródło: opracowanie własne.

Koncepcje ekosystemów i współpracy zewnętrznej przedstawiają współczesne koncepcje kooperacji międzyorganizacyjnej, które stanowią strategiczny fundament budowy inteligentnych i zrównoważonych ekosystemów przemysłowych (podrozdział 1.4). W kontekście Przemysłu 4.0 organizacje coraz częściej wychodzą poza tradycyjne granice struktur, łącząc kompetencje z uczelniami, ośrodkami badawczymi, start-upami i instytucjami publicznymi w ramach sieci współtworzenia wartości (tab. 4.17).

Tab. 4.17. Koncepcje ekosystemów i współpracy zewnętrznej

Koncepcja	Determinanty skuteczności zarządzania
Ekosystemy innowacji P4.0 (EDIH, DIH)(European Commission, 2025b)	– Aktywna współpraca w ekosystemach innowacji – Dostęp do zaawansowanych laboratoriów testowych – Efektywny transfer technologii – Programy mentoringu i knowledge sharing – Strategiczny networking branżowy
Przemysł 5.0 - rozszerzenie P4.0 (Breque et al., 2021)	– Humanocentryczność procesów biznesowych – Kompleksowy zrównoważony rozwój (ESG) – Odporność organizacyjna – Wellbeing i dobrostan pracowników – Wartość współdzielona dla wszystkich interesariuszy

Źródło: opracowanie własne.

Kolejną grupą są wybrane klasyczne teorie zarządzania organizacją wraz z determinantami zaadaptowanych do specyfiki przedsiębiorstwa 4.0 (tab. 4.18). Szczegóły dotyczące teorii opisane zostały w podrozdziale 2.1.

Tab. 4.18. Wybrane klasyczne teorie organizacji – adaptacja do przedsiębiorstwa 4.0

Koncepcja	Autor	Przykładowe determinanty skuteczności w odniesieniu do przedsiębiorstwa 4.0
Klasyczna teoria organizacji	Fayol, Taylor	– Wydajność produkcji – Koszt jednostkowy – Czas realizacji zamówienia – Wskaźnik OEE (Overall Equipment Effectiveness)
Teoria behawioralna	McGregor, Maslow	– Poziom zaangażowania pracowników – Wskaźnik rotacji pracowników – Wyniki ankiet satysfakcji – Liczba zgłoszonych innowacji Truss Shantz, Soane, Alfes, & Delbridge (2013)
Teoria systemów	Barnard, Bertalanffy	– Zdolność do adaptacji do zmian – Efektywność procesów – Zgodność celów organizacyjnych z celami indywidualnymi – Czas reakcji na zmiany rynkowe (Kunc, 2024)
Teoria kultury organizacyjnej	Schein, Deal i Kennedy	– Zgodność wartości organizacyjnych z wartościami pracowników – Wskaźniki innowacyjności Schein (2016)

Teoria zasobów	Barney, Bernerfelt	– Wskaźnik zwrotu z inwestycji (ROI) – Efektywność wykorzystania zasobów – Przewaga konkurencyjna na rynku – Liczba patentów i wzorów użytkowych. (Hesterly & Barney, 2015)
Teoria zależności zasobów	Pfeffer, Salancik	– Stabilność relacji z dostawcami – Efektywność współpracy z partnerami – Poziom zadowolenia klientów – Liczba nawiązanych partnerstw strategicznych Dyer & Singh (2018)
Teoria kontyngencji	Woodward, Lawrence i Lorsch	– Elastyczność organizacyjna – Czas reakcji na zmiany rynkowe – Dopasowanie strategii do warunków zewnętrznych (Errida & Lotfi, 2021) – VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity)

Źródło: opracowanie własne.

Współczesne metody oceny skuteczności obejmują nowoczesne, wielowymiarowe systemy pomiaru skuteczności zarządzania, integrujące aspekty finansowe, procesowe, jakościowe i rozwojowe (podrozdział 2.2). Ich wspólnym celem jest tworzenie spójnych ram umożliwiających holistyczną ocenę funkcjonowania przedsiębiorstwa, przy jednoczesnym utrzymaniu elastyczności w dostosowywaniu do dynamicznie zmieniającego się otoczenia gospodarki cyfrowej (tab. 4.19).

Tab. 4.19. Współczesne metody oceny skuteczności

Koncepcja	Determinanty skuteczności zarządzania
Strategiczna Karta Wyników BSC (Kaplan & Norton, 2001)	- Wyniki finansowe i efektywność ekonomiczna - Satysfakcja i lojalność klientów - Doskonałość procesów wewnętrznych - Uczenie się i rozwój organizacyjny - Skuteczna realizacja strategii biznesowej
Model EFQM (Martusewicz et al., 2021)	- Przywództwo i jasna wizja strategiczna - Kultura doskonałości organizacyjnej - Skuteczne zaangażowanie interesariuszy - Tworzenie trwałej wartości dodanej - Agile zarządzanie działalnością i transformacją
Benchmarking (Bogan & English, 1994; Ziębicki, 2014)	- Doskonałość w obsłudze klienta - Najwyższa jakość produktów/usług - Optymalna efektywność procesów biznesowych - Strategiczny rozwój zasobów ludzkich - Profesjonalne zarządzanie dostawcami - Przywództwo technologiczne w branży - Innowacyjność w badaniach i rozwoju (R&D) - Efektywna kontrola i optymalizacja kosztów

Źródło: opracowanie własne.

Poza pozostałymi grupami znajduje się grupa specyficznych modeli dedykowanych skuteczności zarządzania w Przemysle 4.0. Wśród nich znajduje się model Four Smart (tab. 4.20). Szczegółowa charakterystyka każdej z kategorii modelu znajduje się w podrozdziale 2.3.

Tab. 4.20. Model Four Smart

Koncepcja	Determinanty skuteczności zarządzania
Model Four Smart (Frank et al., 2019)	Smart Manufacturing – inteligentna produkcja Smart Product – inteligentny produkt Smart Supply Chain – inteligentny łańcuch dostaw Smart Working – inteligentna organizacja pracy Pełna integracja pionowa i pozioma systemów Zaawansowana automatyzacja i autonomizacja Harmonijna współpraca człowiek-maszyna (cobots)

Źródło: opracowanie własne.

Dobór źródeł odnosi się do kluczowych kierunków badań nad Przemysłem 4.0. Opracowana struktura stanowi wkład systematyzujący w literaturę dotyczącą przedsiębiorstwa 4.0, porządkując dotychczas rozproszone podejścia badawcze i tworząc podstawę do dalszych analiz porównawczych metod wielokryterialnych.

Wyniki badania eksperckiego – identyfikacja determinant przez praktyków

Na podstawie przeprowadzonej szczegółowej analizy odpowiedzi 10 ekspertów zidentyfikowano następujące kluczowe wzorce, aspekty oraz podobieństwa i różnice w ich perspektywach. W celu uzyskania informacji dotyczących determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 zadano następujące pytania główne:

- *Które z przedstawionych determinant uważa Pan/Pani za kluczowe dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0?*
- *Jakie nowe determinanty skuteczności zarządzania pojawiły się wraz z rozwojem koncepcji Przemysłu 4.0?*
- *Jakie wyzwania w zarządzaniu przedsiębiorstwem 4.0 uważa Pan/Pani za najistotniejsze?*

Oraz pytania podsumowujące:

- *Jakie rekomendacje dałby/dalaby Pan/Pani managerom chcącym zwiększyć skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0?*
- *Jak przewiduje Pan/Pani, że determinanty skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 będą ewoluować w najbliższej przyszłości?*

Analiza wykazała, że eksperci najczęściej odwoływali się do trzech fundamentalnych kategorii determinant:

- technologia,
- zarządzanie procesami,
- czynnik ludzki i kompetencje.

Technologia stanowi fundament przedsiębiorstwa 4.0, jednak z istotnym zastrzeżeniem – wszyscy eksperci podkreślają, że nie powinna być celem samym w sobie. Automatyzacja, robotyzacja i cyfryzacja są wymieniane przez większość respondentów (7 na 10) jako kluczowe elementy wyróżniające przedsiębiorstwa czwartej generacji.

Zarządzanie procesami również zajmuje miejsce w hierarchii determinant. Eksperci szczególnie akcentują optymalizację, standaryzację i eliminację marnotrawstwa jako warunki skuteczności. Ekspert 4 podkreśla, że znajomość, optymalizacja procesu, identyfikacja i zlikwidowanie bądź świadomość marnotrawstwa w procesach, podczas gdy Ekspert 6 zwraca uwagę na prawidłowe wyznaczanie celów przedsiębiorstwa i właściwe opisanie procesów biznesowych.

Czynnik ludzki i kompetencje stanowią kolejny filar skuteczności zarządzania. Większość ekspertów (8 na 10) podkreśla rolę kompetencji cyfrowych, kultury organizacyjnej i zdolności do ciągłego uczenia się. Przywództwo i zarządzanie zmianą są wielokrotnie wymieniane jako kluczowe dla sukcesu transformacji.

Wszyscy eksperci zgodnie wskazują, że kluczową różnicą między przedsiębiorstwem 3.0 a 4.0 jest poziom integracji. Podczas gdy przedsiębiorstwo 3.0 charakteryzowało się wyspami automatyzacji i silosowaniem procesów (Ekspert 5), Przemysł 4.0 oznacza pełną integrację procesów produkcyjnych, systemów informacyjnych oraz wiedzy o technologii i zarządzaniu.

Analiza wykazała rosnącą świadomość znaczenia danych. Eksperci podkreślają kilka kluczowych aspektów:

- dostęp do danych w czasie rzeczywistym – Ekspert 4 wskazuje na dostęp do danych online aktualizowanych na bieżąco, co umożliwia podejmowanie decyzji, ponieważ dostępne są dane na bieżąco o aktualnej sytuacji,
- przejście od intuicji do analityki – Ekspert 3 zauważa, że wcześniej polegaliśmy na doświadczeniu i obserwacjach, a obecni każda decyzja jest wspierana przez analitykę danych,
- cyfrowy bliźniak – Ekspert 9 definiuje początek wdrażania koncepcji przedsiębiorstwa 4.0 zaczyna się wtedy, gdy dane pozwalają stworzyć cyfrowego bliźniaka czy obraz działalności produkcyjnej,
- predykcja – Ekspert 5 podkreśla, że predykcja ma coraz większe znaczenie przy utrzymaniu ruchu i podejmowaniu decyzji.

Analiza wypowiedzi ekspertów uczestniczących w badaniu wskazuje na istnienie różnych obszarów konsensusu w rozumieniu kluczowych determinant warunkujących

skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwach 4.0. Pomimo zróżnicowania środowisk pochodzenia (biznes, nauka, doradztwo, administracja i jednostki wspomagające), w opiniach ekspertów zarysowały się wspólne punkty odniesienia dotyczące znaczenia czynnika ludzkiego, bezpieczeństwa organizacyjnego, zarządzania zmianą oraz zwinności organizacyjnej. Wspólność stanowisk w tych czterech obszarach podkreśla dojrzałość i holistyczny charakter ich rozumienia transformacji cyfrowej.

Niezależnie od różnic w interpretacji roli człowieka w przedsiębiorstwie 4.0, wszyscy eksperci podkreślają, że kompetencje ludzkie i kultura organizacyjna stanowią kluczowe determinanty skuteczności zarządzania. W kontekście automatyzacji, integracji systemów i wykorzystania sztucznej inteligencji, to właśnie kompetencje cyfrowe, zdolność krytycznego myślenia oraz kultura współpracy stają się warunkiem zdolności organizacyjnych do adaptacji. Szczęście spośród dziesięciu ekspertów jednoznacznie wskazało, że skuteczność procesu zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 jest bezpośrednio zależna od gotowości ludzi do korzystania z technologii, a także od ich umiejętności uczenia się i szybkiego przystosowywania do zmian. Z punktu widzenia teorii zarządzania potwierdza to przesunięcie akcentu z technologii jako centrum wartości na człowieka jako podmiot współkształtujący efektywność organizacyjną, zgodnie z paradygmatem współczesnych teorii zasobowych oraz koncepcjami zarządzania wiedzą.

Drugim zidentyfikowanym obszarem konsensu jest bezpieczeństwo organizacyjne i informacyjne. Większość ekspertów, niezależnie od praktykowanego sektora, określa cyberbezpieczeństwo jako jedno z kluczowych wyzwań determinujących zarówno skuteczność operacyjną, jak i wiarygodność przedsiębiorstw funkcjonujących w ekosystemach cyfrowych. W szczególności Ekspert 2 podkreśla wagę bezpieczeństwa danych w kontekście wzajemnego powiązania sieci technologicznych, procesowych i komunikacyjnych.

Wypowiedzi ekspertów potwierdzają zatem, iż w warunkach Przemysłu 4.0 bezpieczeństwo stanowi nie tylko aspekt techniczny, lecz również strategiczny element zarządzania ryzykiem, obejmujący kulturę świadomości zagrożeń i odpowiedzialność za dane w całym cyklu ich przetwarzania. W tym ujęciu cyberbezpieczeństwo nie jest już domeną działu IT, lecz integralnym elementem zarządzania przedsiębiorstwem.

Trzecim obszarem porozumienia jest rozumienie transformacji cyfrowej nie jako przedsięwzięcia technologicznego, ale jako procesu głęboko kulturowego i organizacyjnego. Ekspert 5 syntetyzuje tę perspektywę w stwierdzeniu: *Transformację należy zacząć od pracy z ludźmi*. W opinii ekspertów zmiana, jeśli nie jest osadzona w kompetencjach, motywacji i kulturze organizacyjnej, staje się procesem powierzchownym. Zgodnie z tym podejściem

przedsiębiorstwo 4.0 jest przede wszystkim wynikiem transformacji społeczno-organizacyjnej, a nie wyłącznie cyfrowej. Z teoretycznego punktu widzenia interpretacja ta harmonizuje z teoriami transformacyjnego przywództwa i ciągłego uczenia się (Senge, 2006), wskazując na znaczenie angażowania ludzi w procesy innowacji i uczenia się zbiorowego.

Czwarty obszar konsensusu dotyczy znaczenia zwinności (*agility*) organizacyjnej. Eksperci zgodnie wskazują, że w dynamicznym otoczeniu, w którym dominuje niepewność technologiczna i rynkowa, elastyczność w reagowaniu na zmiany staje się fundamentalną zdolnością organizacji. Ekspert 7 definiuje ją jako *zwinność – gotowość do odpowiadania na zmiany*, podkreślając, że umiejętność ta obejmuje zarówno procesy decyzyjne, jak i strukturę zarządczą. Zwinność, w rozumieniu ekspertów, stanowi zatem zdolność do szybkiej rekonfiguracji zasobów, planów i zespołów w odpowiedzi na zmieniające się warunki otoczenia, co wpisuje się w nurt koncepcji elastycznego przywództwa i dynamicznych zdolności organizacyjnych (Teece, 2018).

Podsumowując, konsensus ekspertów potwierdza, że skuteczne funkcjonowanie przedsiębiorstwa 4.0 wymaga synergii między technologią a człowiekiem, gdzie technologia stanowi narzędzie, a nie cel sam w sobie. Kultura zaufania, kompetencje cyfrowe, bezpieczeństwo systemowe oraz zwinność organizacyjna wyłaniają się jako cztery osiowe determinanty skuteczności zarządzania w warunkach transformacji cyfrowej, łącząc tym samym perspektywę humanistyczną z mechaniczną w ramach współczesnych modeli zarządzania.

Analiza empiryczna wypowiedzi ekspertów oraz obserwacje literaturowe wskazują, że w warunkach Przemysłu 4.0 następuje dynamiczna relokacja znaczeń determinant skuteczności, część tradycyjnych czynników traci na znaczeniu, ustępując miejsca nowym kompetencjom, strukturom i praktykom zarządzania charakterystycznym dla ery danych, automatyzacji i integracji informacyjnej. Eksperci zgodnie podkreślają, że kluczowe znaczenie zyskują umiejętności poznawcze i procesowe, warunkujące zdolność skutecznego funkcjonowania w środowisku przedsiębiorstwa 4.0.

Ekspert 1 zwrócił uwagę na przesunięcie z wiedzy deklaratywnej ku wiedzy proceduralnej, co oznacza, że logika, systemowe myślenie i zdolność symulacji stają się bazą racjonalnego podejmowania decyzji. Ten kierunek odzwierciedla długofalową tendencję przechodzenia od adaptacji informacyjnej do świadomego zarządzania procesami i ryzykiem. Ekspert 2 akcentował optymalizację procesów i poprawę przepływu informacji, wskazując ich bezpośredni związek z wynikami finansowymi i zrównoważoną efektywnością. Skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 wymaga już nie tylko pomiaru efektywności, ale jej stałego doskonalenia.

Ekspert 4 identyfikuje rosnące znaczenie zarządzania informacjami i danymi, gdzie dane stają się zasobem strategicznym, a zdolność ich interpretacji stanowi podstawę przewagi konkurencyjnej. Ekspert 6 wskazuje, że warunkiem skutecznej transformacji cyfrowej jest umiejętność precyzyjnego definiowania i modelowania procesów biznesowych, co umożliwia ich automatyzację, symulację i kontrolę jakości. Wspólnym mianownikiem tych wypowiedzi jest przesunięcie znaczenia determinant od kompetencji opisowych i reaktywnych ku analitycznym, zintegrowanym i predykcyjnym, czyli takim, które umożliwiają skuteczne funkcjonowanie w środowisku danych i systemów cyberfizycznych.

Z drugiej strony, w miarę postępu cyfryzacji i wykorzystania algorytmów sztucznej inteligencji, znaczenie niektórych klasycznych czynników skuteczności zarządzania maleje. Ekspert 1 wskazał na spadek wartości *książkowej*, pamięciowej wiedzy, która w warunkach automatyzacji i integracji jest zastępowana przez algorytmy analityczne i systemy wspomagania decyzji. Sztuczna inteligencja przejmuje znaczną część funkcji poznawczych organizacji, redukując znaczenie manualnych analiz i statycznych raportów. Ekspert 2 sformułował tzw. paradoks bezpieczeństwa informacyjnego. Wskazał na to, że mimo wzrostu ryzyka cyberataków i złożoności infrastruktury cyfrowej, bezpieczeństwo nadal pozostaje obszarem niedoinwestowanym w przedsiębiorstwach. Luka ta nie wynika z braku znaczenia determinanty, ale raczej z dysproporcji między jej wagą strategiczną a rzeczywistym poziomem zasobów i priorytetów w organizacji. Kwestia luki cyberbezpieczeństwa zostanie poddana ocenie ważności w analizie AHP, jako że jest to według przeglądu literatury oraz wywiadu eksperckiego jest to kluczowy czynnik skuteczności zarządzania. W efekcie, determinanty zyskujące na znaczeniu koncentrują się wokół adaptacyjności, zdolności analitycznej i integracji wiedzy z technologią, natomiast tracące wokół rutynowych i statycznych kompetencji poznawczych, zastępowanych przez systemowe podejścia wspierane automatyzacją i sztuczną inteligencją.

Różnice w postrzeganiu determinant przez grupy eksperckie

Analiza wypowiedzi ekspertów ujawnia znaczące zróżnicowanie interpretacji miejsca i funkcji człowieka w przedsiębiorstwie 4.0. Zebrane opinie można pogrupować w dwa zasadnicze nurty, które różni sposób patrzenia na relację pomiędzy technologią a czynnikiem ludzkim:

- perspektywa A – zanik czynnika ludzkiego,
- perspektywa B – wzrost znaczenia człowieka..

Pierwszy sposób interpretacji, reprezentowany przez trzech ekspertów (E2, E5, E10), odnosi się do obserwowanego zjawiska marginalizacji człowieka w zautomatyzowanych systemach produkcyjnych. Eksperci ci zauważają, że cyfryzacja, automatyzacja i sztuczna

inteligencja w efektach prowadzą do stopniowego zastępowania pracy ludzkiej w procesach operacyjnych i pomocniczych. E5 opisuje to w następujący sposób: *W Przemysle 4.0 zanika czynnik ludzki, jest poddany presji – ograniczenie roli człowieka w realizacji procesów podstawowych i pomocniczych.*

Zgodnie z tą perspektywą, gospodarka oparta na automatyzacji prowadzi do redukcji zadań rutynowych, a rola człowieka przenosi się z etapu wykonawczego do kontrolnego. Eksperci wskazują również na zjawisko presji poznawczej i emocjonalnej, wynikającej z konieczności pracy w środowisku silnie algorytmizowanym, gdzie interakcje między człowiekiem a maszyną są coraz bardziej zdeterminowane przez dane i oprogramowanie. Teza o *zaniku człowieka* w procesach w przedsiębiorstwie 4.0 odpowiada częściowej diagnozie postawionej w literaturze przedmiotu, według której automatyzacja i sztuczna inteligencja prowadzą do przeformułowania roli jednostki z wykonawcy w nadzorcę systemu, co rodzi nowe wyzwania etyczne i organizacyjne (Brynjolfsson et al., 2017).

Odmienne punkt widzenia, podzielany przez pięciu ekspertów (E1, E4, E6, E7), traktuje człowieka jako centrum procesów transformacyjnych, a technologię jako narzędzie wspierające jego potencjał. Według Eksperta 7 *najbardziej na znaczeniu zyskuje człowiek, a funkcjonowanie cyfryzacji i nowoczesnych technologii jest niemożliwe bez człowieka.* W tym ujęciu człowiek staje się kreatorem i interpretatorem danych, a jego zadaniem jest współpraca z inteligentnymi systemami, inicjowanie innowacji i nadawanie technologii sensu organizacyjnego. Ekspert E1 uzupełnia tę perspektywę, zwracając uwagę na potrzebę świadomości technologicznej, a nie tylko dostępu do narzędzi i wskazuje, że *problemem nie jest to żeby mieć dostęp do technologii, ale mieć ludzi świadomych, którzy potrafią z tego korzystać.* Przedsiębiorstwo 4.0, według tej grupy, nie jest projektem eliminującym człowieka, lecz raczej redefiniującym jego rolę – z pracownika fizycznego na koordynatora wiedzy, analityka i kreatora wartości. Technologia pełni zatem rolę wspierającą, umożliwiającą rozwój bardziej zaawansowanych kompetencji miękkich, takich jak przywództwo w środowisku cyfrowym, elastyczność poznawcza czy zdolność współpracy zespołów hybrydowych.

Zestawienie obu perspektyw ujawnia, że spór nie dotyczy znaczenia człowieka jako takiego, lecz jego funkcji w cyfrowym systemie organizacyjnym. Analiza wypowiedzi wskazuje na zbieżne przekonanie, że rola człowieka w przedsiębiorstwie 4.0 ulega transformacji, a nie deprecjacji. Zanika rola operacyjna związana z czynnościami powtarzalnymi, które ulegają pełnej automatyzacji, natomiast rośnie znaczenie ról poznawczych i decyzyjnych, wymagających interpretacji złożonych danych, kreatywności oraz współpracy z systemami sztucznej

inteligencji. Oznacza to, że człowiek w przedsiębiorstwie 4.0 nie jest elementem marginalnym, lecz aktywnym integratorem procesów informacyjnych i decyzyjnych. Zgodnie z tym podejściem, skuteczność zarządzania w erze cyfrowej wynika z równowagi pomiędzy automatyzacją a kompetencjami ludzkimi – a więc z umiejętności tworzenia takich systemów, które wykorzystują technologię nie w celu zastąpienia człowieka, lecz wzmocnienia jego potencjału.

W ujęciu teoretycznym spór ten koresponduje z zachodzącym obecnie rozwinięciem koncepcji Przemysłu 4.0 ku Przemysłowi 5.0, który redefiniuje człowieka jako centrum wartości organizacyjnej i społecznej (Ghobakhloo et al., 2023; Saniuk & Grabowska, 2023). W kontekście niniejszej rozprawy, potwierdza to, że pierwotne założenia koncepcji Przemysłu 4.0 niewystarczająco uwzględniały roli czynnika ludzkiego, co utworzyło potrzebę redefinicji przedsiębiorstwa 4.0 w kolejnych falach Przemysłu 4.0 (Lalovich et al., 2024). W tym sensie wyniki badania eksperckiego potwierdzają, że kluczowe wyzwanie współczesnego zarządzania polega nie na wdrażaniu technologii, lecz na odbudowie równowagi między człowiekiem a technologią w ramach paradygmatu współtworzenia wartości.

Synteza determinant – wymiary skuteczności w przedsiębiorstwie 4.0

Opracowanie finalnego zestawu determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 przebiegało w sposób etapowy, systematyczny i oparty na triangulacji źródeł, co zapewniło zarówno kompleksowość teoretyczną, jak i praktyczną użyteczność modelu. Procedura redukcji uwzględniała nie tylko kryteria merytoryczne, lecz także wymogi metodyczne wynikające z zastosowania metody AHP, zgodnie z zaleceniami Saaty'ego dotyczącymi maksymalnej liczby elementów możliwych do porównania w ramach jednego poziomu hierarchii.

W pierwszym etapie przeprowadzono systematyczny przegląd literatury przedmiotu. W rezultacie zidentyfikowano szeroką gamę determinant: od technologicznych, przez organizacyjne, kompetencyjne, aż po strategiczne i ekosystemowe. Tak szeroka baza umożliwiła uchwycenie wielowymiarowości zjawiska skuteczności w kontekście cyfryzacji. Następnie poddano identyfikowane czynniki procesowi konsolidacji, polegającej na grupowaniu determinant o zbliżonym zakresie znaczeniowym oraz eliminacji duplikatów. Proces ten wymagał analizy definicyjnej oraz oceny stopnia nakładania się pojęć, które zostały zintegrowane w jedną kategorię nadrzędną. W trzecim etapie przeprowadzono walidację ekspercką, w ramach której praktycy i naukowcy dokonali oceny istotności praktycznej zidentyfikowanych czynników. Ekspertsi wskazali determinanty kluczowe dla skuteczności zarządzania z perspektywy rzeczywistych wyzwań Przemysłu 4.0, jednocześnie eliminując te o charakterze marginalnym lub kontekstowo ograniczonym. Dalsze zawężenie listy nastąpiło w wyniku triangulacji źródeł –

weryfikacji, czy dana determinanta jest wspierana przez wyniki badań empirycznych, obecność w wielu modelach teoretycznych oraz potwierdzenie w badaniach jakościowych poprzez wywiady eksperckie (tab. 4.21). Ostateczny wybór 30 determinant uwzględnił następujące kluczowe kryteria:

- operacyjność, co oznacza, że liczba ta umożliwia skuteczne zastosowanie metody AHP, generując około 85 porównań parami w kwestionariuszu, co mieści się w granicach zarządczej złożoności i zachowuje wiarygodność ocen respondentów,
- przydatność do metody AHP, czyli zgodność z wymogami hierarchicznej struktury,
- kompleksowość pokrycia, czyli reprezentatywność wszystkich kluczowych wymiarów skuteczności (strategiczny, organizacyjno-kulturowy, technologiczny, procesowy, relacyjno-ekosystemowy, innowacyjno-rozwojowy, wynikowy).

Tab. 4.21. Uzasadnienie doboru poszczególnych wymiarów i determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0

Wymiar	Podstawa teoretyczna	Podstawa empiryczna	Determinanty
Wymiar strategiczny	Kaplan & Norton (BSC - perspektywa strategiczna), EFQM (strategia), Matt et al. (strategia transformacji cyfrowej), ACATECH (dojrzałość strategii), Wawak (Strategia).	E5, E8 (strategia cyfryzacji), E6 (mechanizmy wdrażania), E8 (wyznaczanie celów), E2, E9 (zarządzanie ryzykiem cyberbezpieczeństwa i zasobów).	– planowanie strategiczne – implementacja strategii – wyznaczanie celów zarządzania ryzykiem
Wymiar organizacyjno-kulturowy	Wawak (przywództwo, zasoby ludzkie), Cameron & Quinn (model stosunków międzyludzkich), Mayo (teoria behawioralna), Schein (kultura organizacyjna), Kane et al. (kompetencje cyfrowe).	E1, E7, E8 (przywództwo), E1-E4, E7 (kompetencje cyfrowe - wskazane przez 80% ekspertów), E5, E8 (kultura danych), E7, E8 (zaangażowanie), E6, E7 (komunikacja).	– przywództwo i zarządzanie – kompetencje i rozwój pracowników – kultura organizacyjna – zaangażowanie i motywacja – współpraca i komunikacja – wsparcie organizacyjne
Wymiar technologiczny	Hermann et al. (zasady projektowe P4.0), RAMI 4.0 (architektura referencyjna), BCG (9 filarów technologii), ACATECH (dojrzałość technologiczna), Schwab (technologie P4.0)	E2, E6 (architektura informacyjna jako szkielec), E2, E3, E5 (automatyzacja, robotyzacja, AI), E2 (bezpieczeństwo).	– infrastruktura cyfrowa – zaawansowanie technologiczne – bezpieczeństwo i niezawodność
Wymiar procesowy	Taylor (teoria naukowa - procesy), Fayol (funkcje zarządzania), Bogan & English (procesy biznesowe), Wawak (procesy), EFQM (doskonalenie procesów)	E2, E4, E6 (optymalizacja procesów), E3, E6 (szybkość decyzji w czasie rzeczywistym), E4, E6 (eliminacja marnotrawstwa), E5, E9 (predykcja, cyfrowy bliźniak).	– efektywność operacyjna – zarządzanie czasem i terminowością – doskonalenie procesów – monitorowanie i kontrola – infrastruktura techniczna

Wymiar innowacyjno-rozwojowy	Frank et al. (Model Four Smart), Breque et al. (Przemysł 5.0 - innowacje), Wawak (wiedza, B+R), EFQM (innowacje)	E7, E9 (serwityzacja, nowe modele biznesowe), E7 (czas rozwoju produktu), E5 (rozwój kompetencji), E4, E6 (jakość procesów).	– orientacja na klienta – współpraca w ekosystemie – adaptacja do otoczenia – dostępność i wsparcie wartości dla interesariuszy
Wymiar relacyjno-ekosystemowy	Westerman et al. (ekosystemy cyfrowe), Kaplan & Norton (BSC - perspektywa klienta), Wawak (relacje), Lawrence & Lorsch (adaptacja), Breque (P5.0 - zrównoważony rozwój)	E4, E7 (orientacja na klienta), E9 (koopetycja, ekosystemy - nowa koncepcja), E7, E9 (zwinność, adaptacja), E10 (ESG, ochrona środowiska - wartość dla interesariuszy)	– zdolność innowacyjna – efektywność rozwoju produktu – kapitał ludzki w innowacjach – jakość procesów i produktów
Wymiar wynikowy	Kaplan & Norton (BSC - perspektywa finansowa), EFQM (wyniki), Wawak (wyniki), Bogan & English (wskaźniki wyników)	E10 (wyniki finansowe, wydajność), E3, E10 (znajomość rynku i konkurencji), E8 (wyniki organizacyjne)	– wyniki finansowe – wyniki rynkowe – wyniki organizacyjne

Źródło: opracowanie własne.

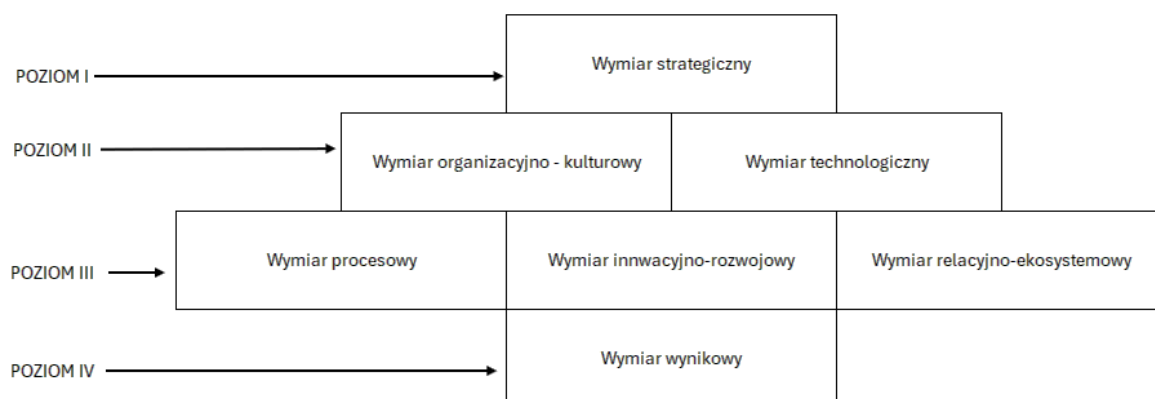
4.4. Synteza i przygotowanie do oceny ważności determinant

Na podstawie przeprowadzonych: przeglądu literatury oraz badań eksperckich opracowane zostało syntetyczne podsumowanie, którego celem było opracowanie spójnego konceptualnie i metodycznie zestawu determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0. Fundamentem prac była analiza dorobku naukowego z zakresu zarządzania, transformacji cyfrowej i Przemysłu 4.0, obejmująca pozycje literaturowe z wiodących źródeł międzynarodowych i krajowych. Przegląd oraz wsparcie badaniem eksperckim umożliwiły identyfikację głównych nurtów teoretycznych oraz wyodrębnienie wspólnych dla nich kategorii interpretacyjnych związanych z funkcjonowaniem organizacji w warunkach transformacji cyfrowej.

