Transformacja cyfrowa przedsiębiorstw w dobie Przemysłu 4.0

Paweł Poszytek • Marcin Lis
Bartłomiej Jefmański • Jadwiga Fila
Mateusz Jeżowski • Jolanta Kotelska

Transformacja cyfrowa przedsiębiorstw w dobie Przemysłu 4.0

Paweł Poszytek