Przeprowadzono identyfikację wymiarów konceptualnych, rozumianych jako kluczowe obszary determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0. Proces ten oparto na triangulacji podejść teoretycznych (m.in. RAMI 4.0, klasyczne i współczesne metody oceny sztuczności, modele zwinności organizacyjnej, koncepcje dojrzałości cyfrowej), jak również analizie ujęć empirycznych prezentujących różne sposoby adaptacji organizacji do wymogów czwartej rewolucji przemysłowej.

Kolejnym etapem była operacjonalizacja determinant, czyli przekształcenie pojęć teoretycznych w mierzalne, praktyczne kategorie badawcze. W rezultacie zdefiniowano trzydzieści determinant uznanych za kluczowe dla pomiaru skuteczności przedsiębiorstwa 4.0, z uwzględnieniem ich wymiarów jakościowych i ilościowych. Proces ten pozwolił na stworzenie

podstaw pod opracowanie modelu wielowymiarowego determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 (rys. 4.4).



Rys. 4.4. Model wielowymiarowy determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

Źródło: opracowanie własne.

Opracowany model wielowymiarowy determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 stanowi zintegrowaną strukturę teoretyczno-empiryczną, która porządkuje trzydzieści determinant w ramach siedmiu wymiarów hierarchicznie ułożonych na czterech poziomach. Konceptualna architektura modelu opiera się na zasadzie zgodności z logiką systemów złożonych od warstw strategicznych po wynikowe.

Tab. 4.22. Struktura poziomów, wymiarów i determinant w modelu

Poziom	Wymiar	Determinanty
strategiczny	strategiczny	– planowanie strategiczne – implementacja strategii – wyznaczanie celów – zarządzanie ryzykiem
zasobowy	wymiar organizacyjno-kulturowy	– przywództwo i zarządzanie – kompetencje i rozwój pracowników – kultura organizacyjna – zaangażowanie i motywacja – współpraca i komunikacja – wsparcie organizacyjne
	wymiar technologiczny	– infrastruktura cyfrowa – zaawansowanie technologiczne – bezpieczeństwo i niezawodność
realizacyjny	wymiar procesowy	– efektywność operacyjna – zarządzanie czasem i terminowością – doskonalenie procesów – monitorowanie i kontrola – infrastruktura techniczna
	wymiar innowacyjno-rozwojowy	– orientacja na klienta – współpraca w ekosystemie – adaptacja do otoczenia – dostępność i wsparcie – wartość dla interesariuszy
	wymiar relacyjno-ekosystemowy	– zdolność innowacyjna – efektywność rozwoju produktu – kapitał ludzki w innowacjach – jakość procesów i produktów
wynikowy	wymiar wynikowy	– wyniki finansowe – wyniki rynkowe – wyniki organizacyjne

Źródło: opracowanie własne.

Model zakłada cztery wzajemnie przenikające się poziomy funkcjonowania (tab. 4.22). Poziom strategiczny obejmuje determinanty związane z projektowaniem i realizacją długofalowych kierunków rozwoju organizacji w warunkach transformacji cyfrowej. Poziom zasobowy tworzą dwa obszary: organizacyjno-kulturowy i technologiczny, zapewniające wewnętrzną spójność i infrastrukturę dla procesów zmian. Poziom realizacji skupia w sobie trzy wymiary: procesowy, innowacyjno-rozwojowy oraz relacyjno-ekosystemowy, które oddają praktyczny aspekt funkcjonowania przedsiębiorstwa w środowisku sieciowych powiązań i danych czasu rzeczywistego. Poziom rezultatów z kolei odnosi się do wymiernych efektów działalności: finansowych, rynkowych i organizacyjnych, będących odzwierciedleniem ogólnej skuteczności zarządzania.

W dalszej części rozprawy zaplanowano etap oceny ważności determinant zidentyfikowanych w ramach opracowanego modelu. Na potrzeby badania opracowano kwestionariusz porównań parami, stanowiący integralny element procedury AHP (zał. 1). Narzędzie to

umożliwia systematyczne zestawienie par determinant w obrębie każdego z wymiarów modelu, każda z determinant została respondentom opisana w tab. 4.23.

Tab. 4.23. Opis determinant skuteczności zarządzania do kwestionariusza AHP

Wymiar	Determinanta	Opis do kwestionariusza
wymiar strategiczny	Planowanie strategiczne	Planowanie strategiczne – dotyczy opracowania długoterminowej strategii transformacji cyfrowej oraz działań związanych z badaniem rynku i otoczenia. W ocenie uwzględniana jest elastyczność strategiczna organizacji.
	Implementacja strategii	Implementacja strategii – obejmuje proces wprowadzania w życie zaplanowanych działań strategicznych. Oceniane są mechanizmy wdrażania i monitorowania strategii oraz stopień znajomości strategii wśród pracowników.
	Wyznaczanie celów	Wyznaczanie celów – dotyczy formułowania i aktualizacji celów organizacji oraz ich elastyczności.
	Zarządzanie ryzykiem	Zarządzanie ryzykiem – obejmuje identyfikację, analizę oraz monitorowanie ryzyk, czas reakcji na ryzyko oraz integrację zarządzania ryzykiem z procesami organizacji.
wymiar organizacyjno-kulturowy	Przywództwo i zarządzanie	Przywództwo i zarządzanie – uwzględnia zaangażowanie i styl kierownictwa, podejmowanie decyzji w warunkach złożoności oraz dopasowanie stylu zarządzania do potrzeb organizacji.
	Kompetencje i rozwój pracowników	Kompetencje i rozwój pracowników – obejmuje poziom kompetencji cyfrowych, rozwój i doskonalenie pracowników, zakres samodzielności decyzyjnej oraz ciągłe uczenie się.
	Kultura organizacyjna	Kultura organizacyjna – odnosi się do zgodności zachowań pracowników z normami i wartościami organizacji oraz do stabilności kultury organizacyjnej.
	Zaangażowanie i motywacja	Zaangażowanie i motywacja – mierzone wskaźnikami zaangażowania pracowników (np. Employee Engagement Index), poziomem satysfakcji i motywacji.
	Współpraca i komunikacja	Współpraca i komunikacja – ocenia jakość interakcji wewnątrz zespołów, relacji międzyludzkich, poziom komunikacji i integracji pracowniczej.
	Wsparcie organizacyjne	Wsparcie organizacyjne – obejmuje dostępność zasobów, doradztwo techniczne oraz czynniki wpływające na absencję i konflikty w miejscu pracy.
wymiar technologiczny	Infrastruktura cyfrowa	Infrastruktura cyfrowa – dotyczy architektury technicznej organizacji i dostępności systemów informatycznych, w tym rozwiązań wspomaganych sztuczną inteligencją.
	Zaawansowanie technologiczne	Zaawansowanie technologiczne – uwzględnia poziom cyfryzacji, automatyzacji, oraz wskaźnik dojrzałości technologicznej Industry 4.0.
	Bezpieczeństwo i niezawodność	Bezpieczeństwo i niezawodność – obejmuje poziom bezpieczeństwa informacyjnego oraz wskaźniki awaryjności systemów i infrastruktury.
wymiar procesowy	Efektywność operacyjna	Efektywność operacyjna – ocenia wydajność pracy i produkcji, wykorzystanie zasobów oraz szybkie i terminowe realizowanie procesów.
	Zarządzanie czasem i terminowością	Zarządzanie czasem i terminowością – dotyczy terminowości dostaw, czasu realizacji zamówień oraz ogólnej szybkości działania procesów.
	Doskonalenie procesów	Doskonalenie procesów – obejmuje identyfikację problemów, analizę błędów, stosowanie metod zarządzania jakością oraz monitorowanie sprawności procesów.

	Monitorowanie i kontrola	Monitorowanie i kontrola – dotyczy ciągłego nadzoru nad przebiegiem procesów w celu zapewnienia ich zgodności z założeniami.
	Infrastruktura techniczna	Infrastruktura techniczna – bierze pod uwagę stan wyposażenia technicznego, cykle modernizacji oraz czas przerw technologicznych.
wymiar ekosystemowy	Orientacja na klienta	Orientacja na klienta – uwzględnia satysfakcję i lojalność klientów, ocenę jakości obsługi oraz zdolność do dostosowania usług do potrzeb.
	Współpraca w ekosystemie	Współpraca w ekosystemie – obejmuje jakość współpracy z partnerami w łańcuchu wartości, łatwość współdziałania, zaufanie do organizacji oraz elastyczność dostawców.
	Adaptacja do otoczenia	Adaptacja do otoczenia – dotyczy zdolności organizacji do adaptacji do zmian zewnętrznych, autonomii względem otoczenia oraz integracji z zasobami zewnętrznymi.
	Dostępność i wsparcie	Dostępność i wsparcie – analizuje dostępność produktów i usług oraz wsparcie dla interesariuszy oraz aspekty regulacyjne i finansowe.
	Wartość dla interesariuszy	Wartość dla interesariuszy - dotyczy stopnia zaspokajania potrzeb i oczekiwań kluczowych interesariuszy oraz jakości relacji i współpracy z nimi, uwzględniając aspekty zrównoważonego rozwoju i odpowiedzialności społecznej, a także komplementarności usług i produktów.
wymiar innowacyjno-rozwojowy	Zdolność innowacyjna	Zdolność innowacyjna – odnosi się do zdolności przedsiębiorstwa do generowania i wdrażania innowacji, nowych modeli biznesowych, rozwoju nowych produktów, oraz jakości procesów innowacyjnych.
	Efektywność rozwoju produktu	Efektywność rozwoju produktu – dotyczy czasu rozwoju i wprowadzania nowego produktu na rynek oraz gamy asortymentowej.
	Kapitał ludzki w innowacjach	Kapitał ludzki w innowacjach – uwzględnia dostępność wykwalifikowanych specjalistów, poziom szkoleń i podnoszenia kwalifikacji.
	Jakość procesów i produktów	Jakość procesów i produktów – ocenia efektywność i jakość procesów produkcyjnych oraz wyrobów i usług.
wymiar wynikowy	wyniki finansowe	Wyniki finansowe – mierzone m.in. dynamiką przychodów, zysku, rentownością operacyjną oraz zwrotem z inwestycji.
wymiar wynikowy	wyniki rynkowe	Wyniki rynkowe – obejmują m.in. udział w rynku, dynamikę sprzedaży oraz strukturę klientów (np. udział wierznych klientów).
wymiar wynikowy	wyniki organizacyjne	Wyniki organizacyjne – odnoszą się m.in. do pomiaru wyników efektywności zatrudnienia, rotacji pracowników, jakości warunków pracy oraz relacji kosztów szkoleń do wynagrodzeń.

Źródło: opracowanie własne.

W celu przejrzystego przedstawienia struktury badania oraz treści narzędzia, opracowane determinanty i ich charakterystyki zostały zestawione w tabeli syntetycznej, stanowiącej podstawę do dalszych analiz hierarchicznych i obliczeń współczynników spójności w kolejnych etapach procesu badawczego oraz charakterystykę poszczególnych wymiarów (tab. 4.24). Zebrane dane posłużą do wyznaczenia wag lokalnych i globalnych poszczególnych

determinant, umożliwiając identyfikację tych elementów modelu, które odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu skuteczności przedsiębiorstwa 4.0.

Tab. 4.24. Opis wymiarów skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 do kwestionariusza AHP

Wymiar	Liczba determinant	Opis
wymiar strategiczny	4	Wymiar strategiczny obejmuje zagadnienia związane z definiowaniem i realizacją celów długoterminowych przedsiębiorstwa, a także zarządzaniem ryzykiem i podejmowaniem decyzji w kontekście zmieniającego się otoczenia zewnętrznego. Analizowane są tu procesy kształtujące kierunki rozwoju organizacji.
wymiar organizacyjno-kulturowy	6	Wymiar organizacyjno-kulturowy odnosi się do elementów dotyczących struktury organizacyjnej, kultury wewnętrznej, przywództwa, sposobów zarządzania personelem, rozwoju kompetencji oraz dynamiki współpracy i komunikacji w zespole. Uwzględnia również motywację i zaangażowanie pracowników.
wymiar technologiczny	3	Wymiar technologiczny dotyczy stopnia zaawansowania technologicznego przedsiębiorstwa, w tym wykorzystywanych systemów informatycznych, infrastruktury cyfrowej oraz mechanizmów zapewniających bezpieczeństwo i niezawodność funkcjonowania tych rozwiązań.
wymiar procesowy	5	Wymiar procesowy obejmuje aspekty zarządzania procesami biznesowymi, takie jak monitorowanie, doskonalenie, zarządzanie czasem i terminowością realizacji zadań oraz wykorzystanie odpowiednich zasobów technicznych i organizacyjnych.
wymiar relacyjno-ekosystemowy	5	Wymiar relacyjno-ekosystemowy koncentruje się na relacjach przedsiębiorstwa z jego otoczeniem, włączając współpracę z partnerami oraz adaptację do zmian w ekosystemie rynkowym. Analizowana jest tu również orientacja na potrzeby interesariuszy oraz aspekty związane z dostępnością i wsparciem.
wymiar innowacyjno-rozwojowy	4	Wymiar innowacyjno-rozwojowy dotyczy zdolności przedsiębiorstwa do wprowadzania innowacji oraz rozwoju nowych rozwiązań produktowych i procesowych, a także kapitału ludzkiego i jakości procesów wspierających działalność innowacyjną.
wymiar wynikowy	3	Wymiar wynikowy obejmuje ocenę efektów działalności przedsiębiorstwa, w tym wyników finansowych, pozycji rynkowej oraz zarządzania zasobami i procesami wewnętrznymi organizacji.

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowując, w rozdziale zrealizowano cel główny rozprawy poprzez systematyczną identyfikację, operacjonalizację oraz uporządkowanie kluczowych determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 w siedmiu wymiarach conceptualnych. Opracowany wielowymiarowy model determinant skuteczności zarządzania stanowi oryginalną strukturę teoretyczno-empiryczną, która porządkuje determinanty od warstw strategicznych po wynikowe. Model ten może służyć jako narzędzie diagnostyczne i strategiczne dla praktyków zarządzania

oraz jako podstawa do dalszych badań empirycznych z wykorzystaniem metody AHP w kolejnych rozdziałach rozprawy. Następnie, została zdefiniowana specyfika funkcjonowania przedsiębiorstwa 4.0. Przeprowadzona konceptualizacja przedsiębiorstwa 4.0 w świetle badań eksperckich pozwoliła na:

- zidentyfikowanie siedmiu fundamentalnych wymiarów różnicujących przedsiębiorstwo 3.0 i 4.0,
- opracowanie definicji przedsiębiorstwa 4.0 z czterech perspektyw (biznesowej, naukowej, konsultingowej oraz administracyjnej),
- uzasadnienie koncentracji analizy na granicy między przedsiębiorstwem 3.0 a 4.0 jako fundamentalnej zmiany podejścia do skuteczności zarządzania.

Została również pogłębiona analiza dotychczasowych podejść do oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem. Klasyczne podejścia do skuteczności zachowują trwałą wartość poznawczą jako fundament dla współczesnych analiz a współczesne metody oceny oferują zintegrowane ramy umożliwiające kompleksową ocenę. Niemniej jednak niezbędna jest ewolucja klasycznych podejść w kierunku uwzględnienia specyfiki Przemysłu 4.0 m.in.: dynamiczności systemów raportowania, danych jako zasobu strategicznego, zmiany roli człowieka, sieci ekosystemowych, adaptacyjności oraz bezpieczeństwa.

Poprzez przegląd literatury oraz przeprowadzenie badania eksperckiego możliwe było zidentyfikowanie wymiarów i determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Cel ten został zrealizowany stosując triangulację źródeł obejmujących wiele grup konceptualnych, walidację ekspercką z udziałem ekspertów reprezentujących różne środowiska i perspektywy oraz identyfikację siedmiu wymiarów oraz 30 determinant skuteczności uporządkowanych na czterech poziomach.

Rozdział 4 dostarcza istotnych przesłanek do pozytywnej weryfikacji hipotezy głównej. Zbiór determinant, choć znaczny, został dobrany z uwzględnieniem kryteriów takich jak m.in.: operacyjność umożliwiającą zastosowanie metody AHP, przydatność metodyczną poprzez zgodność z wymogami hierarchicznej struktury AHP oraz kompleksowość reprezentatywność głównych kluczowych wymiarów skuteczności. Należy podkreślić, że proces identyfikacji determinant uwzględnił specyfikę przedsiębiorstw 4.0 oraz różnice w ich definiowaniu przez poszczególne grupy ekspertów, co daje uzasadnienie do weryfikacji hipotez pomocniczych. klasyczne podejścia stanowią wartościowy fundament, ale wymagają fundamentalnej ewolucji i rozszerzenia o wymiary specyficzne dla przedsiębiorstwa 4.0.

Rozdział 4 dostarcza również częściowych przesłanek do weryfikacji hipotezy pomocniczej dotyczącej różnic w sposobie definiowania przedsiębiorstwa 4.0. Wynika to z identyfikacji czterech perspektyw definiowania przedsiębiorstwa 4.0 (biznesowa, naukowa, konsultingowa, administracyjna), które różnią się m.in. podejściem, językiem, zwracaniem uwagi na różnorodne główne akcenty specyfiki przedsiębiorstwa 4.0.

Rozdział 4 wypełnia ponadto lukę poznawczą w usystematyzowaniu definicji przedsiębiorstwa 4.0 odniesienia go do klasycznych teorii przedsiębiorstw oraz teorii skuteczności zarządzania. Konstrukcja czwartego rozdziału stanowi zatem nie tylko teoretyczne ramy dla zrozumienia istoty przedsiębiorstwa 4.0, ale również wypełnia lukę metodologiczną poprzez dostarczenie systematycznej operacjonalizacji kluczowych wymiarów różnicujących generacje przedsiębiorstw. Podejście do konceptualizacji wskazujące wiele perspektyw, w połączeniu z historyczną refleksją nad ewolucją teorii zarządzania, tworzy solidne fundamenty dla dalszej analizy empirycznej determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0.

5. Rozdział

Ocena ważności determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

5.1. Współczynniki wagowe w ocenie ekspertów

W niniejszym podrozdziale omówiono wyniki badania, którego założenia przedstawiono w rozdziale 3. Zostało ono przeprowadzone w 2025r. O udział poproszono ekspertów z obszaru przemysłu, zarządzania oraz wdrażania transformacji cyfrowej. Eksperci reprezentowali dziedziny zawodowe takie jak: biznes, nauka oraz firmy doradcze. Skierowano również prośby do ekspertów z zakresu administracji i jednostek wspomagających. W wyniku przeprowadzonej analizy wyłoniono 46 ekspertów, w tym 23 z biznesu, 7 z nauki, 8 z firm doradczych, 8 z administracji i jednostek wspomagających.

Odpowiedzi wypełniło 32 ekspertów, w tym 20 przedstawicieli biznesu, 6 przedstawicieli firm doradczych i konsultingowych, 4 przedstawicieli uczelni i jednostek naukowych oraz 2 przedstawicieli administracji i jednostek wspomagających. Stanowiło to 70% odpowiedzi w stosunku do wysłanych próśb. Pozostali eksperci nie odesłali odpowiedzi. Kwestionariusze zostały przekazane różnymi kanałami komunikacji cyfrowej oraz za pośrednictwem platform społecznościowych. Kwestionariusz opracowany w programie LimeSurvey zawierał 82 pytania i został podzielony na trzy grupy pytań:

- ważność determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 (54 pytania),
- ważność wymiarów skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 (21 pytań),
- metryczka (7 pytań).

Łącznie w kwestionariuszu zawarto 74 porównania parami. W ramach obszaru badania ważności determinant i wymiarów kwestionariusz został podzielony na 8 części. Siedem z nich dotyczyło determinant w obszarze poszczególnych wymiarów, natomiast ostatnia – porównania samych wymiarów.

Odpowiedzi udzielone przez ekspertów zostały wprowadzone do macierzy porównań, a następnie znormalizowane. Ze względu na szeroki zakres badania i dużą liczbę ekspertów, nie jest możliwe przedstawienie w niniejszej pracy wszystkich analiz. Dla każdego eksperta przygotowano 8 macierzy porównań i tyle samo macierzy normalizujących. Dlatego też w tab. 5.1 i 5.2 zaprezentowano przykład.

Tab. 5.1. Tabela porównań dla wymiaru organizacyjno-kulturowego i eksperta E9

Determinanty	Przywództwo i zarządzanie	Kompetencje i rozwój pracowników	Kultura organizacyjna	Zaangażowanie i motywacja	Współpraca i komunikacja	Wsparcie organizacyjne
Przywództwo i zarządzanie	1,000	1,000	1,000	0,200	0,333	1,000
Kompetencje i rozwój pracowników	1,000	1,000	1,000	0,333	1,000	3,000
Kultura organizacyjna	1,000	1,000	1,000	0,333	0,333	3,000
Zaangażowanie i motywacja	5,000	3,000	3,000	1,000	1,000	1,000
Współpraca i komunikacja	3,000	1,000	3,000	1,000	1,000	3,000
Wsparcie organizacyjne	1,000	0,333	0,333	1,000	0,333	1,000

Źródło: wyniki badań.

Tab. 5.2. Tabela znormalizowana dla wymiaru organizacyjno-kulturowego i eksperta E9

Determinanty	Przywództwo i zarządzanie	Kompetencje i rozwój pracowników	Kultura organizacyjna	Zaangażowanie i motywacja	Współpraca i komunikacja	Wsparcie organizacyjne
Przywództwo i zarządzanie	0,083	0,136	0,107	0,052	0,083	0,083
Kompetencje i rozwój pracowników	0,083	0,136	0,107	0,086	0,250	0,250
Kultura organizacyjna	0,083	0,136	0,107	0,086	0,083	0,250
Zaangażowanie i motywacja	0,417	0,409	0,321	0,259	0,250	0,083
Współpraca i komunikacja	0,250	0,136	0,321	0,259	0,250	0,250
Wsparcie organizacyjne	0,083	0,045	0,036	0,259	0,083	0,083
CI = 0,131; CR = 10,45% dla r = 1,25						

Źródło: wyniki badań.

Dla każdej macierzy porównań oraz wektora wag obliczono indeks spójności *CI* (wzór 3.5) oraz wskaźnik spójności *CR* (wzór 3.6). Przyjęto, że zaakceptowane zostaną opinie ekspertów, dla których wskaźnik spójności nie przekracza 30% dla każdej z ośmiu macierzy oraz

średni CR dla eksperta nie przekroczy 10%⁷. W pięciu przypadkach stwierdzono znaczące przekroczenie limitów. W związku z tym, że odpowiedzi były anonimowe, to nie było możliwości zwrócenia się do eksperta z prośbą o weryfikację. Stąd też te opinie zostały odrzucone.

Tab. 5.3. Średnie wskaźniki spójności dla przesłanych kwestionariuszy

Ekspert	Średni CR (%)	Uwagi	Ekspert	Średni CR (%)	Uwagi
E1	9,73%	-	E17	72,88%	odrzucono
E2	9,78%		E18	9,94%	-
E3	81,82%	odrzucono	E19	10,09%	-
E4	8,50%	-	E20	10,05%	-
E5	9,91%	-	E21	10,36%	-
E6	9,94%	-	E22	8,89%	-
E7	9,04%	-	E23	8,83%	-
E8	7,83%	-	E24	9,46%	-
E9	7,00%	-	E25	61,36%	odrzucono
E10	9,97%	-	E26	10,68%	-
E11	85,10%	odrzucono	E27	10,14%	-
E12	9,93%	-	E28	10,03%	-
E13	9,97%	-	E29	9,93%	-
E14	11,30%	-	E30	10,09%	-
E15	10,86%	-	E31	9,69%	-
E16	68,46%	odrzucono	E32	9,92%	-

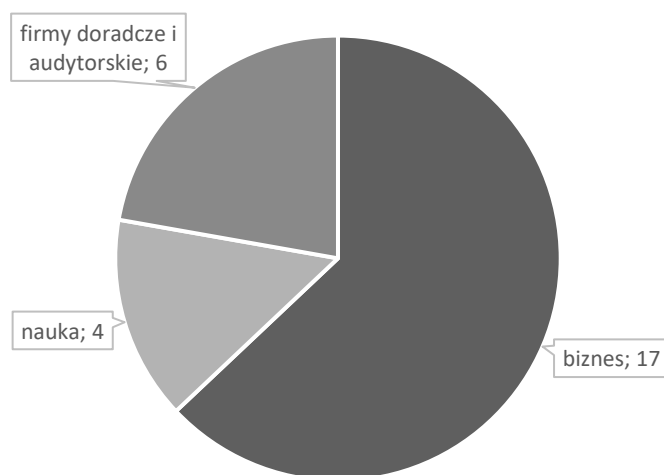
Źródło: wyniki badań.

Określając średnie wyniki dla każdego eksperta oraz dla każdej macierzy porównań (tab. 5.3) do ostatecznej analizy zakwalifikowano 27 ekspertów (84,4%). Pięciu ekspertów (15,6%) zostało wykluczonych z analizy ze względu na nadmierną niespójność ocen. Średni współczynnik spójności CR w próbie wyniósł 9,70%.

Następnie przeanalizowano profil ekspertów bazując na danych uzyskanych z części trzeciej kwestionariusza. Do dalszych analiz, w obszarze biznesowym uzyskano 17 opinii, a w obszarze naukowym 4 opinie. W związku z niewystarczającą liczbą odpowiedzi uzyskanych w

⁷ Dopuszczono ekspertów, którzy spełniali to założenie w tolerancji -0,+2%, ponieważ wynik w tolerancji dodatniej wynikał z podwyższonego wskaźnika spójności w jednej macierzy, ale mieścił się w założeniu, że nie przekroczył 30% w tejże macierzy (dotyczyło to macierzy porównania między wymiarami).

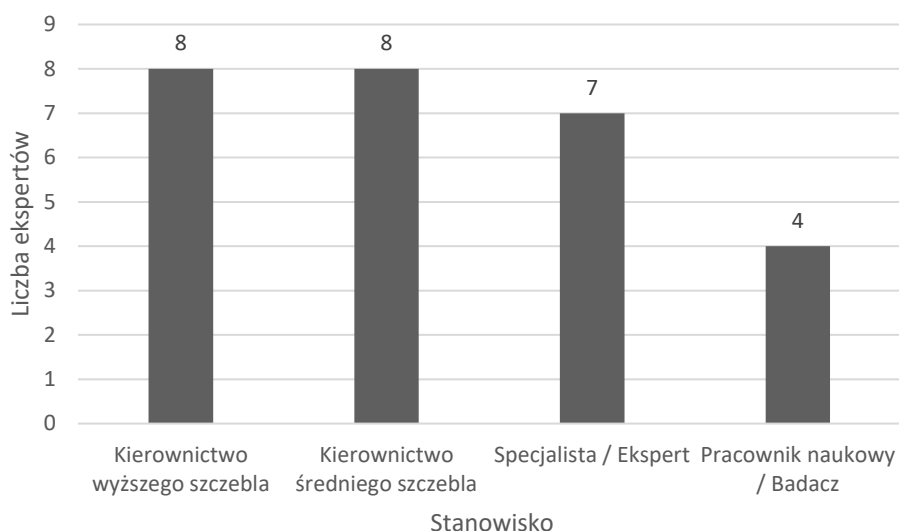
grupie administracja i jednostki wspomagające, gdzie spośród ośmiu wysłanych zapytań uzyskano jedynie dwa, z czego jeden przypadek charakteryzował się przekroczeniem dopuszczalnego wskaźnika CR, po dokonaniu analizy zgodności zdecydowano o połączeniu tej kategorii z grupą firmy doradcze i audytorskie. Zabieg ten umożliwił utrzymanie spójności danych porównawczych. Wyniki zostały zaprezentowane na rys. 5.1.



Rys. 5.1. Charakterystyka poszczególnych grup ekspertów

Źródło: wyniki badań.

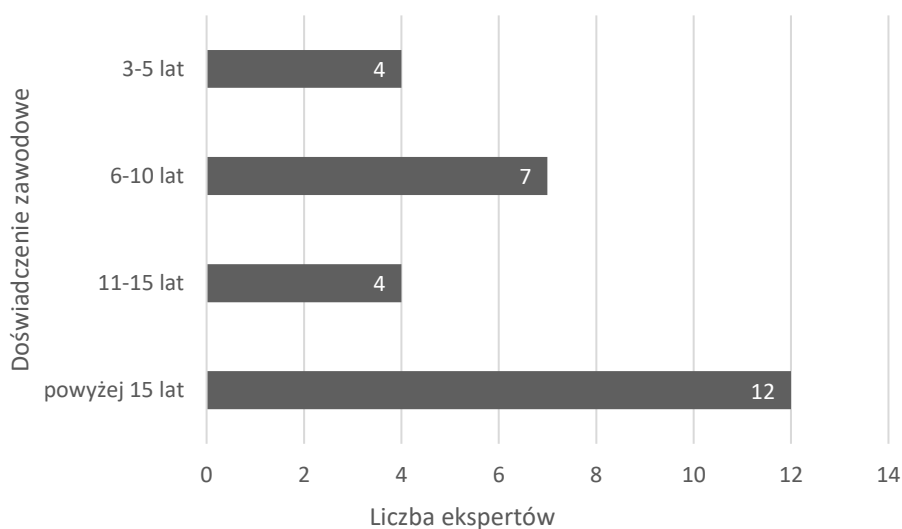
Próba charakteryzuje się trójwymiarowym zrównoważeniem perspektyw: biznesowej (17 ekspertów, 63,0%), doradczo-audytorskiej (6 ekspertów, 22,2%) oraz akademickiej (4 ekspertów, 14,8%). Ta struktura zapewnia triangulację wiedzy praktycznej, metodologicznej i teoretycznej, kluczową dla badań w obszarze transformacji cyfrowej przedsiębiorstw. Średnie wartości wskaźnika CR różnią się w zależności od analizowanych dziedzin zawodowych. W dziedzinie biznesu zaobserwowano najwyższą średnią wartość CR, wynoszącą 9,86%. Grupa reprezentująca naukę uzyskała średnią wartość CR na poziomie 9,69%. Najniższą średnią wartość CR zanotowano w kategorii firm doradczych, gdzie wyniosła ona 9,26%. Sektor biznesowy, mimo najliczniejszej reprezentacji, wykazuje jedynie nieznacznie wyższy średni CR (9,86%) niż firmy doradcze i nauka, co może odzwierciedlać większą heterogeniczność kompetencji i perspektyw w tej kategorii.



Rys. 5.2. Charakterystyka stanowisk zajmowanych przez ekspertów

Źródło: wyniki badań.

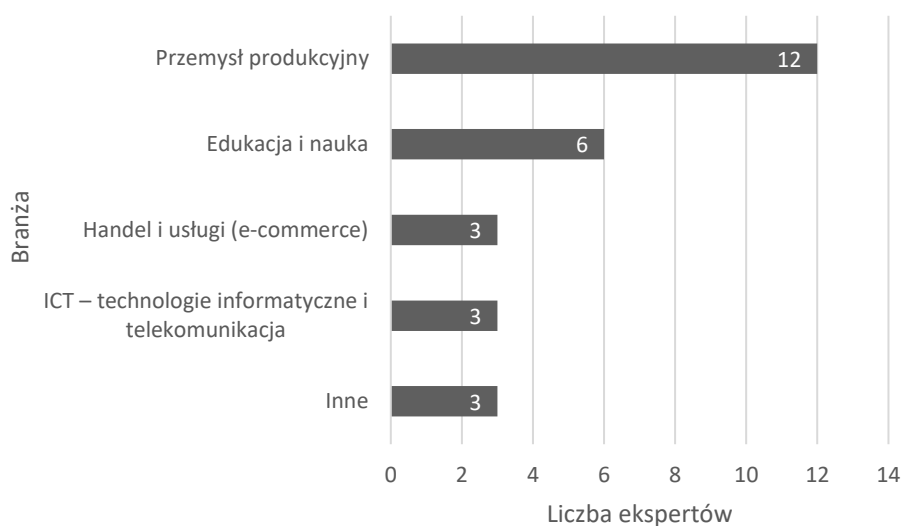
Charakterystyka funkcyjna próby została zaprezentowana na rys. 5.2 i obejmuje: kierownictwo wyższego szczebla (8 ekspertów, 29,6%), kierownictwo średniego szczebla (8 ekspertów, 29,6%), specjalistów lub ekspertów (7 ekspertów, 25,9%) oraz pracowników naukowych (4 ekspertów, 14,8%). Dominujący profil eksperta to manager wyższego szczebla z obszaru biznesowego (8 ekspertów, 29,6%), dysponujący władzą decyzyjną i odpowiedzialnością strategiczną w zakresie transformacji cyfrowej.



Rys. 5.3. Doświadczenie zawodowe ekspertów (lata)

Źródło: wyniki badań.

Zgodnie z danymi z rys. 5.3 próba charakteryzuje się wysokim poziomem doświadczenia eksperckiego: 12 ekspertów (44,4%) posiada ponad 15 lat doświadczenia, a łącznie 85,2% ekspertów (23 osoby) dysponuje doświadczeniem minimum 6-letnim. Badania Castelo-Branco i in. (2022) dotyczące modeli pomiarowych Przemysłu 4.0 angażowały ekspertów z 15-26-letnim doświadczeniem w systemach informacyjnych. Niniejsza próba prezentuje podobny profil doświadczenia.

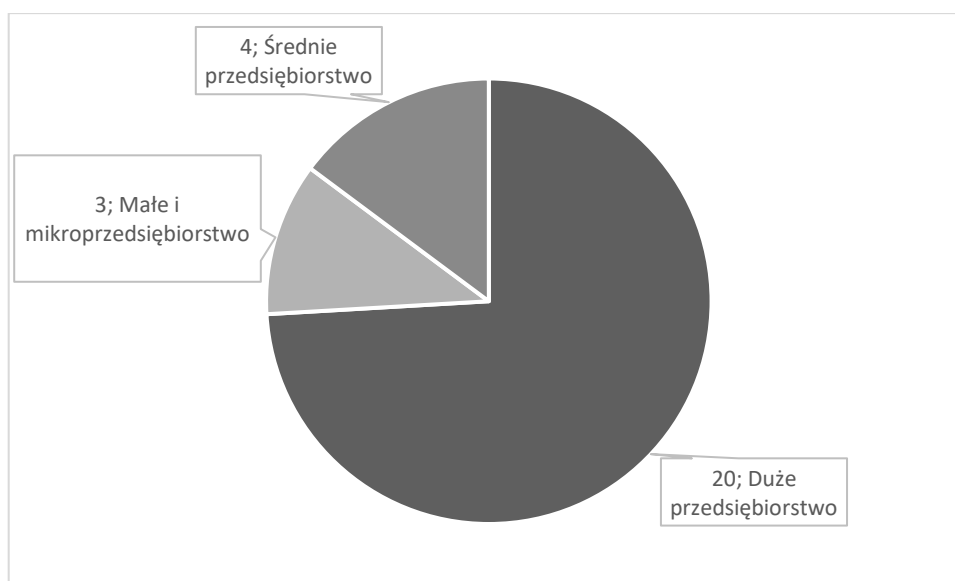


Rys. 5.4. Reprezentacja branż ekspertów

Źródło: wyniki badań.

Charakteryzując branże działalności ekspertów (rys. 5.4), to przemysł produkcyjny stanowi rdzeń próby badawczej z 12 ekspertami (44,4%), co jest adekwatne dla badań dotyczących przedsiębiorstwa 4.0, którego koncepcja powstała w kontekście transformacji sektora wytwórczego. Edukacja i nauka reprezentowana przez 6 ekspertów (22,2%) zapewnia perspektywę metodologiczną i teoretyczną, podczas gdy ICT (3 ekspertów, 11,1%) oraz e-commerce (3 ekspertów, 11,1%) wnoszą perspektywę technologiczno-cyfrową.

Klasyfikację tę można również interpretować według znaczenia dla Przemysłu 4.0, gdzie branże kluczowe (przemysł produkcyjny i ICT) stanowią 55,6% próby (15 ekspertów), branże wspierające (edukacja, certyfikacja) 25,9% (7 ekspertów), a branże powiązane (handel, energetyka, badania kliniczne) 18,5% (5 ekspertów). Ta struktura odzwierciedla koncentryczną dyfuzję koncepcji Przemysłu 4.0 od rdzenia produkcyjnego przez strefy wsparcia do sektorów aplikacyjnych.



Rys. 5.5. Struktura wielkości przedsiębiorstwa eksperta

Źródło: wyniki badań.

W odniesieniu do rys. 5.5 dominacja dużych przedsiębiorstw (20 ekspertów, 74,1%) w próbie badawczej odzwierciedla rzeczywistość implementacji Przemysłu 4.0, gdzie organizacje zatrudniające więcej niż 250 pracowników dysponują większymi zasobami finansowymi, technologicznymi i ludzkimi dla transformacji cyfrowej. Średnie przedsiębiorstwa (4 ekspertów, 11,1%) oraz małe i mikro (łącznie 3 ekspertów, 14,8%) stanowią mniejszość, co jest zgodne z strukturą adopcji technologii 4.0 w gospodarce, gdzie przedsiębiorstwa sektora MŚP napotykają większe bariery wdrożeniowe. W badaniach Pollaka i in. (2020) dotyczących implementacji koncepcji Przemysłu 4.0 w Polsce, 38% respondentów pochodziło z dużych firm, 26% ze średnich, a 18% z małych przedsiębiorstw. Niniejsza próba wykazuje większą koncentrację na dużych organizacjach, co może wynikać z założenia, że determinanty skuteczności zarządzania są łatwiejsze do obserwacji w przedsiębiorstwach o dojrzałych strukturach zarządczych i zaawansowanych procesach transformacyjnych.

Przeprowadzona analiza charakterystyk ekspertów wykazuje pożądane zróżnicowanie próby, ważne dla badań determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 pod względem triangulacji perspektyw, wielopoziomowej reprezentacji zarządzania, doświadczenia, branżowej adekwatności oraz spójności ocen. Głównym ograniczeniem jest dominacja dużych przedsiębiorstw, co może ograniczać generalizację wyników pod kątem sektora MŚP. Jednakże, koncentracja na organizacjach dysponujących zasobami dla pełnej implementacji Przemysłu 4.0 jest uzasadniona przedmiotem badania, ponieważ skuteczność zarządzania może wymagać dojrzałych struktur zarządczych i zaawansowanych procesów cyfrowych.

Tab. 5.4. Ocena zgodności preferencji ekspertów dla wymiaru organizacyjno-kulturowego

	E1	E2	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E12	E13	E14	E15	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32			
Wagi	PIZ	0,200	0,292	0,030	0,324	0,044	0,368	0,047	0,091	0,071	0,097	0,148	0,165	0,068	0,167	0,122	0,364	0,268	0,191	0,368	0,126	0,334	0,499	0,065	0,095	0,304	0,147	0,376		
	KIRP	0,102	0,036	0,329	0,336	0,290	0,158	0,198	0,152	0,173	0,346	0,091	0,406	0,189	0,149	0,185	0,058	0,145	0,252	0,144	0,178	0,108	0,209	0,028	0,112	0,105	0,137	0,271		
	KO	0,172	0,199	0,055	0,033	0,052	0,061	0,163	0,124	0,027	0,041	0,041	0,027	0,148	0,055	0,536	0,374	0,114	0,201	0,051	0,056	0,126	0,047	0,088	0,181	0,056	0,212	0,028		
	ZIM	0,100	0,289	0,149	0,120	0,151	0,148	0,198	0,290	0,472	0,272	0,173	0,266	0,265	0,249	0,050	0,050	0,220	0,090	0,206	0,245	0,083	0,100	0,344	0,396	0,277	0,261	0,154		
	WiK	0,346	0,114	0,353	0,120	0,367	0,208	0,198	0,244	0,187	0,168	0,460	0,086	0,265	0,309	0,059	0,044	0,229	0,107	0,168	0,291	0,290	0,107	0,344	0,093	0,221	0,141	0,115		
	WO	0,080	0,070	0,084	0,067	0,096	0,056	0,198	0,098	0,070	0,076	0,088	0,050	0,064	0,071	0,048	0,110	0,024	0,160	0,063	0,103	0,058	0,039	0,129	0,123	0,037	0,102	0,056		
Rangi	PIZ	2	1	6	2	6	1	6	6	4	4	3	3	5	3	3	2	1	3	1	4	1	1	5	5	1	3	1		
	KIRP	4	6	2	1	2	3	2,5	3	3	1	4	1	3	4	2	4	4	1	4	3	4	2	6	4	4	5	2		
	KO	3	3	5	6	5	5	5	4	6	6	6	6	4	6	1	1	5	2	6	6	3	5	4	2	5	2	6		
	ZIM	5	2	3	3,5	3	4	2,5	1	1	2	2	2	1,5	2	5	5	3	6	2	2	5	4	1,5	1	2	1	3		
	WiK	1	4	1	3,5	1	2	2,5	2	2	3	1	4	1,5	1	4	6	2	5	3	1	2	3	1,5	6	3	4	4		
	WO	6	5	4	5	4	6	2,5	5	5	5	5	5	6	5	6	3	6	4	5	5	6	6	3	3	6	6	5		
W=0,241;p<0,2 dan=27																														

W=0,241; p<0,2 dla n=27

Źródło: wyniki badań.

W kolejnym etapie analizy dokonano weryfikacji zgodności opinii ekspertów, wyznaczając dla każdego wektora wag odpowiednie rangi. Dla rang związanych ustalono średnią rangę, następnie obliczono współczynnik zgodności W Kendalla i określono jego statystyczną istotność. W tabeli 5.4 zaprezentowano przebieg oceny zgodności preferencji dla wymiaru organizacyjno-kulturowego. W przypadku ekspertów E5, E8, E15, E28 zastosowano rangi związane z uwagi na identyczną ocenę dwu lub więcej determinant. W tab. 5.5 zamieszczono współczynniki zgodności dla badanych wymiarów. Jak wynika z danych zamieszczonych w tab. 5.5, w poszczególnych wymiarach współczynniki zgodności są niskie. W związku z tym konieczne było przeprowadzenie redukcji szeregów preferencyjnych, co oznaczało usunięcie tych opinii, które najbardziej obniżają współczynnik zgodności. Jest to standardowe podejście w przeprowadzaniu analizy zgodności preferencji (Cabała, 2010).

Tab. 5.5. Współczynniki zgodności dla badanych wymiarów przed redukcją

Wymiar	W	<i>p</i>
Strategiczny	0,023	1,000
Organizacyjno-kulturowy	0,241	0,200
Technologiczny	0,120	1,000
Procesowy	0,174	0,900
Relacyjno-ekosystemowy	0,016	1,000
Innowacyjno-rozwojowy	0,083	1,000
Wynikowy	0,196	1,000
Porównanie wymiarów	0,145	0,700

Źródło: wyniki badań.

Przeprowadzono trzykrotną redukcję szeregów preferencyjnych. Wyniki przebiegu redukcji zaprezentowano w tab. 5.6.

Tab. 5.6. Przebieg procesu redukcji szeregów preferencyjnych wśród ekspertów

Wymiar	Wyłączeni eksperci	Opis	W Kendala	X ²	p	n
Strategiczny	-	wynik przed wyłączeniem	0,023	1,872	1,000	27
	E12, E15	wynik po wyłączeniu dwu ekspertów	0,056	4,501	1,000	25
	E13, E21	wynik po wyłączeniu czterech ekspertów	0,108	8,093	1,000	23
	E7, E24	wynik po wyłączeniu sześciu ekspertów	0,176	12,126	0,950	21
Organizacyjno-kulturowy	-	wynik przed wyłączeniem	0,241	32,500	0,200	27
	E20, E29	wynik po wyłączeniu dwu ekspertów	0,324	43,762	0,010	25
	E19, E22	wynik po wyłączeniu czterech ekspertów	0,404	50,476	0,001	23
	E8, E28	wynik po wyłączeniu sześciu ekspertów	0,460	52,896	0,001	21
Technologiczny	-	wynik przed wyłączeniem	0,120	6,473	1,000	27
	E1, E29	wynik po wyłączeniu dwu ekspertów	0,174	9,414	1,000	25
	E2, E18	wynik po wyłączeniu czterech ekspertów	0,243	12,139	0,980	23
	E31, E32	wynik po wyłączeniu sześciu ekspertów	0,302	13,910	0,900	21
Procesowy	-	wynik przed wyłączeniem	0,174	18,828	0,900	27
	E6, E15	wynik po wyłączeniu dwu ekspertów	0,251	27,068	0,500	25
	E23, E31	wynik po wyłączeniu czterech ekspertów	0,318	31,784	0,100	23
	E2, E14	wynik po wyłączeniu sześciu ekspertów	0,372	34,226	0,050	21
Relacyjno-ekosystemowy	-	wynik przed wyłączeniem	0,016	1,693	1,000	27
	E14, E30	wynik po wyłączeniu dwu ekspertów	0,078	8,444	1,000	25
	E4, E7	wynik po wyłączeniu czterech ekspertów	0,132	13,211	0,950	23
	E8, E27	wynik po wyłączeniu sześciu ekspertów	0,199	18,347	0,700	21
Innowacyjny-rozwojowy	-	wynik przed wyłączeniem	0,083	6,719	1,000	27
	E27, E30	wynik po wyłączeniu dwu ekspertów	0,127	10,270	1,000	25
	E18, E29	wynik po wyłączeniu czterech ekspertów	0,196	14,695	0,900	23
	E23, E24	wynik po wyłączeniu sześciu ekspertów	0,270	18,619	0,700	21
Wynikowy	-	wynik przed wyłączeniem	0,196	10,563	1,000	27
	E8, E26	wynik po wyłączeniu dwu ekspertów	0,234	12,657	0,980	25
	E12, E21	wynik po wyłączeniu czterech ekspertów	0,333	16,632	0,800	23
	E18, E28	wynik po wyłączeniu sześciu ekspertów	0,427	19,647	0,500	21
Porównanie wymiarów	-	wynik przed wyłączeniem	0,145	23,508	0,700	27
	E13, E21	wynik po wyłączeniu dwu ekspertów	0,222	36,004	0,100	25
	E12, E20	wynik po wyłączeniu czterech ekspertów	0,273	40,992	0,010	23
	E8, E22	wynik po wyłączeniu sześciu ekspertów	0,294	40,512	0,010	21

Źródło: wyniki badań.

Tab. 5.7 prezentuje macierz korelacji rang, a tab.5.8 tablicę eliminacyjną dla wymiaru organizacyjno-kulturowego, w którym zidentyfikowano niską zgodność szeregow, a którą dzięki redukcji sześciu ekspertów udało się doprowadzić do właściwej zgodności i istotności statystycznej. Zgodnie z wartościami podanymi w tablicy eliminacyjnej, usunięcie opinii eksperta E28 podniosło współczynnik zgodności do wartości 0,460 przy $p < 0,001$.

Niski poziom zgodności w analizowanych obszarach może wynikać z kilku przyczyn. Pierwszą z nich może być wysoka heterogeniczność próby badawczej, która była celowym założeniem badań, aby zwiększyć trafność identyfikacji determinant. Podejścia do definiowania specyfiki skuteczności zarządzania, jak i samej charakterystyki przedsiębiorstwa 4.0 są bardzo różnorodne wśród grup ekspertów. Perspektywa biznesowa to perspektywa praktyczna, operacyjna, zorientowana na wyniki. Firmy doradcze zwracają uwagę na perspektywę metodologiczną, systemową i procesową. Z kolei środowisko naukowe może reprezentować perspektywę teoretyczną i badawczą. Następnie heterogeniczność próby widoczna jest poprzez zróżnicowanie branżowe. Branża przemysłu produkcyjnego może mieć inne priorytety (jak np. efektywność operacyjna czy automatyzacja) niż edukacja i nauka, które skupiają się bardziej na innowacjach czy rozwoju kompetencji. Na różnorodność może również mieć wpływ zróżnicowanie hierarchiczne ekspertów, którzy w zależności od pełnionej funkcji mogą mieć perspektywę strategiczną, operacyjną, techniczną czy badawczą.

Kolejnym aspektem, który może implikować niską spójność jest brak jednoznacznej definicji przedsiębiorstwa 4.0. Wprawdzie eksperci w opisie kwestionariusza otrzymali pogładową charakterystykę przedsiębiorstwa 4.0, niemniej jednak wyniki wywiadów eksperckich wskazały na odmienne rozumienie zarówno definicji przedsiębiorstwa 4.0, jak i specyfiki skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 (podrozdział 4.3). Potwierdza to hipotezę, że różnice w sposobie definiowania przedsiębiorstwa 4.0 mają znaczenie dla identyfikacji i oceny ważności determinant skuteczności przez ekspertów. Dodatkowo, jedno z najnowszych badań międzynarodowych opublikowanych np. przez Herrera-Vidal i in. ((2025)) jednoznacznie wskazały na rosnącą złożoność systemów produkcyjnych w przedsiębiorstwie 4.0, co może przekładać się na zwiększenie trudności w rozumieniu i określaniu ważności determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.

Tab. 5.7. Macierz korelacji rang dla wymiaru organizacyjno-kulturowego

	E1	E2	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E12	E13	E14	E15	E18	E21	E23	E24	E26	E27	E28	E30	E31	E32
E1	1,00	0,31	0,09	0,20	0,09	0,77	-0,44	-0,03	0,09	-0,03	0,43	-0,09	0,32	0,43	0,71	0,31	0,31	0,94	0,60	-0,03	0,49	0,20	0,20
E2	0,31	1,00	-0,60	-0,09	-0,60	0,37	-0,68	-0,14	0,09	-0,26	0,26	-0,09	0,03	0,26	0,60	0,60	-0,03	0,49	0,26	0,20	0,71	0,77	0,26
E4	0,09	-0,60	1,00	0,26	1,00	0,09	0,85	0,77	0,66	0,66	0,54	0,37	0,72	0,54	0,03	-0,03	0,77	-0,20	0,03	0,38	-0,09	-0,26	-0,03
E5	0,20	-0,09	0,26	1,00	0,26	0,72	0,07	0,06	0,52	0,81	0,46	0,90	0,24	0,46	0,58	0,64	0,52	0,29	0,87	-0,47	0,58	-0,17	0,93
E6	0,09	-0,60	1,00	0,26	1,00	0,09	0,85	0,77	0,66	0,66	0,54	0,37	0,72	0,54	0,03	-0,03	0,77	-0,20	0,03	0,38	-0,09	-0,26	-0,03
E7	0,77	0,37	0,09	0,72	0,09	1,00	-0,34	-0,03	0,43	0,43	0,66	0,49	0,32	0,66	0,94	0,77	0,54	0,83	0,94	-0,20	0,83	0,14	0,77
E8	-0,44	-0,68	0,85	0,07	0,85	-0,34	1,00	0,68	0,54	0,54	0,30	0,30	0,45	0,30	-0,34	-0,17	0,54	-0,68	-0,34	0,45	-0,34	-0,37	-0,17
E9	-0,03	-0,14	0,77	0,06	0,77	-0,03	0,68	1,00	0,77	0,60	0,54	0,37	0,93	0,54	0,09	0,09	0,71	-0,26	-0,09	0,58	0,14	0,37	-0,09
E10	0,09	0,09	0,66	0,52	0,66	0,43	0,54	0,77	1,00	0,83	0,89	0,71	0,81	0,89	0,54	0,66	0,94	-0,03	0,37	0,46	0,60	0,26	0,49
E12	-0,03	-0,26	0,66	0,81	0,66	0,43	0,54	0,60	0,83	1,00	0,60	0,94	0,64	0,60	0,37	0,49	0,77	-0,09	0,54	-0,06	0,43	-0,03	0,66
E13	0,43	0,26	0,54	0,46	0,54	0,66	0,30	0,54	0,89	0,60	1,00	0,49	0,70	1,00	0,77	0,77	0,94	0,31	0,49	0,52	0,71	0,20	0,49
E14	-0,09	-0,09	0,37	0,90	0,37	0,49	0,30	0,37	0,71	0,94	0,49	1,00	0,43	0,49	0,43	0,60	0,60	-0,03	0,66	-0,26	0,54	0,03	0,83
E15	0,32	0,03	0,72	0,24	0,72	0,32	0,45	0,93	0,81	0,64	0,70	0,43	1,00	0,70	0,41	0,29	0,81	0,12	0,23	0,47	0,41	0,46	0,12
E18	0,43	0,26	0,54	0,46	0,54	0,66	0,30	0,54	0,89	0,60	1,00	0,49	0,70	1,00	0,77	0,77	0,94	0,31	0,49	0,52	0,71	0,20	0,49
E21	0,71	0,60	0,03	0,58	0,03	0,94	-0,34	0,09	0,54	0,37	0,77	0,43	0,41	0,77	1,00	0,89	0,60	0,77	0,83	0,06	0,94	0,37	0,71
E23	0,31	0,60	-0,03	0,64	-0,03	0,77	-0,17	0,09	0,66	0,49	0,77	0,60	0,29	0,77	0,89	1,00	0,60	0,43	0,71	0,12	0,94	0,31	0,83
E24	0,31	-0,03	0,77	0,52	0,77	0,54	0,54	0,71	0,94	0,77	0,94	0,60	0,81	0,94	0,60	0,60	1,00	0,14	0,43	0,46	0,54	0,09	0,43
E26	0,94	0,49	-0,20	0,29	-0,20	0,83	-0,68	-0,26	-0,03	-0,09	0,31	-0,03	0,12	0,31	0,77	0,43	0,14	1,00	0,71	-0,23	0,60	0,26	0,37
E27	0,60	0,26	0,03	0,87	0,03	0,94	-0,34	-0,09	0,37	0,54	0,49	0,66	0,23	0,49	0,83	0,71	0,43	0,71	1,00	-0,46	0,77	0,09	0,89
E28	-0,03	0,20	0,38	-0,47	0,38	-0,20	0,45	0,58	0,46	-0,06	0,52	-0,26	0,47	0,52	0,06	0,12	0,46	-0,23	-0,46	1,00	0,06	0,29	-0,41
E30	0,49	0,71	-0,09	0,58	-0,09	0,83	-0,34	0,14	0,60	0,43	0,71	0,54	0,41	0,71	0,94	0,94	0,54	0,60	0,77	0,06	1,00	0,54	0,77
E31	0,20	0,77	-0,26	-0,17	-0,26	0,14	-0,37	0,37	0,26	-0,03	0,20	0,03	0,46	0,20	0,37	0,31	0,09	0,26	0,09	0,29	0,54	1,00	0,03
E32	0,20	0,26	-0,03	0,93	-0,03	0,77	-0,17	-0,09	0,49	0,66	0,49	0,83	0,12	0,49	0,71	0,83	0,43	0,37	0,89	-0,41	0,77	0,03	1,00

Źródło: wyniki badań.

Tab. 5.8. Tablica eliminacyjna dla wymiaru organizacyjno-kulturowego

	E1	E2	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E12	E13	E14	E15	E18	E21	E23	E24	E26	E27	E28	E30	E31	E32
E1	0,41																						
E2	0,44	0,43																					
E4	0,42	0,44	0,41																				
E5	0,41	0,43	0,41	0,40																			
E6	0,42	0,44	0,42	0,41	0,41																		
E7	0,41	0,42	0,40	0,40	0,40	0,40																	
E8	0,44	0,46	0,44	0,43	0,44	0,42	0,43																
E9	0,42	0,43	0,42	0,41	0,42	0,40	0,44	0,41															
E10	0,40	0,41	0,40	0,39	0,40	0,38	0,42	0,39	0,39														
E12	0,41	0,42	0,41	0,40	0,41	0,39	0,43	0,40	0,38	0,40													
E13	0,40	0,41	0,40	0,39	0,40	0,38	0,41	0,39	0,37	0,38	0,39												
E14	0,41	0,43	0,41	0,40	0,41	0,39	0,43	0,41	0,39	0,40	0,38	0,40											
E15	0,41	0,42	0,41	0,39	0,41	0,39	0,43	0,40	0,38	0,39	0,38	0,39	0,40										
E18	0,40	0,41	0,40	0,39	0,40	0,38	0,41	0,39	0,37	0,38	0,37	0,38	0,38	0,39									
E21	0,41	0,42	0,40	0,39	0,40	0,39	0,42	0,40	0,38	0,39	0,38	0,39	0,38	0,38	0,39								
E23	0,41	0,42	0,40	0,40	0,40	0,39	0,42	0,40	0,38	0,39	0,38	0,39	0,39	0,38	0,39	0,40							
E24	0,40	0,41	0,40	0,39	0,40	0,38	0,42	0,39	0,37	0,38	0,37	0,38	0,38	0,37	0,38	0,38	0,39						
E26	0,44	0,45	0,43	0,42	0,43	0,42	0,45	0,42	0,40	0,41	0,40	0,42	0,41	0,40	0,41	0,41	0,40	0,42					
E27	0,41	0,43	0,41	0,40	0,41	0,40	0,43	0,40	0,39	0,40	0,38	0,40	0,39	0,38	0,39	0,39	0,38	0,42	0,40				
E28	0,44	0,46	0,44	0,43	0,44	0,42	0,46	0,44	0,41	0,42	0,41	0,42	0,42	0,41	0,42	0,42	0,41	0,44	0,42	0,43			
E30	0,41	0,42	0,40	0,39	0,40	0,39	0,42	0,40	0,38	0,39	0,38	0,39	0,39	0,38	0,38	0,39	0,38	0,41	0,39	0,42	0,39		
E31	0,44	0,46	0,43	0,42	0,43	0,42	0,45	0,43	0,41	0,42	0,41	0,42	0,42	0,41	0,42	0,42	0,41	0,44	0,42	0,45	0,42	0,42	
E32	0,42	0,43	0,41	0,41	0,41	0,40	0,43	0,41	0,39	0,40	0,39	0,40	0,39	0,39	0,39	0,40	0,39	0,42	0,40	0,43	0,40	0,43	0,40

Źródło: wyniki badań.

Po przeprowadzeniu oceny spójności i zgodności określono ostateczne wagi dla poszczególnych determinant i wymiarów. Wagi zostało wyznaczone jako średnia wag przyznanych przez ekspertów (z wyłączeniem zredukowanych szeregów preferencyjnych). W tab. 5.9 zaprezentowane zostały współczynniki wagowe dla poszczególnych determinant i wymiarów. Zgodnie z opinią ekspertów najważniejszym wymiarem skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 jest wymiar strategiczny. Kolejnymi wymiarami są wymiar procesowy, wynikowy, innowacyjno-rozwojowy, a następnie na podobnym poziomie znalazły się wymiary organizacyjno-kulturowy i technologiczny. Najmniejszą wagność uzyskał wymiar relacyjno-ekosystemowy.

Tab. 5.9. Współczynniki wagowe dla determinant oraz wymiarów

Wymiar strategiczny		Wymiar innowacyjno-rozwojowy	
Planowanie strategiczne	0,352	Zdolność innowacyjna	0,217
Implementacja strategii	0,240	Efektywność rozwoju produktu	0,159
Wyznaczanie celów	0,254	Kapitał ludzki w innowacjach	0,360
Zarządzanie ryzykiem	0,153	Jakość procesów i produktów	0,265
Wymiar organizacyjno-kulturowy		Wymiar wynikowy	
Przywództwo i zarządzanie	0,214	wyniki finansowe	0,584
Kompetencje i rozwój pracowników	0,193	wyniki rynkowe	0,253
Kultura organizacyjna	0,082	wyniki organizacyjne	0,163
Zaangażowanie i motywacja	0,214	Porównanie wymiarów	
Współpraca i komunikacja	0,228	wymiar strategiczny	0,278
Wsparcie organizacyjne	0,069	wymiar organizacyjno-kulturowy	0,112
Wymiar technologiczny		wymiar technologiczny	0,112
Infrastruktura cyfrowa	0,154	wymiar procesowy	0,119
Zaawansowanie technologiczne	0,408	wymiar relacyjno-ekosystemowy	0,075
Bezpieczeństwo i niezawodność	0,437	wymiar innowacyjno-rozwojowy	0,118
Wymiar procesowy		wymiar wynikowy	0,186
Efektywność operacyjna	0,247		
Zarządzanie czasem i terminowością	0,197		
Doskonalenie procesów	0,308		
Monitorowanie i kontrola	0,135		
Infrastruktura techniczna	0,114		
Wymiar relacyjno-ekosystemowy			
Orientacja na klienta	0,301		
Współpraca w ekosystemie	0,215		
Adaptacja do otoczenia	0,194		
Dostępność i wsparcie	0,135		
Wartość dla interesariuszy	0,155		

Źródło: wyniki badań.

W celu identyfikacji kluczowego zbioru determinant skuteczności zarządzania przeprowadzono analizę Pareto dla każdego z siedmiu wymiarów modelu. Zgodnie z zasadą 80/20, determinanty w każdym wymiarze uporządkowano według wag malejąco i obliczono procent wagi kumulowanej. Determinanty kumulujące do 80% wagi (strefa A) uznano za kluczowe dla danego wymiaru (tab. 5.10).

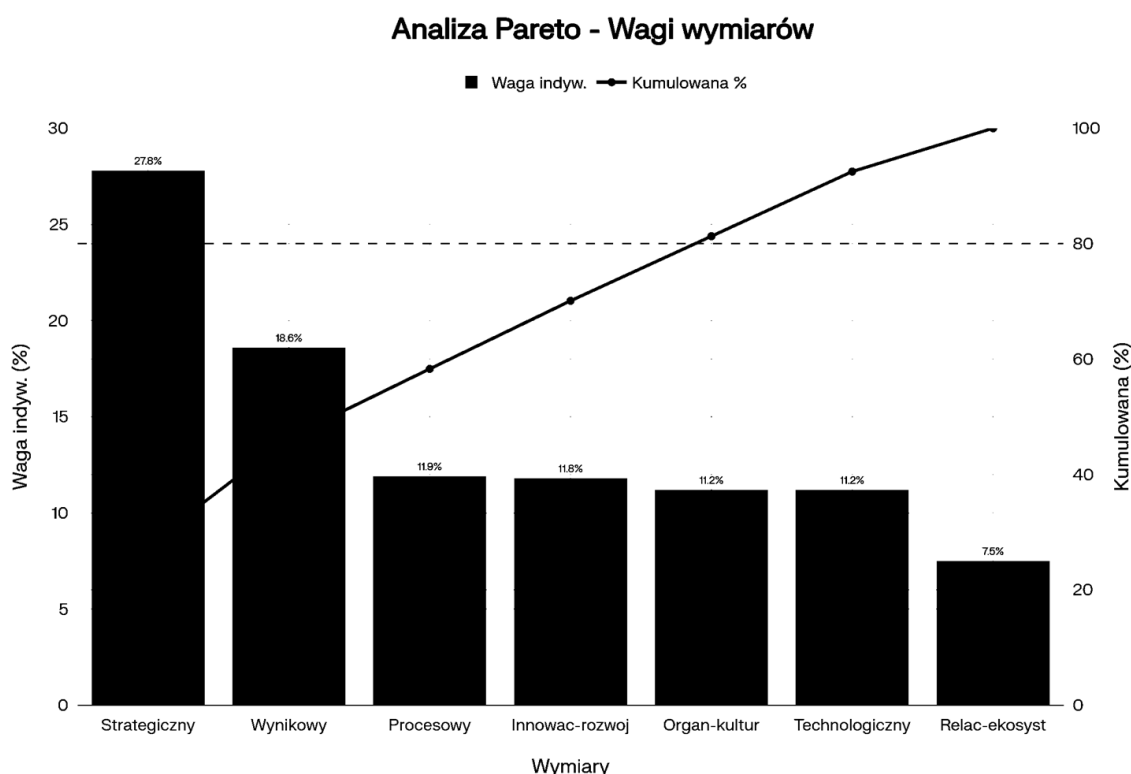
Tab. 5.10. Współczynniki wagowe dla determinant oraz wymiarów po analizie Pareto

Wymiar strategiczny		Kategoria	Wymiar innowacyjno-rozwojowy		Kategoria
Planowanie strategiczne	0,352	A	Kapitał ludzki w innowacjach	0,360	A
Wyznaczanie celów	0,254	A	Jakość procesów i produktów	0,265	A
Implementacja strategii	0,240	B	Zdolność innowacyjna	0,217	B
Zarządzanie ryzykiem	0,153	C	Efektywność rozwoju produktu	0,159	C
Wymiar organizacyjno-kulturowy		Kategoria	Wymiar wynikowy		Kategoria
Współpraca i komunikacja	0,228	A	wyniki finansowe	0,584	A
Zaangażowanie i motywacja	0,214	A	wyniki rynkowe	0,253	B
Przywództwo i zarządzanie	0,214	A	wyniki organizacyjne	0,163	C
Kompetencje i rozwój pracowników	0,193	B	Porównanie wymiarów		Kategoria
Kultura organizacyjna	0,082	B	wymiar strategiczny	0,278	A
Wsparcie organizacyjne	0,069	C	wymiar wynikowy	0,186	A
Wymiar technologiczny		Kategoria	wymiar procesowy	0,119	A
Bezpieczeństwo i niezawodność	0,437	A	wymiar innowacyjno-rozwojowy	0,118	A
Zaawansowanie technologiczne	0,408	B	wymiar technologiczny	0,112	B
Infrastruktura cyfrowa	0,154	C	wymiar organizacyjno-kulturowy	0,112	B
Wymiar procesowy		Kategoria	wymiar relacyjno-ekosystemowy	0,075	C
Doskonalenie procesów	0,308	A			
Efektywność operacyjna	0,247	A			
Zarządzanie czasem i terminowością	0,197	A			
Monitorowanie i kontrola	0,135	B			
Infrastruktura techniczna	0,114	C			
Wymiar relacyjno-ekosystemowy		Kategoria			
Orientacja na klienta	0,301	A			
Współpraca w ekosystemie	0,215	A			
Adaptacja do otoczenia	0,194	A			
Wartość dla interesariuszy	0,155	B			
Dostępność i wsparcie	0,135	C			

Zródło: wyniki badań.

Analiza Pareto wykazała, że 15 determinant stanowi kluczowy zbiór, obejmujący reprezentację wszystkich siedmiu wymiarów skuteczności zarządzania. Na tej podstawie do głównych determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 zaliczyć można według wymiaru:

- strategicznego (planowanie strategiczne i wyznaczanie celów),
- organizacyjno-kulturowego (współpracę i komunikację, przywództwo i zarządzania, zaangażowanie i motywację),
- technologicznego (bezpieczeństwo i niezawodność),
- procesowego (doskonalenie procesów, efektywność operacyjna, zarządzanie czasem i terminowością),
- relacyjno-ekosystemowego (orientacja na klienta, współpraca w ekosystemie, adaptacja do otoczenia),
- innowacyjno-rozwojowego (kapitał ludzki w innowacjach, jakość procesów i produktów),
- wynikowego (wyniki finansowe).



Rys. 5.6. Analiza Pareto wag wymiarów skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

Źródło: wyniki badań.

Dodatkowo analiza wag wymiarów wskazuje na cztery główne wymiary skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Należą do nich wymiar strategiczny, wynikowy, procesowy, innowacyjno-rozwojowy i kumulując ponad 70% całkowitej wagi (rys. 5.6).

Analiza przeprowadzona pośród ekspertów z różnych grup zawodowych wykazała, że spośród trzydziestu zidentyfikowanych determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0, piętnaście czynników można uznać za kluczowe. Oznacza to, że połowa pierwotnego katalogu determinant w największym stopniu wyjaśnia skuteczność zarządzania, podczas gdy pozostałe pełnią funkcję uzupełniającą. Uzyskane wyniki jednoznacznie potwierdzają główną hipotezę badawczą rozprawy wskazującą, że możliwe jest określenie ograniczonej liczby determinant, które pozwalają wyrazić skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.

5.2. Determinanty w kontekście różnic w definiowaniu przedsiębiorstwa 4.0 przez grupy eksperckie

W niniejszym podrozdziale przedstawione zostały determinanty zidentyfikowane w przez grupy eksperckie zaangażowane w badanie: przedstawiciele biznesu, środowiska naukowego oraz firm doradczych, przy połączeniu administracji z doradztwem. Pozwoliło to lepiej zrozumieć, jakie czynniki są kluczowe dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.

Na początek oceniono stopień zgodności ocen w każdej grupie przy użyciu współczynnika W Kendalla, który pozwala zweryfikować spójność preferencji ekspertów. W tab. 5.11 przedstawiono wyniki dla ekspertów pochodzących z biznesu przed redukcją oraz po redukcji szeregów preferencyjnych, co było konieczne w związku niskim współczynnikiem spójności.

Tab. 5.11. Współczynniki zgodności ekspertów biznesowych dla badanych wymiarów przed redukcją i po redukcji

Wymiar	Przed redukcją		Po redukcji	
	W	<i>p</i>	W	<i>p</i>
Strategiczny	0,015	1,000	0,061	0,990
Organizacyjno-kulturowy	0,335	0,050	0,455	0,001
Technologiczny	0,154	1,000	0,241	0,900
Procesowy	0,142	0,900	0,230	0,500
Relacyjno-ekosystemowy	0,085	1,000	0,184	0,700
Innowacyjno-rozwojowy	0,082	1,000	0,174	0,900
Wynikowy	0,280	0,900	0,459	0,500
Porównanie wymiarów	0,184	0,300	0,301	0,010

Zródło: wyniki badań.

Redukcja szeregów preferencyjnych wymiarów i wykluczenie dwu ekspertów skutkowało wyższymi wartościami współczynnika W Kendalla dla większości wymiarów. W wyniki wykluczenia liczba uwzględnionych ekspertów zmniejszyła się z 17 do 15. Pozwoliło to

uzyskać istotne statystycznie wyniki dla wymiaru organizacyjno-kulturowego. Niemniej jednak widoczna jest duża heterogeniczność grupy, co przekłada się na niski poziom zgodności wśród ekspertów biznesowych, a także ma znaczenie dla całościowej analizy spójności przedstawionej w podrozdziale 5.1. Kolejną analizowaną grupą byli eksperci z firm doradczych wraz z przedstawicielem administracji (tab. 5.12), czego powód został opisany szerzej w podrozdziale 5.1.

Tab. 5.12. Współczynniki zgodności ekspertów firm doradczych dla badanych wymiarów przed redukcją i po redukcji

Wymiar	Przed redukcją		Po redukcji	
	W	p	W	p
Strategiczny	0,088	0,950	0,506	0,050
Organizacyjno-kulturowy	0,105	0,700	0,413	0,010
Technologiczny	0,051	0,700	0,467	0,200
Procesowy	0,396	0,100	0,700	0,001
Relacyjno-ekosystemowy	0,126	0,700	0,630	0,010
Innowacyjno-rozwojowy	0,122	0,800	0,425	0,100
Wynikowy	0,287	0,700	0,700	0,050
Porównanie wymiarów	0,294	0,050	0,683	0,001

Źródło: wyniki badań.

W badanej grupie znajduje się sześciu ekspertów, a po redukcji czterech. Redukcja szeregów preferencyjnych pozwoliła uzyskać wyraźną poprawę zgodności w większości przypadków. Kolejna grupa to eksperci naukowci. Jako, że liczyła ona czterech ekspertów, to nie podejmowano redukcji (tab. 5.13).

Tab. 5.13. Współczynniki zgodności ekspertów naukowych dla badanych wymiarów

Wymiar	W	p
Strategiczny	0,160	0,700
Organizacyjno-kulturowy	0,450	0,050
Technologiczny	0,482	0,300
Procesowy	0,506	0,050
Relacyjno-ekosystemowy	0,636	0,020
Innowacyjno-rozwojowy	0,175	0,700
Wynikowy	0,712	0,200
Porównanie wymiarów	0,310	0,100

Źródło: opracowanie własne.

Eksperti naukowci wykazują częściową zgodność, bardzo wysoką w wymiarach relacyjno-ekosystemowym (0,636) i wynikowym (0,712), umiarkowaną w wymiarach organizacyjno-kulturowym (0,450) i technologicznym (0,482), oraz niską w wymiarach strategicznym (0,160) i innowacyjno-rozwojowym (0,175).

Grupa doradcza wykazuje najwyższą średnią zgodność we wszystkich wymiarach oraz najwięcej wymiarów istotnych statystycznie. Eksperti naukowcy osiągają najwyższą zgodność w wymiarach relacyjno-ekosystemowym i wynikowym, co odzwierciedla ich zainteresowanie systemowym podejściem i mierzalnością efektów. Eksperti biznesowi wykazują najniższą zgodność w większości wymiarów, co sugeruje wysoką różnorodność praktyk i kontekstów w rzeczywistych przedsiębiorstwach. Do wymiarów o najwyższej zgodności we wszystkich grupach należy wymiar organizacyjno-kulturowy. Wymiar relacyjno-ekosystemowy ma największą zgodność między grupą doradczą i naukową, podobnie jest z wymiarem wynikowym. Niska zgodność w wymiarach strategicznym i innowacyjno-rozwojowym mogą wskazywać na brak wspólnego rozumienia aspektów strategicznych, a także rozbieżne punkty widzenia na innowacje i rozwój. Grupa biznesowa, mimo najniższej zgodności, dostarcza najbardziej autentycznego obrazu rzeczywistej różnorodności implementacji Przemysłu 4.0 w praktyce gospodarczej.

W kolejnej części zestawiono wyniki rangowania determinant skuteczności zarządzania przez każdą grupę ekspercką (tab. 5.14).

Tab. 5.14. Współczynniki wagowe dla wymiarów i determinant w grupach eksperckich

Wymiar/determinanta	biznes	doradztwo	nauka
Wymiar strategiczny			
Planowanie strategiczne	0,306	0,409	0,323
Implementacja strategii	0,292	0,115	0,186
Wyznaczanie celów	0,223	0,272	0,303
Zarządzanie ryzykiem	0,180	0,205	0,188
Wymiar organizacyjno-kulturowy			
Przywództwo i zarządzanie	0,188	0,112	0,290
Kompetencje i rozwój pracowników	0,204	0,165	0,162
Kultura organizacyjna	0,084	0,090	0,123
Zaangażowanie i motywacja	0,227	0,242	0,150
Współpraca i komunikacja	0,221	0,279	0,198
Wsparcie organizacyjne	0,075	0,112	0,076
Wymiar technologiczny			
Infrastruktura cyfrowa	0,209	0,207	0,121
Zaawansowanie technologiczne	0,333	0,509	0,414
Bezpieczeństwo i niezawodność	0,458	0,284	0,465
Wymiar procesowy			
Efektywność operacyjna	0,277	0,208	0,183
Zarządzanie czasem i terminowością	0,218	0,089	0,166
Doskonalenie procesów	0,228	0,406	0,382
Monitorowanie i kontrola	0,140	0,134	0,105
Infrastruktura techniczna	0,137	0,162	0,165
Wymiar relacyjno-ekosystemowy			
Orientacja na klienta	0,304	0,073	0,221

Współpraca w ekosystemie	0,186	0,185	0,358
Adaptacja do otoczenia	0,195	0,261	0,252
Dostępność i wsparcie	0,153	0,357	0,071
Wartość dla interesariuszy	0,161	0,124	0,098
Wymiar innowacyjno-rozwojowy			
Zdolność innowacyjna	0,223	0,246	0,282
Efektywność rozwoju produktu	0,176	0,115	0,188
Kapitał ludzki w innowacjach	0,341	0,367	0,209
Jakość procesów i produktów	0,260	0,273	0,320
Wymiar wynikowy			
wyniki finansowe	0,595	0,681	0,256
wyniki rynkowe	0,231	0,205	0,521
wyniki organizacyjne	0,174	0,114	0,223
Porównanie wymiarów			
wymiar strategiczny	0,276	0,290	0,198
wymiar organizacyjno-kulturowy	0,107	0,147	0,152
wymiar technologiczny	0,118	0,098	0,071
wymiar procesowy	0,115	0,104	0,150
wymiar relacyjno-ekosystemowy	0,071	0,040	0,223
wymiar innowacyjno-rozwojowy	0,131	0,069	0,138
wymiar wynikowy	0,181	0,252	0,069

Źródło: wyniki badań.

Następnie uporządkowano determinanty i porównanie wymiarów w kolejności od najbardziej ważnego do najmniej ważnego. W tab. 5.15 znajduje się prezentacja posortowanych determinant dla grupy ekspertów z biznesu.

Tab. 5.15. Współczynniki wagowe dla determinant i wymiarów w grupie biznesowej klasyfikowane według ważności

Wymiar strategiczny		Wymiar innowacyjno-rozwojowy	
Planowanie strategiczne	0,306	Kapitał ludzki w innowacjach	0,341
Implementacja strategii	0,292	Jakość procesów i produktów	0,260
Wyznaczanie celów	0,223	Zdolność innowacyjna	0,223
Zarządzanie ryzykiem	0,180	Efektywność rozwoju produktu	0,176
Wymiar organizacyjno-kulturowy		Wymiar wynikowy	
Zaangażowanie i motywacja	0,227	wyniki finansowe	0,595
Współpraca i komunikacja	0,221	wyniki rynkowe	0,231
Kompetencje i rozwój pracowników	0,204	wyniki organizacyjne	0,174
Przywództwo i zarządzanie	0,188	Porównanie wymiarów	
Kultura organizacyjna	0,084	wymiar strategiczny	0,276
Wsparcie organizacyjne	0,075	wymiar wynikowy	0,181
Wymiar technologiczny		wymiar innowacyjno-rozwojowy	0,131
Bezpieczeństwo i niezawodność	0,458	wymiar technologiczny	0,118
Zaawansowanie technologiczne	0,333	wymiar procesowy	0,115
Infrastruktura cyfrowa	0,209	wymiar organizacyjno-kulturowy	0,107
Wymiar procesowy		wymiar relacyjno-ekosystemowy	0,071

Efektywność operacyjna	0,277
Doskonalenie procesów	0,228
Zarządzanie czasem i terminowością	0,218
Monitorowanie i kontrola	0,140
Infrastruktura techniczna	0,137
Wymiar relacyjno-ekosystemowy	
Orientacja na klienta	0,304
Adaptacja do otoczenia	0,195
Współpraca w ekosystemie	0,186
Wartość dla interesariuszy	0,161
Dostępność i wsparcie	0,153

Źródło: wyniki badań.

Definicja biznesu dedykowana realiom przedsiębiorstwa 4.0 akcentuje kluczowe znaczenie szybkiego podejmowania decyzji opartego na wiarygodnych danych, świadomości organizacyjnej pracowników oraz szeroko rozumianej skuteczności działań operacyjnych. W świetle przeprowadzonych analiz wyodrębniono i oceniono zestaw determinant skuteczności, nadając im zróżnicowane wagi odzwierciedlające ich znaczenie w percepcji ekspertów branżowych. Najwyżej ocenione determinanty to: wyniki finansowe, planowanie strategiczne, zaangażowanie i motywacja, bezpieczeństwo i niezawodność, efektywność operacyjna, orientacja na klienta, kapitał ludzki w innowacjach, a z porównania wymiarów to wymiar strategiczny. Wyniki analizy potwierdzają opinie z wywiadów eksperckich, że wyniki oraz szybkość podejmowania decyzji (planowanie strategiczne) są kluczowe dla skuteczności zarządzania. Występuje natomiast rozbieżność między wynikami wywiadów a wnioskami z badania AHP, ponieważ w wywiadach wskazywano na ważną rolę zasobów ludzkich w przedsiębiorstwie, natomiast wymiary organizacyjno-kulturowy i relacyjno-ekosystemowy znajdują się na najniższych stopniach w klasyfikacji wymiarów.

Kolejno, w tab. 5.16 znajduje się prezentacja posortowanych determinant dla grupy ekspertów z firm doradczych (konsultingu).

Tab. 5.16. Współczynniki wagowe dla determinant i wymiarów w grupie konsultingowej klasyfikowane według ważności

Wymiar strategiczny		Wymiar innowacyjno-rozwojowy	
Planowanie strategiczne	0,409	Kapitał ludzki w innowacjach	0,367
Wyznaczanie celów	0,272	Jakość procesów i produktów	0,273
Zarządzanie ryzykiem	0,205	Zdolność innowacyjna	0,246
Implementacja strategii	0,115	Efektywność rozwoju produktu	0,115
Wymiar organizacyjno-kulturowy		Wymiar wynikowy	
Współpraca i komunikacja	0,279	wyniki finansowe	0,681
Zaangażowanie i motywacja	0,242	wyniki rynkowe	0,205
Kompetencje i rozwój pracowników	0,165	wyniki organizacyjne	0,114
Wsparcie organizacyjne	0,112	Porównanie wymiarów	
Przywództwo i zarządzanie	0,112	wymiar strategiczny	0,290
Kultura organizacyjna	0,090	wymiar wynikowy	0,252
Wymiar technologiczny		wymiar organizacyjno-kulturowy	0,147
Zaawansowanie technologiczne	0,509	wymiar procesowy	0,104
Bezpieczeństwo i niezawodność	0,284	wymiar technologiczny	0,098
Infrastruktura cyfrowa	0,207	wymiar innowacyjno-rozwojowy	0,069
Wymiar procesowy		wymiar relacyjno-ekosystemowy	0,040
Doskonalenie procesów	0,406		
Efektywność operacyjna	0,208		
Infrastruktura techniczna	0,162		
Monitorowanie i kontrola	0,134		
Zarządzanie czasem i terminowością	0,089		
Wymiar relacyjno-ekosystemowy			
Dostępność i wsparcie	0,357		
Adaptacja do otoczenia	0,261		
Współpraca w ekosystemie	0,185		
Wartość dla interesariuszy	0,124		
Orientacja na klienta	0,073		

Źródło: wyniki badań.

Eksperti z firm doradczych w wywiadach eksperckich wyróżniali w specyfice przedsiębiorstwa 4.0 podejście i doskonalenie procesowe, integrację i standaryzację procesów. Wyniki analizy wagowej wskazują, że najważniejszymi determinantami w tej grupie były: wyniki finansowe, zaawansowanie technologiczne, planowanie strategiczne, doskonalenie procesów czy dostępność i wsparcie. Jeśli chodzi o wymiary to kluczowe są strategiczny i wynikowy, a procesowy znajduje się dopiero na czwartym miejscu. Widać w związku z tym rozbieżność w ocenach definiowania skuteczności zarządzania. Kolejne wyniki rangowania zostały przedstawione w tab. 5.17 dla ekspertów naukowych.

Tab. 5.17. Współczynniki wagowe dla determinant i wymiarów w grupie naukowej klasyfikowane według ważności

Wymiar strategiczny		Wymiar innowacyjno-rozwojowy	
Planowanie strategiczne	0,323	Zdolność innowacyjna	0,282
Wyznaczanie celów	0,303	Efektywność rozwoju produktu	0,188
Zarządzanie ryzykiem	0,188	Kapitał ludzki w innowacjach	0,209
Implementacja strategii	0,186	Jakość procesów i produktów	0,320
Wymiar organizacyjno-kulturowy		Wymiar wynikowy	
Przywództwo i zarządzanie	0,290	wyniki rynkowe	0,521
Współpraca i komunikacja	0,198	wyniki finansowe	0,256
Kompetencje i rozwój pracowników	0,162	wyniki organizacyjne	0,223
Zaangażowanie i motywacja	0,150	Porównanie wymiarów	
Kultura organizacyjna	0,123	wymiar relacyjno-ekosystemowy	0,223
Wsparcie organizacyjne	0,076	wymiar strategiczny	0,198
Wymiar technologiczny		wymiar organizacyjno-kulturowy	0,152
Bezpieczeństwo i niezawodność	0,465	wymiar procesowy	0,150
Zaawansowanie technologiczne	0,414	wymiar innowacyjno-rozwojowy	0,138
Infrastruktura cyfrowa	0,121	wymiar technologiczny	0,071
Wymiar procesowy		wymiar wynikowy	0,069
Doskonalenie procesów	0,382		
Efektywność operacyjna	0,183		
Zarządzanie czasem i terminowością	0,166		
Infrastruktura techniczna	0,165		
Monitorowanie i kontrola	0,105		
Wymiar relacyjno-ekosystemowy			
Współpraca w ekosystemie	0,358		
Adaptacja do otoczenia	0,252		
Orientacja na klienta	0,221		
Wartość dla interesariuszy	0,098		
Dostępność i wsparcie	0,071		

Źródło: wyniki badań.

Głównym wyróżnikiem przedsiębiorstwa 4.0 według ekspertów jest współpraca w ekosystemie, co potwierdzili w wywiadach eksperckich. Analiza AHP potwierdziła to, ponieważ wymiar relacyjno-ekosystemowy miał najwyższą rangę w porównaniach. W niniejszej grupie kluczowymi determinantami są również planowanie strategiczne, przywództwo i zarządzanie, bezpieczeństwo i niezawodność, doskonalenie procesów oraz zdolność innowacyjna. Należy zwrócić uwagę, że eksperci naukowcy w wymiarze wynikowym nadali najwyższą rangę wynikom rynkom w porównaniu z wynikami finansowymi określanymi jako kluczowe w tym wymiarze w innych grupach eksperckich.

Obserwacje dotyczące zależności między poziomem niezależności grupy eksperckiej a stopniem spójności jej deklaracji i priorytetów wskazują na istnienie pewnych ogólnych

prawidłowości, które jednak należy interpretować z uwzględnieniem złożoności otoczenia i różnorodności czynników wpływających na decyzje uczestników procesu zarządzania. Wyniki porównawcze pokazują, że w grupie reprezentującej środowisko naukowe, działającej w warunkach relatywnie niskiej presji zewnętrznej, stwierdzono najwyższy poziom spójności pomiędzy deklarowanymi wartościami w wywiadach eksperckich a hierarchią ważności analizowanych determinant. Biznes, podlegający wpływom akcjonariuszy oraz oczekiwaniom rynku, plasuje się w tym zakresie na poziomie umiarkowanym, odzwierciedlając konieczność równoważenia własnych priorytetów z zewnętrznymi wymaganiami interesariuszy. Największą rozbieżność zanotowano w grupie doradczej, której decyzje są w dużym stopniu determinowane przez wyzwania i oczekiwania klientów, co może prowadzić do rozluźnienia związku między postulatami a rzeczywistą hierarchią realizowanych celów.

Wyniki badań wskazują, że o zróżnicowaniu grup eksperckich w definiowaniu skuteczności zarządzania w organizacjach 4.0 może decydować w istocie sposób konceptualizacji samego pojęcia przedsiębiorstwa 4.0, a nie wyłącznie rozkład wag przypisanych poszczególnym determinantom. Przykładem jest grupa przedstawicieli nauki, w której przedsiębiorstwo 4.0 pojmowane jest jako ekosystem wdrażający nowe kryteria sukcesu, czemu odpowiada dominacja współpracy w ekosystemie jako kluczowej determinanty, podczas gdy wyniki finansowe znajdują się na dalszych pozycjach rankingowych. Z drugiej strony, w grupie doradczej, gdzie przedsiębiorstwo 4.0 identyfikowane jest z procesami, architekturą i integracją, w rzeczywistości decydujący okazuje się priorytet przywiązywany do wyników finansowych, a deklarowane procesy mają niższą rangę. Oznacza to, że istota dyskusji o determinantach skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwach 4.0 sprowadza się do sporów na temat definicji i granic tej koncepcji, a także rozdziału pomiędzy celami a środkami funkcjonowania tych organizacji.

Formułując powyższe, można potwierdzić, że hipoteza trzecia została zweryfikowana pozytywnie, co oznacza, że różnice w sposobie definiowania przedsiębiorstwa 4.0 mają znaczenie dla identyfikacji i oceny ważności determinant skuteczności przez ekspertów.

5.3. Formuła aplikacyjna zestawu determinant w ocenie wybranych przedsiębiorstw 4.0

Każda nowo opracowana metoda zarządzania powinna być poddawana weryfikacji w rzeczywistych warunkach funkcjonowania przedsiębiorstw, aby potwierdzić jej poprawność teoretyczną oraz praktyczną przydatność. W odniesieniu do tematu niniejszej rozprawy doktorskiej dotyczącej determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0, szczególnego znaczenia nabiera nie tylko propozycja teoretycznej formuły wyznaczania tych determinant,

lecz przede wszystkim możliwość jej aplikacji oraz testowania w środowisku operacyjnym. Zagadnienia związane z praktycznym zastosowaniem uzyskanych wyników znajdują się poza zakresem merytorycznym niniejszej rozprawy doktorskiej, co jest konsekwencją przyjętych celów i założeń badawczych. Przeprowadzona analiza otwiera jednak potencjalne kierunki dla dalszych prac badawczych w obszarze implementacji opracowanych rozwiązań.

Formuła aplikacyjna stanowi praktyczne podejście do diagnozowania i oceny skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwach 4.0. W przeciwieństwie do wskaźników ilościowych, formuła opisowo-jakościowa operuje na logice analitycznej, umożliwiając ocenę złożonych procesów zarządczych w ich naturalnym kontekście organizacyjnym. Niniejsza formuła wpisuje się w tradycję badań jakościowych w zarządzaniu, stanowiąc alternatywę dla podejścia czysto ilościowego (Eisenhardt, 1991; Miles & Huberman, 1994; Yin, 2003). Wymaga ona dalszego testowania w warunkach praktycznego zastosowania w przedsiębiorstwie 4.0, co mogłoby być dalszym etapem badań skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwach Przemysłu 4.0.

Proponowana formuła aplikacyjna może przebiegać w następujących etapach:

- etap 1 - pozycjonowanie przedsiębiorstwa w kontekście siedmiu wymiarów,
- etap 2 – mapowanie spójności między wymiarami,
- etap 3 – diagnoza profilu przedsiębiorstwa,
- etap 4 – narracja diagnostyczna,
- etap 5 – benchmarking branżowy,
- etap 6 – wnioski i scenariusze rozwoju.

Pierwszym krokiem jest zlokalizowanie badanego przedsiębiorstwa w przestrzeni siedmiu wymiarów skuteczności. Wymiary stanowią bazę analizy, a ich kombinacja pozwala na wielowymiarowy opis pozycji organizacji. Każdy z siedmiu wymiarów należy poddać ocenie w uproszczonej skali. Opisy poziomów w każdym wymiarze zostały opracowane na podstawie triangulacji trzech źródeł: przeglądu literatury (rozdział drugi), wywiadów z ekspertami (rozdział czwarty) wyników analizy AHP (rozdział piąty), oraz istniejących modeli Przemysłu 4.0 (ACATECH, 2013; Schumacher et al., 2016) zaadaptowanych z 5-6 poziomów do uproszczonej skali trzystopniowej dla praktyczności diagnostycznej. Skale trzypoziomowe są stosowane w praktyce przez firmy konsultingowe, co ułatwia praktykom biznesu ocenę.

Dla wymiaru strategicznego należy ocenić poziom dojrzałości przedsiębiorstwa na skali trzystopniowej (tab. 5.18). Dodatkowo można zadać pytania diagnostyczne o obecność strategii

transformacji 4.0, stopień sformalizowania celów oraz narzędzia zarządzania ryzykiem związanym z transformacją cyfrową.

Tab. 5.18. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze strategicznym

Poziom	Opis
Poziom 1	Przedsiębiorstwo reaguje na bieżące wyzwania. Brak sformalizowanego planowania. Cele wyznaczane doraźnie. Zarządzanie ryzykiem to działania podejmowane po ich wydarzeniu się.
Poziom 2	Przedsiębiorstwo ma strategię, ale dostosowywana ona jest częściowo i nieregularnie. Cele wyznaczane rocznie, ale bez jasnego powiązania z transformacją 4.0. Ryzyko zarządzane przy wsparciu narzędzi, ale bez pełnej integracji systemowej.
Poziom 3	Przedsiębiorstwo ma jasną, długoterminową strategię cyfrowej transformacji. Cele są hierarchicznie powiązane, mierzalne i wspierane budżetowo. Zarządzanie ryzykiem jest systemowe, z przewidywaniem scenariuszy.

Źródło: opracowanie własne.

Kolejny wymiar organizacyjno-kulturowy jest oceniany przez przedstawicieli przedsiębiorstwa w zakresie przywództwa, kompetencji pracowników, kultury, komunikacji i zaangażowania (tab. 5.19). Pytania, które mogą wspomóc ocenę dotyczą określenia dominującej kultury organizacyjnej, poziomu wsparcia przez liderów, wdrażanych programów rozwojowych.

Tab. 5.19. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze organizacyjno-kulturowym

Poziom	Opis
Poziom 1	Kultura hierarchiczna. Przywództwo dyrektywne. Pracownicy traktowani jako wykonawcy zadań. Brak programów rozwojowych. Komunikacja jednostronna. Zaangażowanie niskie, motywacja głównie finansowa.
Poziom 2	Organizacja dostrzega potrzebę zmiany kultury. Wdrażane są programy szkoleniowe. Pojawiają się inicjatywy komunikacyjne. Przywództwo stopniowo otwiera się na zaangażowanie zespołu. Jednak zmiana kultury jest powolna i opiera się na inicjatywach oddolnych.
Poziom 3	Kultura nastawiona na innowację i eksperymentowanie. Przywództwo transformacyjne, inwestujące w rozwój kompetencji. Pracownicy traktowani jako partnerzy zmian. Komunikacja otwarta, bidirectionalna. Zaangażowanie pracowników wysyłane z chęci partycypacji, a nie ze strachu.

Źródło: opracowanie własne.

Pytania, które mogą wspomóc ocenę dotyczą określenia dominującej kultury organizacyjnej, poziomu wsparcia przez liderów, wdrażanych programów rozwojowych.

W wymiarze technologicznym ocena dotyczy infrastruktury IT, cyberbezpieczeństwa, zaawansowania rozwiązań technicznych (tab. 5.20). Pytania weryfikujące mogą dotyczyć poziomu integracji systemów IT, obecności cyfrowego bliźniaka lub planu wdrożenia czy też podejścia do bezpieczeństwa danych.

Tab. 5.20. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze technologicznym

Poziom	Opis
Poziom 1	Infrastruktura IT przestarzała, oparta na rozwiązaniach lokalnych. Brak integracji systemów. Bezpieczeństwo to przepisy i procedury, ale bez rzeczywistego egzekwowania. Rozwiązania techniczne to głównie <i>biuro bez papieru</i> i email.
Poziom 2	Infrastruktura przeniesiona do chmury. Systemy częściowo zintegrowane. Wdrażane są rozwiązania analityczne i IoT, ale bez pełnej synchronizacji. Bezpieczeństwo coraz ważniejsze, ale reaktywne. Pojawiają się pierwsze rozwiązania do monitorowania w czasie rzeczywistym.
Poziom 3	Infrastruktura w pełni chmurowa, elastyczna i skalowalna. Systemy zintegrowane, dane płyną między procesami. Rozwiązania zaawansowane: AI, IoT, i inne. Bezpieczeństwo proaktywne, zintegrowane w każdej warstwie. Cyfrowy bliźniak funkcjonalny.

Źródło: opracowanie własne.

W wymiarze procesowym ocena dotyczy organizacji procesów, ich doskonalenia, monitorowania i efektywności (tab. 5.21). Pytania diagnostyczne dotyczą poziomu automatyzacji procesów, monitorowania w czasie rzeczywistym, przebiegu doskonalenia procesów.

Tab. 5.21. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze procesowym

Poziom	Opis
Poziom 1	Procesy niezdefiniowane. Odpowiedzialności niewyraźne. Monitorowanie proceduralne, bez wskaźników. Doskonalenie to przypadkowe usprawnienia, nie systemowe.
Poziom 2	Procesy opisane i zadokumentowane. Wskaźniki KPI definiowane, ale monitorowanie jest ręczne i opóźnione. Doskonalenie oparte na wnioskach z raportów okresowych. Niektóre procesy zautomatyzowane, ale bez pełnej integracji.
Poziom 3	Procesy modelowane, automatyzowane (RPA). Monitorowanie w czasie rzeczywistym, dashboards z alertami. Doskonalenie ciągłe, wspomagane analityką. Przepływ informacji płynny, czasami wspierany AI do optymalizacji.

Źródło: opracowanie własne.

Wymiar relacyjno-ekosystemowy to ocena współpracy z partnerami, klientami, adaptacji do zmian, wartości dla interesariuszy (tab. 5.22). Pytania pogłębiające mogą dotyczyć relacji z ekosystemem (interesariuszami), sposobów udostępniania danych z partnerami, szybkości adaptacji do zmian w otoczeniu.

Tab. 5.22. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze relacyjno-ekosystemowym

Poziom	Opis
Poziom 1	Przedsiębiorstwo pracuje autonomicznie. Relacje z otoczeniem oparte na transakcjach handlowych. Brak formalnych partnerstw technologicznych. Adaptacja do zmian wolna, reaktywna. Orientacja na własny zysk, nie na wartość dla ekosystemu.
Poziom 2	Przedsiębiorstwo ma partnerów technologicznych i biznesowych. Wspólne projekty, ale bez głębokiej integracji. Wymiana danych z partnerami, ale silosowana. Adaptacja przyspieszająca, dostrzeganie się zmian. Zainteresowanie wartością dla szerszego ekosystemu, ale bez konkretnych działań.
Poziom 3	Przedsiębiorstwo działające jako węzeł w sieci ekosystemowej. Otwarte API i dane z partnerami. Wspólne platformy, wspólne cele (np. koopetycja). Szybka adaptacja dzięki monitorowaniu ekosystemu. Tworzenie wartości dla interesariuszy, nie tylko dla akcjonariuszy. Cyfrowy bliźniak połączony z partnerami.

Źródło: opracowanie własne.

Wymiar innowacyjno-rozwojowy zawiera ocenę zdolności do innowacji, jakości produktów/usług, kapitału ludzkiego zaangażowanego w R&D (tab. 5.23). W ramach diagnostyki należy zapytać o odsetek czasu pracowniczego dedykowanego na wypracowanie innowacji, jakie nowe usługi czy produkty były uruchomione w ostatnim roku lub jak monitorowana jest jakość produktów.

Tab. 5.23. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze innowacyjno-rozwojowym

Poziom	Opis
Poziom 1	Innowacja jest rzadka, głównie kopiowanie konkurencji. Brak programu R&D. Pracownicy zajęci bieżącymi zadaniami, brak czasu na eksperymenty. Jakość produktów poddawana retrospektywnym audytom.
Poziom 2	Przedsiębiorstwo ma zespół dedykowany innowacjom. Wdrażane są metodyki agile/scrum. Jakość produktów monitorowana w procesie. Pracownicy mają czas na eksperymenty, ale ograniczony (np. 10% czasu). Współpraca z uniwersytetami lub badawczymi.
Poziom 3	Innowacja wbudowana w kulturę organizacyjną. Programy typu inkubator startupów wewnętrzny. Wysoki odsetek kapitału ludzkiego zajmujący się R&D i innowacjami. Metodyki lean startup, rapid prototyping. Nowe modele biznesowe eksperymentowane regularnie. Jakość przez design, nie przez inspekcję.

Źródło: opracowanie własne.

Ostatni z wymiarów to wymiar wynikowy, w którym ocenie podlegają rezultaty finansowe, pozycja rynkowa, wyniki organizacyjne (tab. 5.24). Pytania diagnostyczne mogą dotyczyć trenów w przychodach i rentowności, pozycji rynkowej czy postrzegania przez pracowników i klientów.

Tab. 5.24. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze wynikowym

Poziom	Opis
Poziom 1	Wyniki finansowe ujemne lub stagnacyjne. Udziały rynkowe malejące. Pracownicy odchodzą. Reputacja słabnąca. Klienci szukają alternatyw.
Poziom 2	Wyniki finansowe pozytywne, ale wzrost poniżej średniej branżowej. Udziały rynkowe stabilne. Pracownicy pozostają, ale bez entuzjazmu. Reputacja obojętna na rynku.
Poziom 3	Wyniki finansowe powyżej średniej branżowej, wzrost konsekwentny. Udziały rynkowe rosnące. Pracownicy zaangażowani, chętnie polecają firmę. Reputacja jako lidera innowacji/transformacji. Przyciąga talenty.

Źródło: opracowanie własne.

Po ocenie każdego wymiaru, w etapie drugim, należy przeanalizować spójność między wymiarami. Można do tego użyć pytań diagnostycznych, ale także wykorzystać analizę ilościową jak np. współczynnik zmienności CV lub współczynnik W Kendalla jeśli miałyby być zweryfikowana spójność między przedstawicielami przedsiębiorstwa. Jeśli chodzi o pytania diagnostyczne to przykładowo mogą to być następujące:

- czy wymiar strategiczny wspiera wymiar wynikowy? (ocena przełożenia strategii na wyniki),

- czy wymiar organizacyjno-kulturowy wspiera wymiar technologiczny? (ocena przygotowania kapitału ludzkiego),
- czy wymiar technologiczny wspiera wymiar procesowy? (ocena możliwego zakresu doskonalenia procesów),
- czy wymiar relacyjno-ekosystemowy wspiera wymiar innowacyjno-rozwojowy? (ocena potencjału innowacyjnego).

Na podstawie odpowiedzi można szukać luk oraz spójności.

W etapie trzecim, po przeprowadzeniu ocen siedmiu wymiarów należy zidentyfikować profil przedsiębiorstwa zgodnie z opisem poszczególnych profili. Pierwszy profil, przedsiębiorstwo pozornej transformacji cyfrowej (*false 4.0*) charakteryzuje się relatywnie wysokimi wskaźnikami inwestycji technologicznych przy jednoczesnym braku zintegrowanej strategii transformacyjnej oraz niewystarczającej gotowości pracowniczej i kulturowej. Funkcjonują autonomicznie, nie angażując się w partnerską współpracę ekosystemową ani długofalowe procesy rozwojowe. W tej grupie rekomenduje się szczególne ukierunkowanie działań na budowanie kultury innowacji i strategicznego myślenia, bez tego wdrożenie nowych technologii może okazać się nieskuteczne. Drugi profil to przedsiębiorstwo cyfrowej dominacji technologicznej. Organizacje o charakterystyce technokratycznej wykazują wysokie nakłady na technologie oraz cyfrowe narzędzia (np. cyfrowy bliźniak), jednak adaptacja kulturowa i organizacyjna przebiega z trudnościami. Bariery mentalne, opory zespołu oraz brak kompetencji przywódczych mogą skutkować niską efektywnością procesową i ryzykiem destabilizacji wdrożenia innowacji. Zaleca się intensyfikację działań rozwojowych wewnątrz zespołów oraz wsparcie transformacji poprzez nowoczesne modele przywództwa. Trzeci profil to przedsiębiorstwo integracji ekosystemowej. Ten typ przedsiębiorstwa realizuje zaawansowaną integrację ekosystemową poprzez współtworzenie wartości, otwartość na wymianę danych, zaangażowanie partnerów oraz długoterminową strategię rozwojową. Managerowie i pracownicy są zaangażowani w procesy współpracy, a rezultaty realizowane są w perspektywie strategicznej. Ryzykiem może być nadmierne skupienie na relacjach przy jednoczesnym niedoszacowaniu wymiaru konkurencyjności. Czwarty profil to przedsiębiorstwo o rozproszonym poziomie dojrzałości cyfrowej. Obejmuje on organizacje wykazujące rozproszenie poziomów dojrzałości w poszczególnych obszarach, z widocznymi różnicami pomiędzy działami czy zespołami. Widoczne są chaotyczność procesów, konflikty oraz brak spójności operacyjnej. Wskazana jest pogłębiona diagnoza wewnętrzna oraz aktywne, skoncentrowane przywództwo wspierające kompleksową reorganizację.

Czwarty etap polega na sformułowaniu pisemnego opisu przedsiębiorstwa, w skład którego wchodzi opis profilu ogólnego, oceny wymiarów z uzasadnieniem, zidentyfikowane luki i zagrożenia, szanse i mocne strony. Następnie na tej podstawie formułuje się rekomendacje wskazujące na priorytety oraz perspektywę czasową ich wdrażania.

Etap piąty zawiera przeprowadzenie benchmarkingu branżowego. W kontekście oceny profilu przedsiębiorstwa 4.0 polega on na systematycznym porównywaniu kluczowych wymiarów funkcjonowania analizowanej organizacji z wynikami uzyskanymi przez konkurentów z tej samej branży oraz z wartościami referencyjnymi określanymi przez liderów rynkowych. Proces obejmuje: określenie pozycji przedsiębiorstwa, analizy średniej w branży, identyfikację obszarów przewagi liderów branżowych oraz rozpoznanie, które wymiary strategii, struktury technologicznej lub organizacyjnej mogą stanowić punkt odniesienia dla doskonalenia własnych rozwiązań.

Na koniec, w etapie szóstym należy sformułować dwa scenariusze predykcyjne. Pierwszy z nich dotyczy dywagacji nad przyszłością przedsiębiorstwa bez wprowadzania zmian. Drugi, przyszłego funkcjonowania uwzględniającego wdrożenia rekomendacji.

Formuła aplikacyjna opisowo-jakościowa zastosowana w niniejszym badaniu opiera się na uznanych podejściach metodologicznych, teoriach organizacji, modelach dojrzałości organizacyjnej oraz przede wszystkim wynikach badań własnych determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 przeprowadzonych i opisanych w niniejszej rozprawie. Do głównych zalet zastosowanej formuły należy możliwość elastycznego analizowania złożonych zjawisk. Podejście to nie wymaga operowania danymi liczbowymi, lecz bazuje głównie na zgromadzonych obserwacjach, opiniach i wywiadach, co umożliwia szerokie osadzenie analiz w określonych kontekstach branżowych. Umożliwia to identyfikację trendów, kierunków oraz trudnych do uchwycenia zależności, a także pełni funkcję diagnostyczną przez precyzyjne wskazywanie obszarów wymagających poprawy. Formuła pozwala także na benchmarking, czyli porównanie badanego przypadku z innymi podmiotami w branży oraz prognozowanie poprzez tworzenie scenariuszy potencjalnego rozwoju organizacji.

Ograniczenia zastosowanego podejścia to podatność na subiektywizm oraz brak ścisłości liczbowej, ponieważ rezultaty analizy w znacznym stopniu zależą od wiedzy i indywidualnej perspektywy badacza. Zasadność i rzetelność ocen można jednak istotnie zwiększyć poprzez zastosowanie triangulacji źródeł, uwzględniając różnorodne punkty widzenia (np. liderów, pracowników i klientów), a także przez standaryzację procesu diagnostycznego, w tym opracowanie jednolitego zestawu pytań dla każdego analizowanego wymiaru. Dodatkowo,

kluczowe jest prowadzenie szczegółowej dokumentacji przebiegu badania oraz pisemne uzasadnianie dokonywanych ocen, co sprzyja podniesieniu wiarygodności, powtarzalności oraz przejrzystości uzyskanych wyników.

Przedsiębiorstwo 4.0 pozostaje zjawiskiem dynamicznym i ewoluującym, stąd determinanty jego skuteczności będą podlegać zmianom wraz z postępem technologicznym i zmianami kontekstu gospodarczego. Niemniej jednak, ustalenia niniejszego badania sugerują, że niezależnie od zmian technologicznych, fundamentalne role strategii, ludzi, procesów oraz wyników będą pozostawać centralne dla skuteczności zarządzania. W rozdziale piątym zaprezentowano wnikliwą ocenę kluczowych determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 na podstawie badań eksperckich oraz analizy AHP. Jednym z głównych wniosków jest pozytywna weryfikacja głównej hipotezy badawczej rozprawy, w której wskazano, że możliwe jest określenie ograniczonej liczby determinant, które pozwalają wyrazić skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Analiza Pareto wykazała, że 15 determinant stanowi zbiór kluczowy, reprezentujący wszystkie siedem wymiarów. Pozostałe 15 determinant pełni funkcję uzupełniającą, co sugeruje, że zarządzanie skutecznym przedsiębiorstwem 4.0 nie wymaga zaawansowanego operowania pełnym katalogiem czynników, lecz skupiania się na niewielkim zestawie czynników determinujących skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0. Na poziomie wymiarów cztery z nich tj. wymiar strategiczny (0,278), wynikowy (0,186), procesowy (0,119) oraz innowacyjno-rozwojowy (0,118) kumulują ponad 70% całkowitej wagi. Ich konfiguracja może odzwierciedlać logikę przyczynowo-skutkową transformacji, co oznacza, że planowanie i wyznaczenie kierunku (wymiar strategiczny) prowadzi do doskonalenia operacyjnego i innowacji (wymiar procesowy i innowacyjno-rozwojowy), które znajdują swoje odzwierciedlenie w wynikach biznesowych (wymiar wynikowy).

Analiza porównawcza trzech grup eksperckich potwierdza istotny wpływ różnic definicyjnych i branżowych na hierarchię determinant, a wysokie zróżnicowanie ocen ekspertów podkreśla złożoność oraz interdyscyplinarny charakter transformacji cyfrowej w przedsiębiorstwach, jednoznacznie potwierdzając główną hipotezę badawczą i stanowiąc solidną podstawę do praktycznej aplikacji wyników w rzeczywistych warunkach organizacyjnych. Wyniki wskazują na znaczące różnice w hierarchizacji determinant, które nie są wyłącznie efektem zróżnicowania wag, ale wyrażają głębokie różnice w sposobie definiowania samego pojęcia przedsiębiorstwa 4.0. W grupie biznesowej priorytet uzyskały wymiary strategiczny (0,276) i wynikowy (0,181), akcentując orientację na wyniki finansowe (0,595) i bezpieczeństwo systemów (0,458). W grupie doradczej wykazano na zróżnicowanie charakteryzujące się podkreśleniem

zaawansowania technologicznego (0,509) ponad innymi wymiarami technologicznymi, a także dominacją wymiarów strategicznego (0,290) i wynikowego (0,252). W grupie naukowej profil preferencji był odmienny. Do głównych wymiarów należały: wymiar relacyjno-ekosystemowy (0,223), wymiar strategiczny (0,198) oraz wymiar organizacyjno-kulturowy (0,152). Eksperci z dziedziny nauki sugerują bardziej holistyczne rozumienie przedsiębiorstwa 4.0 jako zintegrowanego ekosystemu, w którym długoterminowa zdolność konkurencyjna wynika z sieciowych powiązań i orientacji na wielostronne rezultaty. Te różnice prowadzą do kluczowego spostrzeżenia w kontekście hipotezy trzeciej, gdzie różnice w definiowaniu przedsiębiorstwa 4.0 mają znaczenie dla identyfikacji i oceny determinant, co pozwala zweryfikować ją pozytywnie.

W wynikach badania zauważyć można implikacje dla praktyków zarządzania transformacją cyfrową w przedsiębiorstwach. Skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 nie jest funkcją technologiczną, nie wynika głównie z inwestycji w zaawansowane rozwiązania IT czy automatyzację. Zamiast tego jest zjawiskiem wielowymiarowym, gdzie wymiary strategiczny, procesowy, organizacyjno-kulturowy i innowacyjno-rozwojowy stanowią integralne składniki.

Zakończenie

Głównym celem rozprawy było określenie kluczowych kryteriów determinujących skuteczność zarządzania przedsiębiorstwami 4.0. Realizacja tego celu wymagała wieloetapowego procesu badawczego, obejmującego systematyczny przegląd literatury, badania eksperckie z zastosowaniem metody AHP oraz analizę różnic w percepcji determinant skuteczności przez różne grupy ekspertów. Podjęte działania pozwoliły na zrealizowanie celu głównego i identyfikację 15 kluczowych determinant skuteczności zarządzania, które stanowią rdzeń zarządczy przedsiębiorstw funkcjonujących w ramach czwartej rewolucji przemysłowej. Osiągnięcie celu głównego wymagało zdefiniowania i zrealizowania celów szczegółowych.

Pierwszym celem szczegółowym było zdefiniowanie specyfiki funkcjonowania przedsiębiorstwa 4.0. Cel został zrealizowany w rozdziale pierwszym poprzez kompleksowy, wieloaspektowy przegląd literatury. Przedstawiony materiał systematycznie opisuje ewolucję przedsiębiorstw od generacji 1.0 do 5.0, ukazując zmiany technologiczne, organizacyjne oraz społeczne, jakie towarzyszyły kolejnym etapom rozwoju przedsiębiorstw. Obszar zmian organizacyjnych i zarządczych został przedstawiony z uwzględnieniem wyzwań obejmujących strategię, współpracę, modele biznesowe, kapitał ludzki oraz kwestie zmiany przywództwa i kultury organizacyjnej. Przeanalizowano także wiodące modele oceny dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstw, syntetyzując ich najważniejsze założenia i metodyki. Finalnie w rozdziale pierwszym uporządkowano definicje przedsiębiorstwa 4.0, integrując główne podejścia systemowe i branżowe oraz wyodrębnia czynniki wewnętrzne i zewnętrzne warunkujące rozwój przedsiębiorstwa w kontekście Przemysłu 4.0. Następnie w rozdziale drugim zdefiniowano teoretycznie specyfikę skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 to umiejętność osiągania celów organizacji przy optymalnym wykorzystaniu zasobów, poprzez integrację systemów cyberfizycznych, optymalizację współpracy człowiek-maszyna, budowanie pozytywnych relacji interesariuszami, ciągłą adaptację do dynamicznie zmieniających się warunków otoczenia, promowanie kultury innowacji i jakości oraz strategiczne wykorzystanie zaawansowanych technologii cyfrowych w ramach zintegrowanych ekosystemów biznesowych. Zostało to potwierdzone w wywiadach eksperckich (rozdział 4).

Drugi cel szczegółowy dotyczył analizy dotychczasowych podejść do oceny skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami. Został on zrealizowany w rozdziale drugim. Przedstawiono dwa fundamentalne podejścia teoretyczne do definiowania skuteczności zarządzania: podejście prakseologiczne (wywodzące się z polskiej szkoły prakseologii, stanowiące bazę

teoretyczną dla definiowania skuteczności w przedsiębiorstwie 4.0) oraz podejście anglojęzyczne, gdzie przeprowadzono szczegółową analizę pojęć związanych ze skutecznością zarządzania (*effectiveness, efficiency, performance, efficacy*), wskazując na złożoność i wieloznaczność tych terminów w kontekście zarządzania. Opisano charakterystykę wybranych klasycznych modeli skuteczności zarządzania (model celowy, model celu operacyjnego, model systemowy, model interesariuszy, model konkurujących wartości, model funkcjonalny, model nieskuteczności, model maksymalizacji, model polityczny, model klienteli, model biznesu), z których każdy ukazał odmienną perspektywę definiowania i oceny skuteczności. Analiza modeli pozwoliła wykazać, że żadne z tradycyjnych podejść nie jest wystarczające dla specyfiki przedsiębiorstwa 4.0. Następnie scharakteryzowano metody oceny skuteczności oraz współczesne koncepcje uwzględniające wieloaspektowość oceny skuteczności zarządzania w organizacji. Omówiono zalety i ograniczenia strategicznej karty wyników (BSC), benchmarkingu, koncepcję dynamicznych zdolności, model EFQM oraz model konkurujących wartości. Scharakteryzowano pięć kluczowych podejść do badania skuteczności zarządzania (podejście celowe, zasobowo-systemowe, bazujące na interesariuszach, procesowe, wynikowe), których kombinacja stanowi fundament dla nowego modelu skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.

Trzeci cel szczegółowy, którym była identyfikacja wymiarów i kryteriów determinujących skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 został zrealizowany w rozdziale pierwszym i drugim oraz dalej w rozdziale czwartym poprzez opracowanie wielowymiarowego modelu skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Ostateczna struktura siedmiu wymiarów i 30 determinant została zaprezentowana w rozdziale czwartym. Wymiar strategiczny stanowił kategorię obejmującą działania związane z planowaniem, i implementacją strategii oraz wyznaczaniem kierunków rozwoju organizacji. Wymiar ten uwzględnił również zdolność dostosowywania się do dynamicznych zmian uwarunkowań rynkowych przez zarządzanie ryzykiem oraz elastyczność w definiowaniu i realizacji celów. Wymiar organizacyjno-kulturowy odniósł się m.in. do rozwiązań dotyczących struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa, promowania kultury innowacyjności, wdrażania nowoczesnych modeli przywództwa cyfrowego oraz kształtowania zaangażowania pracowników w procesy transformacji organizacyjnej. Wymiar technologiczny dotyczył infrastruktury cyfrowej organizacji, mechanizmów zapewniających cyberbezpieczeństwo, integracji systemów informatycznych (IT) i operacyjnych (OT), a także projektowania i rozwoju architektury technicznej odpowiadającej wymaganiom koncepcji Przemysłu 4.0. Wymiar procesowy objął zagadnienia związane z automatyzacją procesów, ich optymalizacją i doskonaleniem, monitorowaniem przebiegu działań w trybie rzeczywistym oraz

efektywnym zarządzaniem informacją i wiedzą organizacyjną. Wymiar relacyjno-ekosystemowy nawiązywał do kształtowania współpracy z interesariuszami, zarządzania łańcuchem dostaw, budowania partnerstw strategicznych oraz rozwoju relacji i współpracy w sieciowym ekosystemie biznesowym. Wymiar wynikowy obejmował mierzalne rezultaty finansowe, rynkowe i organizacyjne. W ramach tego celu dokonano porównania między tradycyjnymi a specyficznymi determinantami i podejściami do przedsiębiorstwa 4.0. Wyniki wywiadów eksperckich wskazały, że determinanty, do których nie przywiązywano szczególnej uwagi w przedsiębiorstwie klasycznym (przedsiębiorstwo 3.0), w przedsiębiorstwie 4.0 stały się kluczowe. Do przykładów zaliczyć można automatyzację i robotyzację, współpracy sieciowej czy innowacyjności postrzeganej jako proces ciągły zamiast okazjonalnych przedsięwzięć. Dodatkowo, w rozdziale czwartym dokonano analizy definicji przedsiębiorstwa 4.0 zaproponowanych przez różne grupy eksperckie, wykazując, że sposób konceptualizacji przedsiębiorstwa 4.0 przez ekspertów biznesowych, firmy doradcze i ekspertów z dziedziny nauki ma fundamentalne znaczenie dla identyfikacji determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.

Czwarty cel szczegółowy, czyli przeprowadzenie oceny ważności determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 zrealizowano w rozdziale piątym poprzez przeprowadzenie badania eksperckiego z wykorzystaniem metody hierarchicznej analizy AHP. Badanie objęło 27 ekspertów reprezentujących biznes, naukę oraz firmy doradcze (po weryfikacji zgodności ocen współczynnikiem CR – wskaźnik spójności oraz współczynnikiem W Kendalla – zgodności preferencji). Ocena ważności determinant wykazała hierarchizację determinant, gdzie spośród 30 zidentyfikowanych determinant, 15 z nich zostało sklasyfikowanych jako najistotniejsze (kategoria A w analizie Pareto), odpowiadające 80% skumulowanej wagi. Następnie, hierarchizację wymiarów, gdzie cztery główne wymiary (strategiczny 0,278, wynikowy 0,186, procesowy 0,119, innowacyjno-rozwojowy 0,118) skumulowały ponad 70% całkowitej wagi determinant. Natomiast przeprowadzenie analizy porównawczej trzech grup eksperckich wskazało na istotne różnice w hierarchii ważności determinant skuteczności zarządzania. Grupa biznesowa wykazała nacisk na determinanty związane z wydajnością i wynikami finansowymi. Eksperci akademicki podkreślili znaczenie współpracy w ekosystemie oraz znaczenie innowacyjności i badań nad nowymi modelami zarządzania. Eksperci z firm doradczych zwrócili uwagę na doskonałość procesową, znaczenie planowania strategicznego oraz zaawansowania technologiczne. Wspólnie z praktykami biznesowymi wykazali znaczenie wyników finansowych, podczas dla ekspertów akademickich ważniejsze były wyniki rynkowe.

Główna hipoteza badawcza, zakładała, że istnieje możliwość wskazania stosunkowo niewielkiego zbioru czynników pozwalających wyrazić skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Została ona zweryfikowana pozytywnie w toku analizy przeprowadzonej w podrozdziale 5.1. Wybór został dokonany na podstawie narzędzi i został zobiektywizowany. Zastosowanie metody AHP uzupełnionej analizą zgodności preferencji oraz analizy Pareto wśród 27 ekspertów o zróżnicowanych profilach zawodowych pozwoliło wykazać, że spośród 30 zidentyfikowanych determinant, 15 z nich można uznać za najistotniejsze (kategoria A w analizie Pareto, odpowiadająca 80% skumulowanej wagi). Wyniki te jednoznacznie potwierdzają, że skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 może być wyrażona poprzez ograniczoną liczbę czynników priorytetowych, obejmujących wszystkie analizowane wymiary. Ponadto, analiza poziomu wag dla poszczególnych wymiarów wykazała, że cztery główne wymiary (strategiczny, wynikowy, procesowy, innowacyjno-rozwojowy) odpowiadają za ponad 70% łącznej wagi determinant, co dodatkowo podkreśla wagę wyodrębnionych kryteriów i ich wpływ na skuteczność zarządzania w badanym kontekście. Określenie determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 odnosiło się do rozumienia cech Przemysłu 4.0. W związku z tym była konieczność poszerzenia o kwestie dotyczące specyfiki przedsiębiorstw 4.0 i poszczególnych grup ekspertów. Kwestie te zostały opisane w postaci hipotez pomocniczych.

Pierwsza hipoteza pomocnicza (H1) wskazywała, że klasyczne podejścia do badania skuteczności zarządzania przedsiębiorstwami nie w pełni odpowiadają specyfice przedsiębiorstw 4.0. Została ona zweryfikowana pozytywnie. W rozdziale pierwszym wskazano na kontrast klasycznych modeli organizacyjnych w porównaniu z charakterystyką przedsiębiorstwa 4.0 wskazującą na potrzebę podejścia zintegrowanego i wielowymiarowego. Pokazano również ewolucję od przedsiębiorstw produktocentrycznych (1.0-3.0) do humanocentrycznych (4.0-5.0), co sugeruje fundamentalną zmianę paradygmatu zarządzania. W rozdziale pierwszym zidentyfikowano również specyficzne obszary wymagające oceny w przedsiębiorstwach 4.0, których nie uwzględnili klasyczne podejścia. Należą do nich m.in.: przywództwo 4.0, znaczenie kompetencji cyfrowych, zarządzanie ekosystemami współpracy jak np. w ramach EDIH czy federowane ekosystemy danych. Następnie w rozdziale drugim, przedstawiono krytykę tradycyjnych modeli, które koncentrują się głównie na aspektach finansowych, wynikach przeszłych i sztywnych struktur organizacyjnych. Wskazano, że klasyczne miary skuteczności nie uwzględniają specyfiki środowiska cyfrowego, dynamiki zmian, złożoności systemów cyberfizycznych oraz nowych form organizacji pracy. W rozdziale czwartym scharakteryzowano główne różnice między specyfiką przedsiębiorstwa 3.0 a 4.0 na podstawie wywiadów

eksperckich odnosząc się do poszczególnych dziedzin zawodowych ekspertów: biznesu, nauki, konsultingu oraz administracji i jednostek wspomagających. Eksperci zwrócili uwagę na nowe akcenty w definicji skuteczności zarządzania jak dynamiczność systemów raportowania, dane jako zasób strategiczny czy cyberbezpieczeństwo. Wyniki badań empirycznych zawarte w rozdziale piątym wykazały, że w ocenie skuteczności przedsiębiorstw 4.0 konieczne jest uwzględnienie siedmiu wymiarów, przy czym szczególne znaczenie mają aspekty nieobecne lub marginalnie traktowane w klasycznych modelach jak infrastruktura cyfrowa i cyberbezpieczeństwo, kapitał ludzki w innowacjach czy zintegrowana współpraca w ekosystemie. Hipoteza została potwierdzona zarówno na podstawie przeglądu literatury, jak i wyników badań empirycznych. Model wielowymiarowy determinant skuteczności zarządzania zaproponowany w rozdziale czwartym stanowi znaczące rozszerzenie podejść klasycznych o wymiary specyficzne dla Przemysłu 4.0.

Druga hipoteza pomocnicza (H2) wskazywała, że zidentyfikowanie kluczowych determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 wymaga zastosowania metodyki badawczej pozwalającej na uwzględnienie różnego rodzaju powiązań istniejących pomiędzy rozpatrywaną grupą czynników. Zastosowanie wieloetapowej metodyki badawczej, obejmującej przegląd literatury, badania eksperckie oraz metodę AHP, umożliwiło kompleksowe ujęcie powiązań między determinantami skuteczności zarządzania. W rozdziałach czwartym i piątym dokonano hierarchicznej strukturyzacji problemu, gdyż wieloetapowa metodyka badawcza, ze szczególnym uwzględnieniem metody AHP, umożliwiła zarówno identyfikację determinant, jak i określenie ich wzajemnych powiązań oraz hierarchii ważności poprzez porównanie parami. Następnie dokonano porównań między wymiarami skuteczności zarządzania. Podjęto też próbę porównań w poszczególnych grup eksperckich. Hipoteza została zweryfikowana pozytywnie.

Trzecia hipoteza pomocnicza (H3) mówiła o tym, że różnice w sposobie definiowania przedsiębiorstwa 4.0 mają znaczenie dla identyfikacji i oceny ważności determinant skuteczności przez ekspertów. W rozdziale piątym wskazano, że analiza porównawcza trzech grup eksperckich (biznes, firmy doradcze, nauka) wykazała istotne różnice w hierarchii ważności determinant skuteczności zarządzania. Wynikało to z odmiennego sposobu definiowania przedsiębiorstwa 4.0, który został potwierdzony w wywiadach eksperckich, a odmienne definiowanie specyfiki przedsiębiorstwa 4.0 przez grupy ekspertów opisane w rozdziale czwartym. Różnice w sposobie definiowania przedsiębiorstwa 4.0 przez poszczególne grupy eksperckie mają znaczenie dla identyfikacji i oceny ważności determinant skuteczności. Istota różnic nie leży

tylko w rozkładzie wag, lecz w fundamentalnie innym sposobie konceptualizacji samego pojęcia przedsiębiorstwa 4.0 i kryteriów jego skuteczności. Hipoteza została zatem zweryfikowana pozytywnie.

Czwarta hipoteza pomocnicza wskazywała, że istnieje wysoki poziom zgodności co do ważności determinant skuteczności zarządzania pośród ekspertów zajmujących się problematyką przedsiębiorstw 4.0. Po przeprowadzeniu analizy zgodności za pomocą współczynnika W Kendalla oraz trzykrotnej redukcji szeregów preferencyjnych ($n=21$ ekspertów po redukcji) nie osiągnięto poziomu zgodności wśród ekspertów, który pozwoliłby zweryfikować pozytywnie hipotezę H4. Jedyny zakres w jakim można by ją było przyjąć to wymiar organizacyjno-kulturowy, gdzie $W=0,460$ ($p=0,001$). Pozostałe wymiary miały zgodność co najwyżej umiarkowaną lub niską.

Zgodność występowała w analizach w obrębie poszczególnych grup, w grupie doradczej w wymiarach procesowym ($W=0,700$) oraz relacyjno-ekosystemowym ($W=0,630$) przy istotności statystycznej. Podobnie w grupie naukowej w wymiarach relacyjno-ekosystemowym ($W=0,636$) oraz wynikowym ($W=0,712$). Niemniej jednak nie są to dowody, które umożliwiają przyjęcie tej hipotezy. Dlatego też hipoteza została zweryfikowana negatywnie. Odrzucenie hipotezy potwierdzają konkluzje z rozdziału piątego, które wskazują na wysoką heterogeniczność próby badawczej, szczególnie w dziedzinie biznesowej. Ponadto widoczny jest brak jednoznacznej definicji przedsiębiorstwa 4.0 pośród grup eksperckich. Niski poziom zgodności pośród ekspertów zajmujących się problematyką przedsiębiorstw 4.0 nie jest wadą badania, lecz odzwierciedleniem rzeczywistej złożoności i wielowymiarowości koncepcji przedsiębiorstwa 4.0, tj. odmiennych perspektyw zawodowych, różnic w poziomie presji zewnętrznej wpływającej na grupy eksperckie czy też wysokiej kontekstualności wdrożeń koncepcji Przemysłu 4.0 w różnych branżach i organizacjach. Paradoksalnie, odrzucenie hipotezy H4 wzmacnia pozytywną weryfikację hipotezy H3, która wskazuje, że różnice w sposobie definiowania przedsiębiorstwa 4.0 mają znaczenie dla identyfikacji i oceny ważności determinant skuteczności przez ekspertów.

Przeprowadzone badania charakteryzują się kilkoma ograniczeniami, które należy uwzględnić w interpretacji uzyskanych wyników oraz w planowaniu przyszłych kierunków badawczych. Struktura próby z przewagą dużych przedsiębiorstw (firmy zatrudniające co najmniej 250 osób stanowiły 74,1% ogółu pochodzenia ekspertów) ogranicza możliwość uogólniania wyników dla sektora małych i średnich przedsiębiorstw, które zmagają się zazwyczaj z innymi wyzwaniami wdrożeniowymi. Celowo wprowadzona heterogeniczność próby

eksperckiej przyczyniła się do relatywnie niskiego poziomu zgodności ocen w wybranych obszarach. Duże zróżnicowanie branżowe oraz hierarchiczne respondentów skutkowało osłabieniem spójności w wymiarach strategicznym i ekosystemowym. Następnym punktem jest brak jednolitej, powszechnie przyjętej definicji przedsiębiorstwa 4.0, co stanowi zasadnicze ograniczenie badania. Ekspertci prezentowali odmienne interpretacje tak rozumienia koncepcji przedsiębiorstwa 4.0, jak i specyfiki skuteczności zarządzania tym przedsiębiorstwem. Następnym ograniczeniem jest przyjęcie opisowo-jakościowej formuły aplikacyjnej związanej z typowymi ograniczeniami tego typu podejść, jak większa podatność na subiektywizm czy brak jednoznacznej precyzji liczbowej. Ograniczenia te można jednak istotnie mitygować poprzez stosowanie triangulacji źródeł oraz standaryzację procesu diagnostycznego. I finalnie, proponowany wielowymiarowy model skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 nie został jeszcze zweryfikowany pod kątem predykcyjnym w środowisku praktycznym. Wymaga on kolejnych badań testujących w rzeczywistych warunkach organizacyjnych. Należy podkreślić, że testowanie nie było objęte założeniami rozprawy doktorskiej.

Niniejsza rozprawa wnosi istotny wkład zarówno do teorii, jak i praktyki zarządzania przedsiębiorstwami 4.0, wypełniając zidentyfikowane luki badawcze w obszarze poznawczym, metodycznym i praktycznym. W obszarze poznawczym rozprawa przyczynia się do rozwoju teorii skuteczności zarządzania poprzez opracowanie wielowymiarowego modelu skuteczności zarządzania dedykowanego specyfice przedsiębiorstw 4.0. Zostało to opisane w rozdziale czwartym, a rozdział piąty pozwolił empirycznie potwierdzić ważność determinant i wymiarów skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Model stanowi kompleksowe ujęcie determinant skuteczności zarządzania, które wykracza poza klasyczne podejścia. Następnie w rozdziale czwartym podjęto próbę wypełnienia luki dotyczącej braku systematycznej klasyfikacji definicji przedsiębiorstwa 4.0. Przeprowadzona analiza porównawcza trzech grup eksperckich (biznes, firmy doradcze, nauka) wykazała, że sposób definiowania przedsiębiorstwa 4.0 ma znaczenie dla identyfikacji i oceny ważności determinant skuteczności. Wnosi to wkład do teorii organizacji, wskazując na konieczność uwzględnienia perspektyw różnych grup interesariuszy w procesie konceptualizacji nowych form organizacyjnych. W dalszej kolejności, rozwój teorii przywództwa poprzez identyfikację roli cyfrowego przywództwa jako kluczowej determinanty skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 według wyników analizy AHP. Zidentyfikowanie przywództwa jako jednej z trzech najważniejszych determinant w wymiarze organizacyjno-kulturowym wypełnia lukę badawczą dotyczącą stosunkowo mało rozwiniętego

dorobku naukowego w obszarze kompetencji i stylów przywództwa adekwatnych dla przedsiębiorstw 4.0.

W obszarze metodycznym rozprawa wnosi wkład poprzez opracowanie i zastosowanie zintegrowanej metodyki badawczej łączącej: przegląd literatury, wywiady eksperckie pośród czterech grup ekspertów oraz analizę AHP uzupełnioną analizą zgodności preferencji. Zastosowanie tej metodyki pozwoliło na uwzględnienie złożonych powiązań między determinantami skuteczności zarządzania, co wypełnia lukę badawczą dotyczącą braku odpowiednich metod identyfikacji i oceny determinant w złożonym środowisku przedsiębiorstw 4.0. Następnie, opracowana w rozdziale piątym formuła aplikacyjna stanowi wkład metodologiczny, oferując praktyczne podejście do diagnozowania i oceny skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwach 4.0. Formuła wymaga przetestowania w warunkach praktycznych.

W obszarze praktycznym rozprawa dostarcza managerom i praktykom zarządzania zestaw 15 kluczowych determinant skuteczności, które mogą stanowić podstawę do projektowania systemów zarządzania w przedsiębiorstwach 4.0. Identyfikacja czterech głównych wymiarów (strategiczny, wynikowy, procesowy, innowacyjno-rozwojowy), pozwala na priorytetyzację działań zarządczych i efektywną alokację ograniczonych zasobów organizacyjnych. Dodatkowo, wyniki analizy porównawczej grup eksperckich dostarczają cennych wskazówek dotyczących różnic w perspektywach biznesowej, doradczej i naukowej na skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0, co może ułatwić komunikację między różnymi grupami interesariuszy.

Podsumowując, niniejsza rozprawa wnosi merytoryczny wkład w pogłębienie zrozumienia specyfiki i skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0, ponadto w toku badań empirycznych w ramach wywiadów eksperckich, analiza argumentacji ekspertów prowadzi do rozszerzenia definicji skuteczności w kontekście ekosystemowym tzn. skuteczność nie ma charakteru autonomicznego, a staje się wypadkową interakcji z innymi podmiotami ekosystemu (koopetycja, platformy cyfrowe, współdzielenie wartości z konkurentami). Tym samym, niezbędne jest uwzględnienie w definicji strategicznego zarządzania relacjami z interesariuszami oraz technologicznego wsparcia dla budowy relacji sieciowych, co stanowi lukę w dotychczasowej literaturze. Następnym ciekawym zjawiskiem ujawnionym w toku wywiadów eksperckich jest to, że ekspansja Big Data generuje nowe wymagania kompetencyjne. Przedsiębiorstwa muszą rozwijać zdolności analityczne oraz interpretacyjne w zakresie zaawansowanych analiz predykcyjnych. Równocześnie, pojawia się problem wyjaśnialności sztucznej inteligencji (*explainable AI*) jako nowe wyzwanie metodologiczne, które wpływa na wiarygodność procesów decyzyjnych opartych na algorytmach. Widoczny jest również paradoks różnic w

postrzeganiu roli człowieka poprzez dwie zasadnicze perspektywy: zanik czynnika ludzkiego kontra wzrost znaczenia człowieka, co zostało opisane szczegółowo w rozdziale czwartym.

Uzyskane wyniki badań oraz zidentyfikowane ograniczenia wskazują na kilka istotnych kierunków przyszłych prac badawczych. Rozszerzenie badań o małe i średnie przedsiębiorstwa (MŚP) umożliwi identyfikację specyficznych determinant skuteczności zarządzania w organizacjach funkcjonujących przy ograniczonych zasobach, co ma szczególne znaczenie w kontekście barier wdrożeniowych typowych dla tego sektora. Następnie, empiryczna weryfikacja formuły aplikacyjnej w realnych warunkach działania przedsiębiorstw 4.0, w różnych branżach, pozwoli ocenić praktyczną użyteczność modelu. Konieczny jest również dalszy rozwój systemów pomiaru i wskaźników dla poszczególnych determinant skuteczności zarządzania, co pozwoli na pełną operacjonalizację modelu teoretycznego. Analizy powinny także uwzględniać wpływ specyfiki branżowej na zestaw determinant, umożliwiając identyfikację czynników uniwersalnych oraz typowych dla poszczególnych sektorów.

Bibliografia

- 2017/18 Knowledge Sharing Program with Visegrad Group: Innovation Policy for SMEs in the Era of Industry 4.0. (2018).
- Abrich, W. (2025). Wybrane praktyczne aspekty wdrażania Przemysłu 4.0. Politechnika Wrocławska.
- ACATECH. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. German National Academy of Science and Engineering.
- Ahmad, N., Shamsuddin, A. B., & Seman, N. A. A. (2018). Industry 4.0 implications on human capital: A review. *Journal for Studies in Management and Planning*, 4, 221–235.
- Aldag, R. J., & Stearns, T. M. (1987). *Management*. South-Western Publishing Company. <https://books.google.pl/books?id=kQtxQgAACAAJ>
- Alexandre, V. (2006). Some social and psychological aspects of praxiology. W R. Banajski, W. Gasparski, & A. Lewicka-Strzałecka (Red.), *Myśl T. Kotarbińskiego i jej współczesna recepcja*. Wydawnictwo PAN i TNP.
- Alonso, A. D., Vu, O. T. K., Nguyen, T. Q., McClelland, R., Nguyen, N. M., Huynh, H. T. N., & Tran, T. D. (2024). Industry 4.0 involvement and knowledge management across industries: A qualitative investigation from an emerging economy. *Journal of Business Research*, 174, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114538>
- Altschuld, J. W., & Zheng, H. Y. (1995). Assessing the Effectiveness of Research Organizations: An Examination of Multiple Approaches. *Evaluation Review*, 19(2), 197–216. <https://doi.org/10.1177/0193841X9501900205>
- Amaratunga, D., Baldry, D., Sarshar, M., & Newton, R. (2002). Quantitative and qualitative research in the built environment: Application of “mixed” research approach. *Work Study*, 51(1), 17–31. <https://doi.org/10.1108/00438020210415488>
- Anderson, E. (2017). *Empire of Cotton: A Global History*. By Sven Beckert. 2014. Vintage, New York, NY. 615 pp. *Ethnobiology Letters*, 8, 97. <https://doi.org/10.14237/eb1.8.1.2017.1068>
- Andriushchenko, K., Rudyk, V., Riabchenko, O., Kachynska, M., Marynenko, N., Shergina, L., Kovtun, V., Tepliuk, M., Zhemba, A., & Kuchai, O. (2019). Processes of managing information infrastructure of a digital enterprise in the framework of the «Industry 4.0» concept. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(3 (97)), Artykuł 3 (97). <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.157765>

- Andrzejczak, T., Lachiewicz, S., & Zdrajowska, H. (1998). Dynamika rozwoju sektora małych i średnich firm w województwie łódzkim w latach 1994-1997. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie / Politechnika Łódzka*, z. 30, nr 799, 63–74.
- Arrow, K. (1985). *Granice organizacji*, przeł. A. Erlich, PWN, Warszawa.
- Arvato Systems. (2024). NIS2. <https://www.arvato-systems.com/blog/nis2-directive-explained-simply>
- Asif, M. (2020). Are QM models aligned with Industry 4.0? A perspective on current practices. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120820. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120820>
- Audi, R. & others. (1993). *The structure of justification*. Cambridge University Press.
- Babbie, E. R. (2005). *The basics of social research* (3rd revised edition). Wadsworth Publishing.
- Bag, S., Gupta, S., & Kumar, S. (2021). Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development. *International Journal of Production Economics*, 231. <https://doi.org/10/ghnwzh>
- Bajor, A., Bąk, K., & Brzezińska, B. (2018). *Przedsiębiorstwo w erze przemysłu 4.0*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: The exercise of control. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:142746089>
- Banse, G., J., J., & Lingner, S. (2019). Industrie 4.0 zwischen idee und realität. Ein ländervergleich (T. 54, s. 402). *Leibniz-Sozietät der Wissenschaften*.
- Barnard, C. I. (1938). *The functions of the executive*. Harvard University Press.
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Bartkowiak, P., & Niewiadomski, P. (2012). Zasoby ludzkie w kontekście restrukturyzacji i zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstwa. *Zeszyty Naukowe / Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu*, 243, 51–59.
- Bartol, K. M., & Martin, D. C. (1991). *Management*. McGraw-Hill Company. <https://books.google.pl/books?id=JDcNAAAACAAJ>
- Bendkowski, J. (2016). Badania jakościowe – wybrane problemy, odniesienia do logistyki stosowanej. *Qualitative Research – Selected Problems of Applied Logistics Reference. Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie / Politechnika Śląska*, 89, 25–38.
- Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2020). Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. *International Journal of Production Economics*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107735>

- Bermúdez, M. D., & Juárez, B. F. (2017). Competencies to adopt Industry 4.0 for operations management personnel at automotive parts suppliers in Nuevo Leon. 2017, 736–747. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067108973&partnerID=40&md5=eb9e2557f85e13c2117c7cc8095dcdd7>
- Bhadu, J., Bhamu, J., & Saraswat, P. (2023). An Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach for Prioritizing the Industries 4.0 Technologies (I4.0T). 10(02).
- Bielski, M. (1986). Efektywność organizacji—Pojęcie wielowymiarowe. *Prakseologia*, 1–2, 97–98.
- Bielski, M. (1996). *Organizacje: Istota, struktury, procesy*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Bielski, M. (2002). *Podstawy teorii organizacji i zarządzania*. C. H. Beck.
- Bieniok, H., & Kekin, J. (2003). *Podstawy zarządzania przedsiębiorstwem*. 1. <https://integro.ciniba.edu.pl/integro/42100126741/ksiazka/podstawy-zarzadzania-przedsiębiorstwem>
- Bitkom VDMA. (2016). *Implementation strategy industrie 4.0: Report on the results of the industrie 4.0 platform*. Bitkom VDMA ZVEI. <https://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/2016-01/Implementation-Strategy-Industrie40.pdf>
- Blanchet, M. (2014). *Industrie 4.0: The new industrial revolution. How Europe will succeed*. Undefined. <https://www.semanticscholar.org/paper/Industrie-4.0%3A-the-new-industrial-revolution.-How-Blanchet/8623ae83ef65cdcadc21d86a9fae2b0f296dcd25>
- Board, S. E. D. (2017). *The smart industry readiness index (SIRI)*. <https://www.edb.gov.sg/en/about-edb/media-releases-publications/siri-manufacturing-transformation-insights-report-2019.pdf>
- Bogan, C. E., & English, M. J. (1994). Benchmarking for best practices: Winning through innovative adaptation. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:107492132>
- Bogner, A., & Menz, W. (2009). The theory-generating expert interview: Epistemological interest, forms of knowledge, interaction. W A. Bogner, B. Littig, & W. Menz (Red.), *Interviewing experts* (s. 43–80). Palgrave Macmillan.
- Bornet, P. (2024, września 10). *Empowering people with digital and AI-enabled performance*. Kongsberg Digital. <https://kongsbergdigital.com/blog/empowering-people-with-digital-and-ai-enabled-performance>
- Borys, T., & Rogala, P. (2011). *Doskonalenie sformalizowanych systemów zarządzania*. Difin.
- Brabham, D. C. (2008). Crowdsourcing as a Model for Problem Solving: An Introduction and Cases. *Convergence*, 14(1), 75–90. <https://doi.org/10.1177/1354856507084420>

- Braña, F.-J. (2019). A fourth industrial revolution? Digital transformation, labor and work organization: a view from Spain. *Economia e Politica Industriale: Journal of Industrial and Business Economics*, 46(3), 415–430.
- Bratman, M. (1987). Intention, plans, and practical reason.
- Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). Industry 5.0 – Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry (Nr January 2021). Directorate-General for Research and Innovation, European Commission. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en
- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2017). Artificial intelligence and the modern productivity paradox: A clash of expectations and statistics. NBER Working Paper Series, 24001. <https://doi.org/10.3386/w24001>
- Buer, S.-V., Semini, M., Strandhagen, J. O., & Sgarbossa, F. (2020). The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10/ghnw56>
- Burmeister, Lüttgens, & Piller. (2016). Business Model Innovation for Industrie 4.0: Why the „Industrial Internet” Mandates a New Perspective on Innovation. *Die Unternehmung - Swiss Journal of Business Research and Practice*, 70(2), 124–152.
- Cabała, P. (2010). Zastosowanie współczynnika konkordancji w pomiarze zgodności ocen ekspertów. *Przegląd Statystyczny*, 57(2–3), 36–52.
- Cabała, P. (2012). Planowanie scenariuszowe w zarządzaniu bezpieczeństwem strategicznym przedsiębiorstwa. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Seria Specjalna*, 213.
- Cabała, Paweł. (2007). Wprowadzenie do prakseologii: Przegląd zasad skutecznego działania. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej.
- Camanho, A. S., & Dyson, R. G. (2005). Cost efficiency measurement with price uncertainty: A DEA application to bank branch assessments. *European Journal of Operational Research*, 161(2), 432–446. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.07.018>
- Cameron. (1986a). Effectiveness as Paradox: Consensus and Conflict in Conceptions of Organizational Effectiveness. *Management Science*, 32, 539–553. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.5.539>
- Cameron, K. (1986b). A study of organizational effectiveness and its predictors. *Management Science*, 32(1), 87–112. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.1.87>

- Cameron, K., & Whetten, D. (1981). Perceptions of Organizational Effectiveness Over Organizational Life Cycles. *Administrative Science Quarterly*, 26(4), 525–544. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2392338>
- Cameron, K., & Whetten, D. (1996). Organizational Effectiveness and Quality: The second generation. *Higher Education: Handbook of Theory and Research*, 11.
- Campbell, J. P. & others. (1977). On the nature of organizational effectiveness. *New perspectives on organizational effectiveness*, 13, 55.
- Carr, N. (2008). Is Google making us stupid: What the Internet is doing to our brains. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:221024489>
- Castells, M. (2008). The New Public Sphere: Global Civil Society, Communication Networks, and Global Governance. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 616(1), 78–93. <https://doi.org/10.1177/0002716207311877>
- Castelo-Branco, I., Oliveira, T., Simões-Coelho, P., Portugal, J., & Filipe, I. (2022). Measuring the fourth industrial revolution through the Industry 4.0 lens: The relevance of resources, capabilities and the value chain. *Computers in Industry*, 138, 103639. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103639>
- Catena-X. (2025). Catena-X. Catena-X. <https://catena-x.net/>
- Catherine Truss, E. S., Amanda Shantz, & Delbridge, R. (2013). Employee engagement, organisational performance and individual well-being: Exploring the evidence, developing the theory. *The International Journal of Human Resource Management*, 24(14), 2657–2669. <https://doi.org/10.1080/09585192.2013.798921>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Chatterjee, I., Kunwar, J., & den Hond, F. (2019). Anthony Giddens and structuration theory. W S. Clegg & M. Pina e Cunha (Red.), *Management, organizations and contemporary social theory* (s. 60–79). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429279591>
- Chelladurai, P. (1987). Multidimensionality and multiple perspectives of organizational effectiveness. *Journal of Sport Management*, 1, 37–47.
- Chełpa, S. (2002). Metody badań problematyki kadrowej. W T. Listwan (Red.), *Zarządzanie kadrami* (s. 350–367). C.H. Beck.
- Collis, D. J., & Anand, B. N. (2019). The Limitations of Dynamic Capabilities. *Harvard Business School*, 20–029.

- Collis, D. J., & Montgomery, C. A. (1995). Competing on resources: Strategy in the 1990s. *Harvard Business Review*, 73(4), 118–128.
- Connolly, T., Conlon, E. J., & Deutsch, S. J. (1980). Organizational Effectiveness: A Multiple-Constituency Approach. *The Academy of Management Review*, 5(2), 211–217. <https://doi.org/10.2307/257430>
- Cortes, D., Ramirez, J., Villagomez, L. E., Batres, R., Molina, A., Velilla, A., Lozano, G., Gonzalez, E., Puente, J., Esparza, G., & Cruz, N. (2019). A model for plant digitalisation, simulation and improvement: A case study in the automotive tier one supplier. <https://doi.org/10/ghn7bw>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd wyd.). SAGE Publications.
- Cukras-Stelągowska, J. (2019). Wywiady eksperckie z przedstawicielami elit: Możliwości i ograniczenia w badaniach nad grupami o statusie mniejszościowym. *Przegląd Badań Edukacyjnych*, 29(2), 115–133.
- Cunningham, J. B. (1977). Approaches to the Evaluation of Organizational Effectiveness. *Academy of Management Review*, 2(3), 463–474. <https://doi.org/10.5465/amr.1977.4281841>
- Czakon, W. (2006). Łabędzie Poppera – case studies w badaniach nauk o zarządzaniu. *Przegląd Organizacji*, 9, 9–12.
- Czakon, W. (Red.). (2015). *Podstawy metodologii badań w naukach o zarządzaniu* (3., rozszerzone wydanie). Oficyna a Wolters Kluwer business.
- Czapla, T. (2020). *Funkcjonowanie pracowników w sytuacji zmiany. Perspektywa kompetencyjna*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Czupryna-Nowak, A. (2020). Grupy przedsiębiorstw wdrażające koncepcję Przemysłu 4.0 sektora MŚP w Polsce. W A. Michna & J. Kaźmierczak (Red.), *Przemysł 4.0 w organizacjach*. CeDeWu.
- de Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., Foropon, C., & Filho, M. G. (2018). When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 18–25. <https://doi.org/10/ghnxb4>
- Deloitte. (2017). *Tech Trends 2017: A consumer products perspective*. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/technology/us-dark-analytics-tech-trends.pdf>

- Deloitte. (2018). Odpowiedzialna firma 4.0 – oczekiwaniem nowych pokoleń wchodzących na rynek pracy. <https://www2.deloitte.com/pl/pl/pages/zarzadzania-procesami-i-strategiczne/articles/odpowiedzialna-firma-4-0.html>
- DFKI. (2025). Innovative factory systems. <https://www.dfki.de/en/web/research/research-departments/innovative-factory-systems>
- Díaz Bermúdez, M., & Flores Juárez, B. (2017). Competencies to adopt Industry 4.0 for operations management personnel at automotive parts suppliers in Nuevo Leon. *Proceedings of the 1st South American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (SAIEAM) 2017*, 736–747. <https://index.ieomsociety.org/index.cfm/article/view/ID/7939>
- Dominiczewska, M. (2025). Dynamic capabilities and firm performance: Empirical evidence from organisations in Poland. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, 217, 3–34. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2025.217.3>
- Donate, M. J., & Sánchez de Pablo, J. D. (2015). The role of knowledge-oriented leadership in knowledge management practices and innovation. *Journal of Business Research*, 68(2), 360–370.
- Döringer, S. (2021). ‘The problem-centred expert interview’. *Combining qualitative interviewing approaches for investigating implicit expert knowledge. International Journal of Social Research Methodology*, 24(3), 265–278. <https://doi.org/10.1080/13645579.2020.1766777>
- Doroszewski, W. (1963). *Podstawy gramatyki polskiej*: Witold doroszewski. Państwowe Wydawn. Naukowe. <https://books.google.pl/books?id=fLI1wAEACAAJ>
- Drucker, P. F. (1963). *Managing for Business Effectiveness*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/1963/05/managing-for-business-effectiveness>
- Drucker, P. F. (1967). *The effective executive*. Pan Books. <https://books.google.pl/books?id=LXtnngEACAAJ>
- Du, G., Zhang, P., Mai, J., & Li, Z. (2012). Markerless Kinect-based hand tracking for robot teleoperation. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 9(2), 36. <https://doi.org/10.5772/51021>
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S. J., Bryde, D. J., Giannakis, M., Foropon, C., Roubaud, D., & Hazen, B. T. (2020). Big data analytics and artificial intelligence pathway to operational performance under the effects of entrepreneurial orientation and environmental

- dynamism: A study of manufacturing organisations. *International Journal of Production Economics*, 226, 107599. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107599>
- Dyer, J. H., & Singh, H. (2018). The Relational View: Cooperative Strategy and Sources of Interorganizational Competitive Advantage. *The Academy of Management Review*, 23(4), 660–679. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/259056>
- Dziura, M., & Kaczmarek, J. (2003). Globalizacja gospodarki a nowe tendencje zarządzania przedsiębiorstwem,[w:] R. Borowiecki, M. Kwieciński (red.), *Informacja w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Pozyskiwanie, wykorzystanie i ochrona (wybrane problemy teorii i praktyki)*, Kantor Wydawniczy ZAKAMYCZE, Kraków.
- Eccles, R. G. (1991). The performance measurement manifesto. *Harvard business review*, 69 1, 131–137.
- Echeverria, L. (2012). *Idea Agent: Leadership That Liberates Creativity and Accelerates Innovation*.
- EFQM. (2019). EFQM model. EFQM.
- Eisenhardt, K. M. (1991). Better stories and better constructs: The case for rigor and comparative logic. *Academy of Management Review*, 16(3), 620–627. <https://doi.org/10.5465/amr.1991.4279496>
- Elhusseiny, H. M., & Crispim, J. (2022). SMEs, barriers and opportunities on adopting industry 4.0: A review. *Procedia Computer Science*, 196, 864–871. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.086>
- Errida, A., & Lotfi, B. (2021). The determinants of organizational change management success: Literature review and case study. *International Journal of Engineering Business Management*, 13, 18479790211016273. <https://doi.org/10.1177/18479790211016273>
- European Commission. (2024). Poland 2024 digital decade country report. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/poland-2024-digital-decade-country-report>
- European Commission. (2025a). EU cyber solidarity act. European Commission / Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cyber-solidarity>
- European Commission. (2025b). European digital innovation hubs (edihs). <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/edihs>
- European Commission. (2025c). European innovation scoreboard 2025 – country profile: Poland. Directorate-General for Research and Innovation; Directorate-General for Internal

- Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. <https://www.kowi.de/Portaldata/2/Resources/fp/ec-eis-2024.pdf>
- European Parliament and Council of the European Union. (2022). Directive (EU) 2022/2555 of 14 December 2022 on measures for a high common level of cybersecurity across the Union (Nr 2022/2555). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32022L2555>
- Fayol, H. (1916). *Administration industrielle et générale*. Dunod & E. Pinat.
- Fernandes, E., & Burcharth, A. (2024). Why traditional firms from the same industry reject digital transformation: Structural constraints of perception and attention. *Long Range Planning*, 57(2), 102426. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2024.102426>
- Fischer, J. M., & Ravizza, M. (1993). *Perspectives on moral responsibility*. Cornell University Press.
- Flynn, B. B., Schroeder, R. G., & Sakakibara, S. (1994). A framework for quality management research and an associated measurement instrument. *Journal of Operations Management*, 11(4), 339–366. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(97\)90004-8](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(97)90004-8)
- Fonseca, L., Amaral, A., & Oliveira, J. (2021). Quality 4.0: The EFQM 2020 Model and Industry 4.0 Relationships and Implications. *Sustainability*, 13(6), 3107. <https://doi.org/10.3390/su13063107>
- Ford, J. D., & Schellenberg, D. A. (1982). Conceptual Issues of Linkage in the Assessment of Organizational Performance. *The Academy of Management Review*, 7(1), 49–58. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/257248>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Fuentes, G. F., & Ruiz, E. D. L. J. (2017). Aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo de competencias matemáticas en Bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19, 71–91.
- Gaertner, G. H., & Ramnarayan, S. (1983). Organizational effectiveness: An alternative perspective. *Academy of Management Review*, 8(1), 97–107. <https://doi.org/10.2307/257172>
- Gaia-X Association (AISBL). (2025). White paper: The role of data spaces in the digital economy. https://gaia-x.eu/wp-content/uploads/2025/03/White-Paper_The-Role-of-Data-Spaces-in-the-Digital-Economy-1.pdf

- Gajdzik, B. (2020). Industry 4.0 as the challenge for employment change and for restructuring process. *Humanitas – Człowiek i Społeczeństwo*, 30(6), 123–147.
- Gajdzik, B. (2022). Steel company in Industry 4.0: Diagnosis of changes in direction to smart manufacturing based on case study. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie*, 160, 193–211. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2022.160.13>
- Gajdzik, B. (2023). Industry 5.0 as the upgrade of Industry 4.0: Towards one common concept of industrial transformation. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie*, 181, 131–150. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2023.181.9>
- Garvin, D. A. (1998). The Processes of Organization and Management. MIT Sloan Management Review. <https://sloanreview.mit.edu/article/the-processes-of-organization-and-management/>
- Gasparski, W. (2013). Teorie oraz dylematy etyczne i prakseologiczne. W W. Gasparski (Red.), *Biznes, etyka, odpowiedzialność*. Wydawnictwa Profesjonalne PWN.
- Gasparski, W., & Pszczolowski, T. (1983). *Praxiological Studies: Polish Contributions to the Science of Efficient Action*. Reidel Publishing Company.
- Gersick, C. J. G. (1988). Time and transition in work teams: Toward a new model of group development. *Academy of Management Journal*, 31(1), 9–41. <https://doi.org/10.2307/256496>
- Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Tseng, M.-L., Grybauskas, A., Stefanini, A., & Amran, A. (2023). Behind the definition of Industry 5.0: A systematic review of technologies, principles, components, and values. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 40(6), 432–447. <https://doi.org/10.1080/21681015.2023.2216701>
- Ghorpade, J. (1970). Study of Organizational Effectiveness: Two Prevailing Viewpoints. *The Pacific Sociological Review*, 13(1), 31–40. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/1388404>
- Gläser, J., & Laudel, G. (2004). Expert interviews and expert knowledge: An introduction to expert interviews in the social sciences (s. 200). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Glistau, E., Trojahn, S., Coello-Machado, N.-I., & Behrendt, F. (2024). Logistics 4.0 and the state of knowledge: Interviews with experts. *Polish Journal of Management Studies*, 30(2), 126–145. <https://doi.org/10.17512/pjms.2024.30.2.08>
- Glunk, U., & Wilderom, C. P. M. (1996). Organizational effectiveness = corporate performance? Why and how two research traditions need to be merged. research memorandum, 715. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:85524310>

- Goepel, K. D. (2013). Implementing the analytic hierarchy process as a standard method for multi-criteria decision making in corporate enterprises—A new AHP excel template with multiple inputs. *Proceedings of International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, 1–10.
- Gorevaya, E., & Khayrullina, M. (2015). Evolution of Business Models: Past and Present Trends. *Procedia Economics and Finance*, 27, 344–350. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01005-9](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01005-9)
- Gracel, J. (2018). 4 Archetypy fabryk przyszłości | Biznes i Produkcja. <https://www.astor.com.pl/biznes-i-produkcja/archetypy-fabryk-przyszlosci/>
- Gracel, J., Stoch, M., & Biegańska, A. (2017). Inżynierowie 4.0. (Nie) gotowi do zmian?
- Gregor, B., Kaczorowska-Spychalska, D., & PWN., W. N. (2020). *Technologie cyfrowe w biznesie: Przedsiębiorstwa 4.0 a sztuczna inteligencja*. Wydawnictwo Naukowe PWN. <https://books.google.pl/books?id=hEYTzgEACAAJ>
- Gregulska-Oksińska, A. (2021). Użyteczność poznawcza wywiadu jako metody badawczej zagadnienia kontroli zarządczej w jednostkach samorządu terytorialnego. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 65(3), 26–36. <https://doi.org/10.15611/pn.2021.3.03>
- Grela, G., & Hofman, M. (2021). Does insourcing of processes pay off? *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 14(3), 477–501. <https://doi.org/10.1108/JGOSS-06-2020-0029>
- Griffin, R. W. (2010). *Management*. Cengage Learning. https://books.google.pl/books?id=7_NuZvMEvdgC
- Griffin, R. W. (2013). *Fundamentals of management*. Cengage Learning. <https://books.google.pl/books?id=Fx235bL0HTcC>
- Group, B. C. (2015). *Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*. Boston Consulting Group. https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries
- Grudzewski, W. M., & Hejduk, I. (2002). *Przedsiębiorstwo przyszłości*. Agenda Wydawnicza Wrocławskiej Rady FSNT NOT.
- Gruszecki, T. (2003). *Współczesne teorie przedsiębiorstwa*. PWN. <https://eki.pl/index.php?br1=10800&detailed=PWN822>

- Guilloux-Nefussi, S. (2020). Globalization, market structure and inflation dynamics. *Journal of International Economics*, 123, 103292. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2020.103292>
- Gürdür Broo, D., & Törngren, M. (2018). Visual analytics for cyber-physical systems development: Blending design thinking and systems thinking. *Proceedings of the 14th Annual System of Systems Engineering Conference (SoSE)*. <https://doi.org/10.1109/SYS-OSE.2018.8428740>
- Guzik, B. (2009). Podstawowe modele DEA w badaniu efektywności gospodarczej i społecznej. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego. <https://books.google.pl/books?id=nWZQtwAACAAJ>
- Haimann, T., Scott, W. G., & Connor, P. E. (1985). *Managing the modern organization*. Houghton Mifflin. <https://books.google.pl/books?id=DIgoAQAAMAAJ>
- Halaška, M., & Šperka, R. (2020). Managing the business processes under the influence of Industry 4.0: Case study of loan application. *International Journal of Business Information Systems*, 34(3), 312. <https://doi.org/10.gh78hj>
- Hall, R. H. (1980). Effectiveness Theory and Organizational Effectiveness. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 16(4), 536–545. <https://doi.org/10.1177/002188638001600408>
- Hamrol, A., & Mantura, W. (2002). *Zarządzanie jakością: Teoria i praktyka*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. <https://doi.org/10/gjjvhc>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 3928–3937. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Herrera-Vidal, G., Coronado-Hernández, J. R., & Maheut, J. (2025). Complexity management challenges in the industry 4.0 era: A systematic review in production systems. *Results in Engineering*, 26, 105329. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105329>
- Hesterly, W., & Barney, J. B. (2015). *Strategic management and competitive advantage: Concept and cases*, eBook, global edition. Pearson Education. <https://books.google.pl/books?id=wwaqBwAAQBAJ>
- Holsapple, C., Lee-Post, A., & Pakath, R. (2014). A unified foundation for business analytics. *Decision Support Systems*, 64, 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.05.013>
- Holstein-Beck, M. (1987). *Szkice o pracy*. Książka i Wiedza.

- Hopf, C. (2000). Qualitative interviews – an overview. W U. Flick, E. von Kardorff, & I. Steinke (Red.), *A companion to qualitative research* (s. 203–208). SAGE Publications.
- Horvath, D., & Szabo, R. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>
- Hostelet, G. (1947). Metodologia naukowego badania czynności ludzkich. *Myśl Współczesna*, 3, 4.
- INCIT. (2025). SIRI – smart industry readiness index for manufacturers. <https://incit.org/what-we-do/siri/>
- Industrial Revolution. (2024). W *Encyclopædia Britannica*. <https://www.britannica.com/event/Industrial-Revolution>
- International Electrotechnical Commission. (2024). IEC TS 62443-6-1: Security for industrial automation and control systems – Part 6-1: Security evaluation methodology for IEC 62443-2-4 (Technical Specification Nr. 62443-6-1). International Electrotechnical Commission (IEC). <https://webstore.iec.ch/en/publication/67462>
- ISO/IEC 15408-1:2022. (2022).
- Jabłoński, M. (2009). Kompetencje pracownicze w organizacji uczącej się: Metody doskonalenia i rozwoju. Wydawnictwo CH Beck.
- Jabłoński, M. (2019). Effects of the automation on work content – selected issues. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego We Wrocławiu*, vol. 63, nr 6, 151–158.
- Jackson, J. (1991). Reporting on management effectiveness. 65(9), 16–19.
- Jäger, A., & Ranz, F. (2015). Industry 4.0: Challenges for the human factor in future production scenarios. Undefined. <https://www.semanticscholar.org/paper/Industry-4.0-%3A-challenges-for-the-human-factor-in-J%C3%A4ger-Ranz/38e39b987ae8e06bf7f9bffc8c1b95a49cf3f937>
- Jäkel, J.-I., Fischerkeller, F., Oberhoff, T., & Klemm-Albert, K. (2024). Development of a maturity model for the digital transformation of companies in the context of construction industry 4.0.
- Jaki, A. (2012). Mechanizmy procesu zarządzania wartością przedsiębiorstwa. *Zeszyty Naukowe / Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie. Seria Specjalna, Monografie*, nr 215. <http://bazekon.icm.edu.pl/bazekon/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171215791>

- Jamali, D. (2005). Changing management paradigms: Implications for educational institutions. *Journal of Management Development*, 24(2), 104–115. <https://doi.org/10.1108/02621710510579473>
- Kafel, T., & Ziębicki, B. (2009). Wymiary i kryteria oceny efektywności organizacji pozarządowych. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:204570860>
- Kagermann, H., Lukas, W.-D., & Wahlster, W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem internet der dinge auf dem weg zur 4. Industriellen revolution. *VDI nachrichten*, 13(1), 2–3.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Ghadge, A., & Raut, R. (2020). A performance measurement system for Industry 4.0 enabled smart manufacturing system in SMMEs: A review and empirical investigation. *International Journal of Production Economics*, 229, 107853. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107853>
- Kane, G. C., Palmer, D., Nguyen Phillips, A., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, not technology, drives digital transformation. *MIT Sloan Management Review*, 56(3), 1–12.
- Kanter, R. M., & Brinkerhoff, D. (1981). Organizational Performance: Recent Developments in Measurement. *Annual Review of Sociology*, 7, 321–349. JSTOR.
- Kaplan, R., & Boehm, J. (2017). Cyber strategic performance management. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:168773634>
- Kaplan, R., & Norton, D. (2001). Strategiczna karta wyników: Jak przełożyć strategię na działanie. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kaplan, R., & Norton, D. P. (2006). Alignment: Using the balanced scorecard to create corporate synergies. *Australian Journal of Management*, 31, 367–369.
- Kassem, M. S., & Moursi, M. A. (1971). Managerial Effectiveness. *Academy of Management Journal*, 14(3), 381–388. <https://doi.org/10.5465/255081>
- Keeley, M. (1978). A social-justice approach to organizational evaluation. *Administrative Science Quarterly*, 23(2), 272–292.
- Khanzode, A. G., Sarma, P. R. S., Mangla, S. K., & Yuan, H. (2021). Modeling the industry 4.0 adoption for sustainable production in micro, small & medium enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 279. <https://doi.org/10/ghnwzf>
- Kieżun, W. (1980). Podstawy organizacji i zarządzania. Książka i Wiedza.
- Kieżun, W. (1998). Sprawne zarządzanie organizacją: Zarys teorii i praktyki. Szkoła Główna Handlowa. Oficyna Wydawnicza.
- Kodeks cywilny. (1964). Dziennik Ustaw. <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU19640160093/U/D19640093Lj.pdf>

- Kolbe, M., & Boos, M. (2009). Facilitating group decision-making: Facilitator's subjective theories on group coordination. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 10(1), Art. 28.
- Koliński, A. (2011). Przegląd metod i technik oceny efektywności procesu produkcyjnego. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:166488731>
- Koliński, A., Śliwczyński, B., & Golińska-Dawson, P. (2018). Wykorzystanie symulacji jako narzędzia wspomagającego ocenę efektywności produkcji. *E-Mentor*, 3(75), 80–83.
- Konecki, K. (2000). *Metodologia badań jakościowych w naukach społecznych*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Koontz, H., O'Donnell, C., & Weihrich, H. (1986). *Essentials of management*. McGraw-Hill. <https://books.google.pl/books?id=HKJtq19vReAC>
- Kostecki, M. J. (1980). Socjologiczna koncepcja efektywności organizacyjnej. *Problemy Organizacji*, 1.
- Kostecki, M. J. (1982). Efektywność organizacyjna. Przegląd koncepcji. *Organizacja i Kierowanie*, 1–2 (27–28), 19–37.
- Kostera, M. (2003). *Antropologia organizacji. Metoda badań terenowych*. PWN.
- Kotarbiński, T. (1973). *Traktat o dobrej robocie*, wyd. 5, wyd. Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich, Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk.
- Kotarbiński, T. (1982). *Traktat o dobrej rabocie*. Zakład Narodowy im Ossolińskich. <https://books.google.pl/books?id=jH0ZAAAAMAAJ>
- Kotarbiński, T. (1999). *Dzieła wszystkie. Prakseologia, cz I*. Ossolineum, Wrocław.
- Kovaitė, K., Šūmakaris, P., & Stankevičienė, J. (2020). Digital communication channels in industry 4.0 implementation: The role of internal communication. *Management (Croatia)*, 25(1), 171–191. <https://doi.org/10/ghnw2t>
- Kowal, W. (2010). Kontrola skuteczności marketingowej—Problem zmienności interpretacji i pomiaru. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Seria : Monografie i Opracowania (nr 187)*, nr 130. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171368899>
- Kowal, W. (2013). Skuteczność i efektywność—Zróżnicowane aspekty interpretacji. *Organizacja i Kierowanie*, nr 4, 12–23.
- Kowal, W. (2015). *Sprawność organizacji Emocjonalne, behawioralne i finansowe efekty działań marketingowych w ocenie skuteczności i efektywności przedsiębiorstwa*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

- Kowal, W. (2020). Kontekstowość ocen sprawności organizacji (Contextuality of assessing organizational effectiveness and efficiency) (s. 513–524). <https://doi.org/10.18778/8220-335-6.31>
- Kownacki, S. (1976). Miary efektywności organizacyjnej. *Problemy Organizacji*, 2, 51–67.
- Kozielski, R., Mardosz-Grabowska, A., & Matuszewska, A. (2017). Sukces rynkowy organizacji. Spojrzenie wielowymiarowe. Wydawnictwo Nieoczywiste. <https://www.em-pik.com/sukces-rynkowy-organizacji-spojrzenie-wielowymiarowe-kozielski-robert-mardosz-agata-matuszewska-agata,p1140596767,ksiazka-p>
- Kozień, E. (2019). Ocena sprawności realizacji projektów. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Karkowie.
- Koźmiński, A. K., & Latusek-Jurczak, D. (2011). *Rozwój teorii organizacji*. Wolters Kluwer.
- Krajewski, M. (2020). O metodologii nauk i zasadach pisarstwa naukowego (s. 380). WN Novum, Oficyna Wydawnicza Szkoły Wyższej im. Pawła Włodkowica.
- Kreuter, A., & Wagner, M. (2003). Czynniki sprzyjające innowacyjności. *Zarządzanie na Świecie*, 12, 28.
- Krzakiewicz, K. (2013). Dynamic capabilities and knowledge management. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:153898588>
- Krzywdzinski, M. (2017). Automation, skill requirements and labour-use strategies: High-wage and low-wage approaches to high-tech manufacturing in the automotive industry. *New Technology, Work and Employment*, 32(3), 247–267. <https://doi.org/10.1111/ntwe.12100>
- Kuciński, K. (Red.). (2014). *Naukowe badanie zjawisk gospodarczych: Perspektywa metodologiczna* (s. 400). Wolters Kluwer Polska.
- Kudelska, K. (2013). Organizacja ucząca się w świetle współczesnych koncepcji zarządzania. *Warmińsko-Mazurski Kwartalnik Naukowy, Nauki Społeczne*, 3, 21–32.
- Kumar, S., Suhaib, M., & Asjad, M. (2020). Narrowing the barriers to industry 4.0 practices through PCA-Fuzzy AHP-K means. *Journal of Advances in Management Research*. <https://doi.org/10/ghnw5z>
- Kunc, M. (2024). The systems thinking approach to strategic management. *Systems*, 12(6), Artykuł 213. <https://doi.org/10.3390/systems12060213>
- Kuś, A. (2024). Competencies of the future in the context of the Industry 5.0 – challenges and prospects. *Scientific Papers of Silesian University of Technology – Organization and Management Series*, 199. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2024.199.24>

- Lalovich, P., Teshanovich, T., Bjelajac, I., Vukovic, E., von Scheel, H., & White, H. (2024). Future of work: From cubicle to tribe. *Tešanović Tesa / Agile Dynamics*.
- Larrode, E., Moreno-Jiménez, J. M., & Muerza, M. V. (2012). An AHP-multicriteria suitability evaluation of technological diversification in the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 50(17), 4889–4907. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.657975>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Laskowska-Rutkowska, A. (2020). *Cyfryzacja w zarządzaniu*. CeDeWu.
- Laskowska-Rutkowska, A. & CeDeWu. (2020). *Cyfryzacja w zarządzaniu*. CeDeWu. <https://books.google.pl/books?id=9ywZzgEACAAJ>
- Lee, H., & Sohn, I. (2016). *Fundamentals of big data network analysis for research and industry*. Wiley. <https://books.google.pl/books?id=z6PgCAAAQBAJ>
- Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. *Journal of Marketing*, 80(6), 69–96. <https://doi.org/10.1509/jm.15.0420>
- Leonard-Barton, D. (1988). Implementation as mutual adaptation of technology and organization. *Research Policy*, 17(5), 251–267. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(88\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(88)90006-6)
- Lewandowski, P., & Magda, I. (b.d.). *Zatrudnienie w Polsce 2013 – Praca w dobie przemian strukturalnych*. IBS - Instytut Badań Strukturalnych. Pobrano 25 marca 2022, z <https://ibs.org.pl/publications/zatrudnienie-w-polsce-2013-praca-w-dobie-przemian-strukturalnych-publikacja/>
- Lewin, A. Y., & Minton, J. W. (1986). Determining Organizational Effectiveness: Another Look, and an Agenda for Research. *Management Science*, 32(5), 514–538. JSTOR.
- Leyh, C., Schäffer, T., & Forstenhäusler, S. (2016). SIMMI 4.0—Proposal of a maturity level model for the classification of the enterprise-wide application system landscape with focus on Industry 4.0 (N. V. Fischer D., Strassburger S. Stelzer D., Red.; T. 2, s. 981–992). *Universitätsverlag Ilmenau*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84973569015&partnerID=40&md5=44ad7563b15552885536624a5d7f2342>
- Li, J., Huang, J., Liu, J., & Zheng, T. (2022). Human-AI cooperation: Modes and their effects on attitudes. *Telematics and Informatics*, 73, 101862. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2022.101862>

- Li, J., Tao, F., Cheng, Y., & Zhao, L. (2015). Big Data in product lifecycle management. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 81(1–4), 667–684.
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E., & Schröter, M. (2015). Industrie 4.0 readiness: Implications of chinese competitor strategies for german machinery manufacturers. IMPULS-Stiftung (Foundation for Mechanical Engineering, Plant & Information Technology) VDMA. <https://www.impuls-stiftung.de/wp-content/uploads/2022/05/Industrie-4.0-Readiness-english.pdf>
- Lieto, A., & Cruciani, M. (2013). Artificial Intelligence and Cognition. *Proceedings of the First International Workshop AIC 2013. CEUR Workshop Proceedings*.
- Loureiro, R., Ferreira, J. J. M., & Simões, J. (2021). Approaches to measuring dynamic capabilities: Theoretical insights and the research agenda. *Journal of Engineering and Technology Management*, 62, 101657. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2021.101657>
- Lubińska, T. (2009). Nowe zarządzanie publiczne: Skuteczność i efektywność: Budżet zadaniowy w polsce. Centrum Doradztwa i Informacji "Difin".
- Łobaziewicz, M., Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa, & Dom Organizatora. (2019). Zarządzanie inteligentnym przedsiębiorstwem w dobie Przemysłu 4.0. TNOiK Dom Organizatora.
- Marcinkowska, M. (2011). Tworzenie wartości przedsiębiorstwa dla interesariuszy. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia*, nr 37, 855–870.
- Marciszewski, W. (1970). *Mała encyklopedia logiki*. Ossolineum.
- Martusewicz, J., Szewczyk, K., & Wierzbic, A. (2021). EFQM RADAR-based assessment of RFID system as part of industry 4.0 implementation—A case study of a production plant. *Industry 4.0*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:237721536>
- Martusewicz, J., & Wierzbic, A. (2024). Model EFQM – obszary, kryteria, narzędzie RADAR. W P. Rogala, J. Martusewicz, & A. Wierzbic (Red.), *Doskonałość biznesowa – istota i modele* (s. 51–67). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Masiukiewicz, P. (2017). Sprawność jako kryterium oceny zarządzania. *Prakseologia i Zarządzanie. Zeszyty Naukowe TNP*, 2. <https://cor.sgh.waw.pl/handle/20.500.12182/556>
- Masiukiewicz, P. (2018). New areas of research in praxiology. W W. Gasparski (Red.), *The International Annual of Practical Philosophy and Methodology* (s. 114–123). Routledge.
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital Transformation Strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57(5), 339–343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>

- Mayer-Schönberger, V., Cukier, K., Glatki, M., & MT Biznes. (2014). *Big data: Rewolucja, która zmieni nasze myślenie, prace i życie*. MT Biznes.
- Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung* (5. wyd.). Beltz Verlag.
- Mayring, P. (2023). *Qualitative content analysis: A step-by-step guide* (3rd wyd.). SAGE Publications.
- Mazur, S. (Red.). (2022). *Industrial Revolution 4.0: Economic foundations and practical implications*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003264170>
- Mazurkiewicz, A. (2011). Sprawność działania—Interpretacja teoretyczna pojęcia. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, z. nr 20, 47–57.
- Mączyńska, E., & Okoń-Horodyńska, E. (2020). Przedsiębiorstwo i jego otoczenie w obliczu czwartej rewolucji przemysłowej—Wyzwania, szanse i zagrożenia. *Przegląd Organizacji*, nr 1, 9–21. <https://doi.org/10.33141/po.2020.01.01>
- McGuire, J., Schneeweis, T., & Hill, J. (1986). An analysis of alternative measures of strategic performance. *Advances in Strategic Management*, 4, 127–154.
- Mele, A. R. (1997). The philosophy of action. *Donald Davidson*, 64.
- Meuser, M., & Nagel, U. (1991). Experteninterviews—Vielfach erprobt, wenig bedacht. W D. Garz & K. Kraimer (Red.), *Qualitativ-empirische sozialforschung: Konzepte, methoden, analysen* (s. 441–471). Westdeutscher Verlag.
- Meuser, M., & Nagel, U. (2009). The expert interview and changes in knowledge production. https://doi.org/10.1057/9780230244276_2
- Meyer, M. W., & Gupta, V. (1994). The Performance Paradox. W B. M. Staw & L. L. Cummings (Red.), *Research in Organizational Behavior* (s. 309–369). JAI Press.
- Miche, M., Schreiber, D., & Hartmann, M. (2009). Core Services for Smart Products. <https://www.semanticscholar.org/paper/Core-Services-for-Smart-Products-Miche-Schreiber/d998c2983ddce81f8549b4750bd837ff43035a19>
- Mihardjo, L., Sasmoko, S., Alamsjah, F., & Djap, E. (2019). Digital leadership role in developing business model innovation and customer experience orientation in industry 4.0. *Management Science Letters*, 9, 1749–1762. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2019.6.015>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1984). *Qualitative data analysis: A sourcebook of new methods*. SAGE Publications.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2. wyd.). SAGE Publications.

- Miński, R. (2017). Wywiad pogłębiony jako technika badawcza. Możliwości wykorzystania IDI w badaniach ewaluacyjnych. *Przegląd Socjologii Jakościowej*, 13(3), 30–51. <https://doi.org/10.18778/1733-8069.13.3.02>
- Młody, M., & Weinert, A. (2019a). Industry 4.0 in Poland: A Systematic Literature Review and Future Research Directions. *Contemporary Challenges in Cooperation and Coopetition in the Age of Industry 4.0*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30549-9_2
- Młody, M., & Weinert, A. (2019b). Przemysł 4.0 w Polsce. Potrzeby przedsiębiorstw w zakresie kompetencji—Raport z badania.
- Moczydłowska, J. M. (2015). Koncepcja „przedsiębiorstwa przyszłości” jako źródło nowych paradygmatów w obszarze zarządzania kapitałem ludzkim. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie*, nr 2, 27–36. <https://doi.org/10.5604/18998658.1154702>
- Moharm, K. (2019). State of the art in big data applications in microgrid: A review. *Advanced Engineering Informatics*, 42, 100945. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.100945>
- Moreira, F., Ferreira, M. J., & Seruca, I. (2018). Enterprise 4.0 – the emerging digital transformed enterprise? *Procedia Computer Science*, 138, 525–532. <https://doi.org/10/ghnxgv>
- Mourtzis, D., Vlachou, E., & Milas, N. (2016). Industrial big data as a result of IoT adoption in manufacturing. *Procedia CIRP*, 55, 290–295.
- Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2018). What drives the implementation of industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247. <https://doi.org/10.3390/su10010247>
- Mullins, L. J. (2008). *Essentials of organisational behaviour*. Financial Times/Prentice Hall. <https://books.google.pl/books?id=7J1Zk-nx-4MC>
- Naglič, A., Tominc, P., & Logozar, K. (2020). The impact of industry 4.0 on export market orientation, market diversification, and export performance. *Organizacija*, 53(3), 227–244. <https://doi.org/10/ghnkfm>
- Nalewajko, E. (1983). Niektóre teoretyczne ujęcia efektywności organizacyjnej. *Studium literatury*. „Organizacja i Kierowanie”, „Organizacja i Kierowanie”, 1(31).
- NASK OSiC. (2025). Cybersecurity certification: Polish parliament introduces national system – a strong impulse for digital resilience. *Naukowa i Akademicka Sieć Komputerowa / NASK OSiC*. <https://certyfikacja.nask.pl/en/cybersecurity-certification-polish-parliament-introduces-national-system-a-strong-impulse-for-digital-resilience/>

- Nenadál, J. (2020). The new EFQM model: What is really new and could be considered as a suitable tool with respect to Quality 4.0 concept? *Quality Innovation Prosperity*, 24(1), 17–28. <https://doi.org/10.12776/QIP.V24I1.1415>
- Nguyen, T. A. V., Tucek, D., & Pham, N. T. (2023). Indicators for TQM 4.0 model: Delphi Method and Analytic Hierarchy Process (AHP) analysis. *Total Quality Management & Business Excellence*, 34(1–2), 220–234. <https://doi.org/10.1080/14783363.2022.2039062>
- Noga, A. (2011). *Teorie przedsiębiorstw*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Nørreklit, H. (2000). The balance on the balanced scorecard: A critical analysis of some of its assumptions. *Management Accounting Research*, 11, 65–88.
- Nosalska, K., Piątek, Z. M., Mazurek, G., & Rządca, R. (2019). Industry 4.0: Coherent definition framework with technological and organizational interdependencies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 837–862. <https://doi.org/10/gjjvhj>
- Noura, M., Atiquzzaman, M., & Gaedke, M. (2018). Interoperability in internet of things: Taxonomies and open challenges. *Mobile Networks and Applications*, 24, 796–809.
- Oberer, B., & Erkollar, A. (2018). Leadership 4.0: Digital Leaders in the Age of Industry 4.0 (SSRN Scholarly Paper Nr ID 3337644). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=3337644>
- Oberländer, A. M., Karnebogen, P., Rövekamp, P., Röglinger, M., & Leidner, D. E. (2025). Understanding the influence of digital ecosystems on digital transformation: The OCO (orientation, cooperation, orchestration) theory. *Information Systems Journal*, 35(1), 368–413. <https://doi.org/10.1111/isj.12539>
- Olmstead, L. (2022, grudnia 2). 9 Critical Digital Transformation Challenges to Overcome (2025). The Whatfix Blog | Drive Digital Adoption. <https://whatfix.com/blog/digital-transformation-challenges/>
- Opolski, K., & Modzelewski, P. (2009). Pomiar skuteczności i efektywności w urzędach administracji samorządowej–podejście metodologiczne. *MAZOWSZE Studia Regionalne*, 2, 33–52.
- Ouadoud, M., Nejari, A., Chkouri, M. Y., & Kadiri, K. E. E. (2017). Learning management system and the underlying learning theories. *Symposium on computer animation*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:196018889>
- PARP, P. A. R. P. (2025). PARP uruchamia platformę... <https://www.parp.gov.pl/component/content/article/88365:parp-uruchamia-platforme-wspierajaca-cyfrizacje>

- Pearce, R. J. (2000). The General Manager's Perspective On How Factionalism Can Impact the Behaviors and Effectiveness of Top Managers Inside A Shared Management Joint Venture. *Journal of Management and Governance*, 4(3), 189–206. <https://doi.org/10.1023/A:1026582312232>
- Pelc, M. (2012). Elementy metodologii badań naukowych (s. 98). Akademia Obrony Narodowej.
- Penc, J. (2003). Zarządzanie w warunkach globalizacji. Difin.
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214. <https://doi.org/10/gf3pjm>
- Peters, G. (1994). Benchmarking customer service. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:166713511>
- Plastech.biz. (2025, października 9). Automotive leads new installs: IFR data for Europe and world 2024. <https://www.plastech.biz/en/news/Automotive-leads-new-installs-IFR-data-for-Europe-and-world-21294>
- Plekhanov, D., Franke, H., & Netland, T. H. (2023). Digital transformation: A review and research agenda. *European Management Journal*, 41(6), 821–844. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2022.09.007>
- Pollak, A., Hilarowicz, A., Walczak, M., & Gąsiorek, D. (2020). A framework of action for implementation of industry 4.0: An empirically based research. *Applied Sciences*, 10(14), 4858. <https://doi.org/10.3390/app10144858>
- Poniewierski, A. (2019). Speed: No limits in the digital era.
- Porter, M. E. (1992). Strategia konkurencji. Metody analizy sektorów i konkurentów. PWE.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, 92(11), 64–88.
- Price, J. L. (1972). The Study of Organizational Effectiveness. *The Sociological Quarterly*, 13(1), 3–15. <https://doi.org/10.1111/j.1533-8525.1972.tb02100.x>
- Prusak, A. (2018). Miejsce nauki we współczesnych przedsiębiorstwach. ISSN 2451-2052–wersja elektroniczna ISSN 2544-4336–wersja drukowana, 111.
- Prusak, A., & Stefanów, P. (2014). AHP - analityczny proces hierarchiczny. Budowa i analiza modeli decyzyjnych krok po kroku. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.

- Prusak, A., Strojny, J., & Stefanow, P. (2014). Analityczny proces hierarchiczny (AHP) na skróty—Kluczowe pojęcia i literatura / analytic hierarchy process (AHP) for shortcut—Key concepts and literature. *Humanities and Social Sciences*, 19(21(4)), 179–192.
- Przegalinska, A., Triantoro, T., Kovbasiuk, A., Ciechanowski, L., Freeman, R. B., & Sowa, K. (2025). Collaborative AI in the workplace: Enhancing organizational performance through resource-based and task-technology fit perspectives. *International Journal of Information Management*, 81, 102853. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102853>
- Pszczołowski, T. (1967). *Prakseologiczna teoria ocen*. *Prakseologia*.
- Pszczołowski, T. (1969). *Przechodzenie od rejestru cech do ocen jakości wyrobu i pracy*.". *Prakseologia*.
- Pszczołowski, T. (1977). Celowość, skuteczność i efektywność. *Prakseologia*, 3 (63), 5–13.
- Pszczołowski, T. (1978). *Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji*. Ossolineum.
- Pszczołowski, T. (1982). *Zasady sprawnego działania: Wstęp do prakseologii*. Wiedza Powszechna. <https://books.google.pl/books?id=JIEQAQAIAAJ>
- PwC. (2016). *Przemysł 4.0, czyli wyzwania współczesnej produkcji*.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- Quinn, R. E., & Cameron, K. (1983). Organizational Life Cycles and Shifting Criteria of Effectiveness: Some Preliminary Evidence. *Management Science*, 29(1), 33–51. <https://doi.org/10.1287/mnsc.29.1.33>
- Quinn, R. E., & Rohrbaugh, J. (1981). A competing values approach to organizational effectiveness. *Public Productivity Review*, 5(2), 122–140.
- Rada Ministrów. (2024). Rozporządzenie rady ministrów z dnia 21 maja 2024 r. W sprawie krajowych ram interoperacyjności. <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20240000773>
- Ranjan, S., Jha, V. K., & Pal, P. (2016). Literature review on ERP implementation challenges. 16. <https://doi.org/10/gh7983>
- Raport TechImpact™ 2024: Jak technologie mogą wpływać na wyniki finansowe producentów w branży FMCG. (2024). Akademia Leona Koźmińskiego, ASTOR. https://www.astor.com.pl/downloads/raporty/Raport_TechImpact_2024_.pdf
- Rappaport, A. (1986). *Creating shareholder value: The new standard for business performance*. Free Press / Collier Macmillan.

- Rastogi, R., & Dave, V. (2004). Managerial effectiveness: A function of personality type and organisational components. *Singapore Management Review*, 26(2), 79+. Gale Academic OneFile.
- Rejikumar, G., Raja Sreedharan V., Jinil Persis, & Sreeraj K.M. (2019). Industry 4.0: Key findings and analysis from the literature arena. *Benchmarking: An International Journal*, 26(8), 2514–2542. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0281>
- Reykowski, J. (1977). *Z zagadnień psychologii motywacji*. WSiP.
- Ríos, J., Mas, F., Marcos Bárcena, M., Vila, C., Ugarte, D., & Chevrot, T. (2017). Accelerating the adoption of industry 4.0 supporting technologies in manufacturing engineering courses. *New frontiers in manufacturing engineering and materials processing training and learning III*, 903, 100–111. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.903.100>
- Robbins, S. P. (2005). *Organizational behavior*. Pearson Prentice Hall. <https://books.google.pl/books?id=qYtxQgAACAAJ>
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2), 215824401665398. <https://doi.org/10/gf7wwv>
- Rogala, P. (2009). Doskonałość w zarządzaniu – istota i modele / Excellence in management – the nature and models. *Problemy Jakości*, 4, 11–13.
- Romaniuk, R. (2020). Systemy Informatyczne Jako Fundament Przedsiębiorstwa 4.0. W B. Gregor & D. Kaczorowska-Spychalska (Red.), *Technologie cyfrowe w biznesie. Przedsiębiorstwa 4.0 a sztuczna inteligencja*. PWN.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). *Intelligence artificielle* (3e éd). Pearson education.
- Russell, S. J., Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach*. Pearson. <https://books.google.pl/books?id=koFptAEACAAJ>
- Saaty, T. L. (1987). The analytic hierarchy process—What it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Saaty, T. L., & Vargas, L. (2001). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* (T. 34). Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1665-1>
- Sachsenmeier, P. (2016). Industry 5.0—The relevance and implications of bionics and synthetic biology. *Engineering*, 2(2), 225–229. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.02.015>

- Salkin, C., Oner, M., Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). A Conceptual Framework for Industry 4.0. W A. Ustundag & E. Cevikcan, *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* (s. 3–23). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_1
- Saniuk, S., & Grabowska, S. (2023). The industry 5.0 concept as a game changer for the fourth industry revolution. W M. Hajdas (Red.), *Game changers in management* (s. 44–53). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. <https://doi.org/10.15611/2023.10.9.03>
- Sarbu, M. (2022). The impact of Industry 4.0 on innovation performance: Insights from German manufacturing and service firms. *Technovation*, 113, 102415. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102415>
- Schein, E. H., & Schein, P. A. (2016). *Organizational culture and leadership*. Wiley. <https://books.google.pl/books?id=l2jpCgAAQBAJ>
- Schermerhorn, J. R., Hunt, & Osborn, R. N. (2005). *Organizational behavior*. Wiley. <https://books.google.pl/books?id=LcCljskx08QC>
- Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R.-C., Reichstein, C., Neumaier, P., & Jozinović, P. (2015). Industry 4.0—Potentials for creating smart products: Empirical research results. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 208, 16–27. <https://doi.org/10/ghnxd7>
- Schneider, P. (2018). Managerial challenges of Industry 4.0: An empirically backed research agenda for a nascent field. *Review of Managerial Science*, 12(3), 803–848. <https://doi.org/10.1007/s11846-018-0283-2>
- Schoonenboom, J., & Johnson, R. B. (2017). How to construct a mixed methods research design. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 69(2), 107–131. <https://doi.org/10.1007/s11577-017-0454-1>
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., & Wahlster, W. (2018). *Industrie 4.0 maturity index: Managing the digital transformation of companies*. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab/>

- Scott, W. R. (1977). Effectiveness of Organizational Effectiveness Studies. W P. S. Goodman & J. M. Pennings, (Red.), *New Perspectives on Organizational Effectiveness* (s. 63–96). Jossey-Bass.
- Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization* (Revised and updated edition). Doubleday / The Crown Publishing Group, Random House, Inc.
- Shaw, E. H. (2000). *Nowe spojrzenie na marketing*. Studio Emka.
- Shaw, E. H. (2009). A general theory of systems performance criteria. *International Journal of General Systems*, 38(8), 851–869. <https://doi.org/10.1080/03081070903270543>
- Shet, S. V., & Pereira, V. (2021). Proposed managerial competencies for Industry 4.0 – Implications for social sustainability. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121080. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121080>
- Shorten, A., & Smith, J. (2017). Mixed methods research: Expanding the evidence base. *Evidence-Based Nursing*, 20(3), 74–75. <https://doi.org/10.1136/eb-2017-102699>
- Siemens. (2024). DIGI Index 2024: Raport o stanie cyfryzacji przedsiębiorstw. <https://www.siemens.com/pl/pl/o-firmie/informacje-prasowe/info-prasowe/2024/digi-index-2024.html>
- Sikora, D., & Kulczycki, A. (2008). Efektywność oddziału banku detalicznego jako czynnik przewagi konkurencyjnej. *CeDeWu*.
- Simons, R. A. (2000). Performance measurement and control systems for implementing strategy: Text and cases. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:106666703>
- Sivathanu, B., & Pillai, R. (2018). Smart HR 4.0 – how industry 4.0 is disrupting HR. *Human Resource Management International Digest*, 26(4), 7–11. <https://doi.org/10.1108/HRMID-04-2018-0059>
- Škrinjarić, B., & Domadenik, P. (2019). Examining the role of key competences in firm performance. *International Journal of Manpower*, 41(4), 391–416. <https://doi.org/10.1108/IJM-10-2018-0349>
- Słownik wyrazów obcych PWN (s. 665). (2004).
- SmartFactory-KL. (2020). Production level 4 – corporate declaration. SmartFactory Kaiserslautern. <https://www.smartfactory.de/en/production-level-4/>
- Smuts, S., van der Merwe, A., & Smuts, H. (2020). A strategic organisational perspective of industry 4.0: A conceptual model. *Responsible Design, Implementation and Use of Information and Communication Technology*, 12066, 89–101.

- Sokołowski, A., & Markowska, M. (2021). Dostosowanie przedsiębiorstw do wymogów czwartej rewolucji przemysłowej – ujęcie regionalne. *Wiadomości Statystyczne*, 66(1).
- Stabryła, A. (1977). Relacje systemotwórcze w organizacji działania zbiorowego. *Prakseologia*.
- Stabryła, A. (2018). *Podstawy organizacji i zarządzania: Podejścia i koncepcje badawcze*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego.
- Stabryła, A., & Wawak, S. (2012). *Metody badania i modele rozwoju organizacji*. Mfiles.pl. <https://books.google.pl/books?id=--uam5O1ztwC>
- Stachowicz, J., & Nowicka-Skowron, M. (2019). Opportunities and threats to the functioning of contemporary socially responsible enterprises organized according to the concept of ‘industry 4.0’ [Szanse i zagrożenia dla funkcjonowania współczesnych przedsiębiorstw odpowiedzialnych społecznie zorganizowanych zgodnie z koncepcją „przemysłu 4.0”]. *Polish Journal of Management Studies*, 20(1), 415–428. <https://doi.org/10.17512/pjms.2019.20.1.36>
- Stawiarska, E., Szwajca, D., Matuszek, M., & Wolniak, R. (2024). Wdrażanie rozwiązań Przemysłu 4.0 w wybranych funkcjonalnych obszarach zarządzania przedsiębiorstw branży motoryzacyjnej. *CeDeWu*. <https://www.poczytaj.pl/ksiazka/wdrazanie-rozwiazan-przemyslu-40-w-wybranych-funkcjonalnych,583982>
- Steczkowski, J., & Zelas, A. (1997). *Metody statystyczne w badaniach cech jakościowych*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie.
- Steers, R. M. (1975). Problems in the Measurement of Organizational Effectiveness. *Administrative Science Quarterly*, 20(4), 546. <https://doi.org/10.2307/2392022>
- Stempień, J. R., & Rostocki, W. A. (2013). Wywiady eksperckie i wywiady delfickie w socjologii – możliwości i konsekwencje wykorzystania. Przykłady doświadczeń badawczych. *Przegląd Socjologiczny*, 62/2013, 87–100.
- Stoner, J. A. F., & Wankel, C. (1992). *Kierowanie*. PWE.
- Strojny, J. (2016). Wykorzystanie metody AHP w modelowaniu systemu zarządzania strategicznego rozwojem jednostki samorządu terytorialnego. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 444, 460–477. <https://doi.org/10.15611/pn.2016.444.41>
- Suchodolski, A. (Red.). (1965). *Wielka encyklopedia powszechna PWN* (T. 5). Państwowe Wydaw. Naukowe. <https://biblioteka.archiwa.gov.pl/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?myhash=0x79ED6676232432418E6775693A08B554&mysearchid=90&bib=17592>
- Sudol, S. (2006). *Przedsiębiorstwo: Podstawy nauki o przedsiębiorstwie : zarządzanie przedsiębiorstwem*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

- Sukhodolov, Y. A. (2019). The Notion, Essence, and Peculiarities of Industry 4.0 as a Sphere of Industry. W E. G. Popkova, Y. V. Ragulina, & A. V. Bogoviz (Red.), *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century* (T. 169, s. 3–10). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7_1
- Sulek, M. (2016). Zarządzanie i dowodzenie w świetle nowej prakseologii. *Prakseologia i Zarządzanie. Zeszyty Naukowe Towarzystwa Naukowego Prakseologii*, 1, 13–23.
- Szpaderski, A. (2006). Postulat prakseologii jako teorii podstawowej dla nauk organizacji i zarządzania. *Przykłady zastosowań. Organizacja i Kierowanie*, nr 2, 3–32.
- Sztumski, J. (2010). Wstęp do metod i technik badań społecznych (7 zmienione i uzupełnione, s. 303). Wydawnictwo Naukowe Śląsk.
- Śledziwska, K., & Włoch, R. (2020). Gospodarka cyfrowa. Jak nowe technologie zmieniają świat. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:218825523>
- Śledziwska, K., & Włoch, R. (2024). Polskie MŚP na drodze do Przemysłu 4.0: Szanse, wyzwania, bariery (s. 1–11). https://ppg.ibnigr.pl/wp-content/uploads/2024/11/ppg_katarzyna-sledziwska-i-renata-wloch.pdf
- Świątkowska, J. (2017). Bezpieczeństwo fundamentem sukcesu czwartej rewolucji przemysłowej. *Napędy i Sterowania*, 12, 110–111.
- Świerk, J. (2009). Mapa strategii i strategiczna karta wyników w planowaniu działań przedsiębiorstwa. Studium teoretyczno-empiryczne. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej.
- Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H., & Sui, F. (2018). Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9), 3563–3576. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>
- Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. Harper & Brothers.
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Southern Medical Journal*, 28, 1319–1350.
- Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.06.007>
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. JSTOR.
- Terrell, S. R. (2012). Mixed-methods research methodologies. *The Qualitative Report*, 17(1), 254–280. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2012.1819>

- The Smart Industry Readiness Index. (2019, października 22). <https://www.edb.gov.sg/en/about-edb/media-releases-publications/advanced-manufacturing-release.html>
- Thompson-Bahm, H., Teixeira, J. E., & Lobo, R. C. G. (2025). Enhancing sustainability and human centricity through emerging technologies from Industry 4.0 to Industry 5.0: An integrative literature review. *Corporate Governance and Sustainability Review*, 9(3).
- Tirabeni, L., Bernardi, P. D., Forliano, C., & Franco, M. (2019). How can organisations and business models lead to a more sustainable society? A framework from a systematic review of the industry 4.0. Sustainability. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:210136546>
- Tiutiunyk, I., Drábek, J., Antoniuk, N., Navickas, V., & Rubanov, P. (2021). The impact of digital transformation on macroeconomic stability: Evidence from EU countries. *Journal of International Studies*, 14(3), 1172–1188. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2021/14-3/14>
- Towne, H. R. (1986). The engineer as an economist. *Academy of Management Best Papers Proceedings*, 3. Business Source Ultimate. <https://doi.org/10.5465/AMBPP.1986.4976735>
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 – A glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 234–241.
- Van Audenhove, L., & Donders, K. (2019). Talking to people III: Expert interviews and elite interviews. W L. Van Audenhove, K. Donders, & K. Loisen (Red.), *Communication and media policy in the era of platforms* (s. 179–197). Springer.
- VDA (2023. wyd.). (2023). Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA).
- Venkatraman, N., & Ramanujam, V. (1987). Measurement of business economic performance: An examination of method convergence. *Journal of Management*, 13(1), 109–122.
- von Bertalanffy, L. (1969). *General system theory: Foundations, development, applications*. G. Braziller. <https://books.google.pl/books?id=F5ohAQAAIAAJ>
- Von Scheel, H. (2021). The great manufacturing remake. <https://factory40.ro/wp-content/uploads/2021/10/The-great-Manufacturing-remake-Henrik-von-Scheel-Industry-4.0-originator-1.pdf>
- Wahl, P., & Flejterski, S. (2003). *Ekonomia globalna*. Wydawnictwo Difin S.A. <https://eki.pl/index.php?br1=10000&br2=10400&detailed=DIF251>
- Wamba, S. F., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S. J., Dubey, R., & Childe, S. J. (2017). Big data analytics and firm performance: Effects of dynamic capabilities. *Journal of Business Research*, 70, 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.009>

- Wan, J., Humar, I., & Zhang, D. (Red.). (2016). Industrial iot technologies and applications. Springer Berlin Heidelberg.
- Wawak, S. (2013a). Effectiveness, efficiency, efficacy... <https://wawak.pl/pl/content/effectiveness-efficiency-efficacy#:~:text=Poj%C4%99cie%20effectiveness%20jest%20definiowane%20jako%20%22the%20degree%20to,zamierzzonego%20efektu.%20Nale%C5%BCy%20je%20wi%C4%99c%20t%C5%82umaczy%C4%87%20jako%20skuteczno%C5%9B%C4%87>.
- Wawak, S. (2013b). Performance = sprawność? <https://wawak.pl/pl/content/performance-sprawnosc>
- Wawak, S. (2018). Koncepcja oceny sprawności zarządzania jakością w przedsiębiorstwie (T. 255). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.
- Wedzki, D. (2006). Analiza wskaźnikowa sprawozdania finansowego. Wolters Kluwer Polska.
- Weking, J., Stöcker, M., Kowalkiewicz, M., Böhm, M., & Krcmar, H. (2018). Archetypes for Industry 4.0 Business Model Innovations. AMCIS.
- Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5(2), 171–180.
- Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Press.
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D. (2015). Towards Industry 4.0—Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48, 579–584.
- Wisdom, J., & Creswell, J. W. (2013). Mixed methods: Integrating quantitative and qualitative data collection and analysis while studying patient-centered medical home models. <https://www.jcoinctc.org/wp-content/uploads/Mixed-Methods-Participant-Guide.pdf>
- Wolniak, R. (2024). Forecasting demand – utilizing business analytics in Industry 4.0 environments. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, 196, 609–624. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2024.196.41>
- Wolniak, R., & Grebski, W. (2023). The usage of benchmarking in Industry 4.0 conditions. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, 188, 40–49. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2023.188.40>
- Wolniak, R., & Tomecki, I. (2024). The usage of PDCA cycle in Industry 4.0 conditions. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, 210, 625–637. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2024.210.41>

- World Economic Forum. (2025). The future of jobs report 2025. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/>
- Woźniak, J., Budzik, G., & Zimon, D. (2018). Industry 4.0 and additive manufacturing technologies. W *Industry 4.0 – foundations and development* (s. 365–367).
- Wójciak, M. (2015). Metody oceny zgodności opinii ekspertów na potrzeby badania foresight. *Studia Ekonomiczne / Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach*, 220, 58–77.
- Wyskwarski, M. (2015). Zarządzanie relacjami z klientem z wykorzystaniem aplikacji dostępnych w modelu SaaS. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie / Politechnika Śląska*, 86, 549–558.
- Yaacoub, J.-P. A., Salman, O., Noura, H. N., Kaaniche, N., Chehab, A., & Malli, M. (2020). Cyber-physical systems security: Limitations, issues and future trends. *Microprocessors and Microsystems*, 77, 103201. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103201>
- Yamada, G. (1972). Improving management effectiveness in the federal government. *Public Administration Review*, 32, 764.
- Yeman, R. (2024). The challenges of building cyber-physical systems. <https://www.infoq.com/news/2024/01/cyber-physical-systems/>
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3rd wyd.). SAGE Publications.
- Yuchtman, E., & Seashore, S. E. (1967). A System Resource Approach to Organizational Effectiveness. *American Sociological Review*, 32(6), 891–903. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2092843>
- Zajac, Cz. (2019). Zarządzanie kapitałem ludzkim współczesnych przedsiębiorstw. Szanse i zagrożenia. XLI międzynarodowa konferencja naukowa nowoczesność przemysłu i usług.
- Zarte, M., Pechmann, A., Wermann, J., Gosewehr, F., & Colombo, A. W. (2016). Building an Industry 4.0-compliant lab environment to demonstrate connectivity between shop floor and IT levels of an enterprise. *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 6590–6595. <https://doi.org/10.1109/IECON.2016.7792956>
- Zhang, C., Wang, Z., Zhou, G., Chang, F., Ma, D., Jing, Y., Cheng, W., Ding, K., & Zhao, D. (2023). Towards new-generation human-centric smart manufacturing in Industry 5.0: A systematic review. *Advanced Engineering Informatics*, 57, 102121. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102121>
- Zieleniewski, J. (1974). *Prakseologia a teoria organizacji*, „Prakseologia”, nr 2.
- Zieleniewski, J. (1979). *Organizacja i zarządzanie*. PWN.

- Zieleniewski, J. (1982). Organizacja Zespołów Ludzkich: Wstęp do Teorii Organizacji i Kierowania (T. 12). PWN.
- Ziębicki, B. (2007). Benchmarking w doskonaleniu organizacji usług użyteczności publicznej. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:167146399>
- Ziębicki, B. (2010). Współczesne koncepcje oceny efektywności organizacyjnej—Próba porównania. W T. Dudycz & G. Osbert-Pociecha (Red.), *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu—Efektywność – rozważania nad istotą i pomiarem* (s. 632–642).
- Ziębicki, B. (2011). Efektywność organizacyjna podmiotów sektora publicznego. *Zeszyty Naukowe/Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie. Seria Specjalna, Monografie*, 234.
- Ziębicki, B. (2014). Efektywność organizacyjna podmiotów sektora publicznego. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:107168380>

Spis tabel

Tab. 1.1. Cechy poszczególnych generacji przedsiębiorstw w rewolucjach przemysłowych .	11
Tab. 1.2. Archetypy innowacyjnych modeli biznesowych	23
Tab. 1.3. Wybrane modele dojrzałości dla specyfiki przedsiębiorstwa 4.0	25
Tab. 1.4. Charakterystyka wymiarów inteligentnego przedsiębiorstwa	39
Tab. 1.5. Źródła globalizacji i jej efekty	41
Tab. 1.6. Interesariusze przedsiębiorstwa i ich cele	41
Tab. 1.7. Podstawowe modele przedsiębiorstwa i ich charakterystyka	42
Tab. 1.8. Klasyfikacja definicji przedsiębiorstwa 4.0 według systemowego punktu widzenia	46
Tab. 1.9. Główne cechy Przywództwa 4.0	53
Tab. 1.10. Kompetencje cyfrowe i związek z skutecznością zarządzania w P4.0	56
Tab. 2.1. Porównanie prakseologii z bliskimi obszarami dyscyplin naukowych	68
Tab. 2.2. Zestawienie wybranych modeli skuteczności zarządzania	87
Tab. 2.3. Przykładowe obszary i kryteria skuteczności	94
Tab. 2.4. Przykładowe definicje i wskaźniki skuteczności zarządzania w wybranych teoriach organizacji	103
Tab. 2.5. Przykładowe determinanty skuteczności zarządzania w ujęciu klasycznym i dla przedsiębiorstwa 4.0	106
Tab. 2.6. Porównanie cech współczesnych koncepcji oceny skuteczności zarządzania.....	110
Tab. 3.1. Kryteria kwalifikacji eksperta do badania eksperckiego	120
Tab. 3.2. Lista kategorii różnicujących ekspertów uczestniczących w badaniu AHP	121
Tab. 3.3. Warunki i dobre praktyki prowadzenia wywiadu	124
Tab. 3.4. Interpretacja znaczenia ocen przedstawiana ekspertom.....	129
Tab. 3.5. Schemat przeliczania ocen ekspertów na skalę T. Saaty'ego	130
Tab.4.1. Wymiary i kryteria oceny skuteczności zarządzania w ujęciu tradycyjnym i przedsiębiorstwa 4.0.....	136
Tab. 4.2. Wybrane determinanty w modelu konkurujących wartości.....	138
Tab. 4.3. Przykładowe obszary i determinanty skuteczności.....	139
Tab. 4.4. Obszary i determinanty w modelu oceny sprawności zarządzania jakością.....	139
Tab. 4.5. Dziedzina zawodowa eksperta	142
Tab. 4.6. Podejścia ekspertów do definiowania przedsiębiorstwa 4.0	148
Tab. 4.7. Wypowiedzi ekspertów z sektora biznesowego.....	150
Tab. 4.8. Wypowiedzi ekspertów z grupy naukowej	150
Tab. 4.9. Wypowiedzi ekspertów z sektora doradztwa i konsultingu.....	151
Tab. 4.10. Wypowiedzi ekspertów z grupy administracji i jednostek wspomagających.....	152

Tab. 4.11. Główne obszary różnicujące przedsiębiorstwo 3.0 i 4.0.....	152
Tab. 4.12. Synteza definicji skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0 w obszarze przeglądu literatury oraz ekspertów	155
Tab. 4.13. Fundamentalne koncepcje technologiczno–architektoniczne	158
Tab. 4.14. Modele dojrzałości organizacyjnej w Przemysle 4.0.....	158
Tab. 4.15. Koncepcje przywództwa i zarządzania	159
Tab. 4.16. Koncepcje kompetencji kapitału ludzkiego	159
Tab. 4.17. Koncepcje ekosystemów i współpracy zewnętrznej	160
Tab. 4.18. Wybrane klasyczne teorie organizacji – adaptacja do przedsiębiorstwa 4.0	160
Tab. 4.19. Współczesne metody oceny skuteczności.....	161
Tab. 4.20. Model Four Smart	162
Tab. 4.21. Uzasadnienie doboru poszczególnych wymiarów i determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0	169
Tab. 4.22. Struktura poziomów, wymiarów i determinant w modelu.....	172
Tab. 4.23. Opis determinant skuteczności zarządzania do kwestionariusza AHP	173
Tab. 4.24. Opis wymiarów skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 do kwestionariusza AHP	175
Tab. 5.1. Tabela porównań dla wymiaru organizacyjno-kulturowego i eksperta E9.....	179
Tab. 5.2. Tabela znormalizowana dla wymiaru organizacyjno-kulturowego i eksperta E9 ..	179
Tab. 5.3. Średnie wskaźniki spójności dla przesłanych kwestionariuszy	180
Tab. 5.4. Ocena zgodności preferencji ekspertów dla wymiaru organizacyjno-kulturowego	185
Tab. 5.5. Współczynniki zgodności dla badanych wymiarów przed redukcją	186
Tab. 5.6. Przebieg procesu redukcji szeregów preferencyjnych wśród ekspertów	187
Tab. 5.7. Macierz korelacji rang dla wymiaru organizacyjno-kulturowego	189
Tab. 5.8. Tablica eliminacyjna dla wymiaru organizacyjno-kulturowego.....	190
Tab. 5.9. Współczynniki wagowe dla determinant oraz wymiarów	191
Tab. 5.10. Współczynniki wagowe dla determinant oraz wymiarów po analizie Pareto	192
Tab. 5.11. Współczynniki zgodności ekspertów biznesowych dla badanych wymiarów przed redukcją i po redukcji	194
Tab. 5.12. Współczynniki zgodności ekspertów firm doradczych dla badanych wymiarów przed redukcją i po redukcji	195
Tab. 5.13. Współczynniki zgodności ekspertów naukowych dla badanych wymiarów	195
Tab. 5.14. Współczynniki wagowe dla wymiarów i determinant w grupach eksperckich...	196
Tab. 5.15. Współczynniki wagowe dla determinant i wymiarów w grupie biznesowej klasyfikowane według ważności.....	197
Tab. 5.16. Współczynniki wagowe dla determinant i wymiarów w grupie konsultingowej klasyfikowane według ważności	199
Tab. 5.17. Współczynniki wagowe dla determinant i wymiarów w grupie naukowej klasyfikowane według ważności	200
	252

Tab. 5.18. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze strategicznym.....	203
Tab. 5.19. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze organizacyjno-kulturowym.....	203
Tab. 5.20. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze technologicznym.....	204
Tab. 5.21. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze procesowym.....	204
Tab. 5.22. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze relacyjno-ekosystemowym.....	204
Tab. 5.23. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze innowacyjno-rozwojowym.....	205
Tab. 5.24. Poziomy oceny przedsiębiorstwa w wymiarze wynikowym	205

Spis rysunków

Rys. 1.1. Archetypy fabryki przyszłości	28
Rys. 1.2. Trzy fale rewolucji przemysłowej według von Scheela	34
Rys. 1.3. Ekosystem rozwojowy – źródła sukcesu przedsiębiorstwa 4.0	52
Rys. 1.4. Matryca Przywództwa 4.0.....	54
Rys. 2.1. Wybrane podejścia do sprawności	72
Rys. 2.2. Efektywność w naukach ekonomicznych	85
Rys. 2.3. Struktura modelu EFQM.....	97
Rys. 3.1. Etapy przeprowadzenia metody AHP	127
Rys. 3.2. Przykład pary determinant ocenianych w kwestionariuszu	129
Rys. 4.1. Liczba ekspertów w poszczególnych dziedzinach zawodowych.....	143
Rys. 4.2. Liczba ekspertów reprezentujących poszczególne typy organizacji.....	144
Rys. 4.3. Liczba wskazań przez ekspertów obszarów specjalizacji.....	145
Rys. 4.4. Model wielowymiarowy determinant skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.....	171
Rys. 5.1. Charakterystyka poszczególnych grup ekspertów	181
Rys. 5.2. Charakterystyka stanowisk zajmowanych przez ekspertów	182
Rys. 5.3. Doświadczenie zawodowe ekspertów (lata)	182
Rys. 5.4. Reprezentacja branż ekspertów	183
Rys. 5.5. Struktura wielkości przedsiębiorstwa eksperta	184
Rys. 5.6. Analiza Pareto wag wymiarów skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0.	193

Spis załączników

Załącznik 1. Kwestionariusz AHP.

Załącznik 1. Kwestionariusz AHP

Badanie ważności determinant dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem

4.0

Zwracam się z uprzejmą prośbą o dokonanie oceny eksperckiej. Celem badania jest określenie ważności determinant oraz wymiarów skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Ustalenie zobiektywizowanych wag determinant jest jednym z kluczowych etapów opracowania kilkuelementowego zbioru czynników determinujących skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem 4.0. Badanie jest realizowane przez mgr inż. Ewelinę Senczyszyn-Rożek z Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.

Niniejsza ankieta została przygotowana w celu przeprowadzenia analizy hierarchii ważności wybranych determinant skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0 z wykorzystaniem metody AHP (Analytic Hierarchy Process). Jako **determinanty** należy rozumieć czynniki wpływające na skuteczność zarządzania przedsiębiorstwem, które mogą być kontrolowane lub kształtowane przez organizację w celu osiągnięcia lepszych wyników operacyjnych i strategicznych. Mianem **przedsiębiorstwa 4.0** określono przedsiębiorstwo charakteryzujące się pełną cyfryzacją procesów, pionowym i poziomym łączeniem procesów, wykorzystywaniem inteligentnych technologii, automatyzacją oraz integracją systemów IT z maszynami i pracownikami. Metoda ta opiera się **na porównaniach pary determinant**, których celem jest ustalenie ich względnego znaczenia w kontekście oceny ważności poszczególnych determinant. W każdej pozycji kwestionariusza proszeni są Państwo o dokonanie oceny, które z dwóch przedstawionych determinant jest istotniejsze – oraz w jakim stopniu.

W pierwszej części porównanie obejmuje determinanty w wyznaczonych siedmiu wymiarach oceny. Natomiast przedmiotem drugiej części jest porównanie całych wymiarów oceny. **Wszystkie porównania należy wykonywać z punktu widzenia znaczenia dla skuteczności zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0.**

Oceny proszę dokonać poprzez postawienie znaku X w każdym wierszu tabeli w kwadracie oznaczonym liczbą. Liczby w kwadratach oznaczają:

- 0 – identyczny poziom ważności,
- 1 – determinanta nieznacznie ważniejsza,
- 2 – determinanta wyraźnie ważniejsza,
- 3 – determinanta zdecydowanie ważniejsza,
- 4 – determinanta skrajnie ważniejsza.

Odpowiedzi należy zaznaczać w następujący sposób:

Determinanta A (zdecydowanie ważniejsze)	4 3 2 1 0 1 2 3 4	Determinanta B
Determinanta C	4 3 2 1 0 3 2 3 4	Determinanta D (nieznacznie ważniejsze)

Część I. Ważność determinant dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

1. Ważność determinant w wymiarze strategicznym dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0		
Planowanie strategiczne	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Implementacja strategii
Planowanie strategiczne	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wyznaczanie celów
Planowanie strategiczne	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Zarządzanie ryzykiem
Implementacja strategii	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wyznaczanie celów
Implementacja strategii	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Zarządzanie ryzykiem
Wyznaczanie celów	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Zarządzanie ryzykiem
2. Ważność determinant w wymiarze organizacyjno-kulturowym dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0		
Przywództwo i zarządzanie	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Kompetencje i rozwój pracowników
Przywództwo i zarządzanie	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Kultura organizacyjna
<i>Ciąg dalszy na str. 2</i>		
Przywództwo i zarządzanie	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Zaangażowanie i motywacja
Przywództwo i zarządzanie	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Współpraca i komunikacja
Przywództwo i zarządzanie	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wsparcie organizacyjne
Kompetencje i rozwój pracowników	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Kultura organizacyjna
Kompetencje i rozwój pracowników	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Zaangażowanie i motywacja
Kompetencje i rozwój pracowników	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Współpraca i komunikacja
Kompetencje i rozwój pracowników	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wsparcie organizacyjne
Kultura organizacyjna	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Zaangażowanie i motywacja
Kultura organizacyjna	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Współpraca i komunikacja
Kultura organizacyjna	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wsparcie organizacyjne
Zaangażowanie i motywacja	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Współpraca i komunikacja
Zaangażowanie i motywacja	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wsparcie organizacyjne
Współpraca i komunikacja	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wsparcie organizacyjne
3. Ważność determinant w wymiarze technologicznym dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0		
Infrastruktura cyfrowa	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Zaawansowanie technologiczne
Infrastruktura cyfrowa	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Bezpieczeństwo i niezawodność
Zaawansowanie technologiczne	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Bezpieczeństwo i niezawodność
4. Ważność determinant w wymiarze procesowym dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0		
Efektywność operacyjna	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Zarządzanie czasem i terminowością
Efektywność operacyjna	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Doskonalenie procesów
Efektywność operacyjna	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Monitorowanie i kontrola
Efektywność operacyjna	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Infrastruktura techniczna
Zarządzanie czasem i terminowością	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Doskonalenie procesów

Zarządzanie czasem i terminowością	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Monitorowanie i kontrola
Zarządzanie czasem i terminowością	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Infrastruktura techniczna
Doskonalenie procesów	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Monitorowanie i kontrola
Doskonalenie procesów	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Infrastruktura techniczna
Monitorowanie i kontrola	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Infrastruktura techniczna

1. Ważność determinant w wymiarze relacyjno-ekosystemowym dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

Orientacja na klienta	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Współpraca w ekosystemie
Orientacja na klienta	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Adaptacja do otoczenia
Orientacja na klienta	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Dostępność i wsparcie
Orientacja na klienta	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wartość dla interesariuszy
Współpraca w ekosystemie	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Adaptacja do otoczenia
Współpraca w ekosystemie	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Dostępność i wsparcie
Współpraca w ekosystemie	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wartość dla interesariuszy
<i>Ciąg dalszy na str. 3</i>		
Adaptacja do otoczenia	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Dostępność i wsparcie
Adaptacja do otoczenia	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wartość dla interesariuszy
Dostępność i wsparcie	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wartość dla interesariuszy

2. Ważność determinant w wymiarze innowacyjno-rozwojowym dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

Zdolność innowacyjna	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Efektywność rozwoju produktu
Zdolność innowacyjna	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Kapitał ludzki w innowacjach
Zdolność innowacyjna	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Jakość procesów i produktów
Efektywność rozwoju produktu	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Kapitał ludzki w innowacjach
Efektywność rozwoju produktu	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Jakość procesów i produktów
Kapitał ludzki w innowacjach	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Jakość procesów i produktów

3. Ważność determinant w wymiarze wynikowym dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

Wyniki finansowe	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wyniki rynkowe
Wyniki finansowe	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wyniki organizacyjne
Wyniki rynkowe	4-3-2-1-0-1-2-3-4	Wyniki organizacyjne

Proszę o przejście do części II na kolejnej stronie.

Część II. Ważność wymiarów skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

W tej części następuje porównanie ważności całych wymiarów determinujących skuteczność zarządzania w przedsiębiorstwie 4.0. Kryteria zawarte w poszczególnych wymiarach zostały zaprezentowane w części pierwszej.

1. Ważność poszczególnych wymiarów dla skuteczności zarządzania przedsiębiorstwem 4.0

wymiar strategiczny	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar organizacyjno-kulturowy
wymiar strategiczny	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar technologiczny
wymiar strategiczny	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar procesowy
wymiar strategiczny	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar relacyjno-ekosystemowy
wymiar strategiczny	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar innowacyjno-rozwojowy
wymiar strategiczny	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar wynikowy
wymiar organizacyjno-kulturowy	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar technologiczny
wymiar organizacyjno-kulturowy	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar procesowy
wymiar organizacyjno-kulturowy	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar relacyjno-ekosystemowy
wymiar organizacyjno-kulturowy	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar innowacyjno-rozwojowy
wymiar organizacyjno-kulturowy	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar wynikowy
wymiar technologiczny	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar procesowy
wymiar technologiczny	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar relacyjno-ekosystemowy
wymiar technologiczny	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar innowacyjno-rozwojowy
wymiar technologiczny	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar wynikowy
wymiar procesowy	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar relacyjno-ekosystemowy
wymiar procesowy	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar innowacyjno-rozwojowy
wymiar procesowy	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar wynikowy
wymiar relacyjno-ekosystemowy	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar innowacyjno-rozwojowy
wymiar relacyjno-ekosystemowy	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar wynikowy
wymiar innowacyjno-rozwojowy	4-3-2-1-0-1-2-3-4	wymiar wynikowy

Dziękuję za wypełnienie kwestionariusza.

Wypełniony kwestionariusz proszę przekazać mgr inż. Ewelinie Senczyszyn-Różek w formie skanu lub zdjęć przesłanych e-mailem:

d2015@student.uek.krakow.pl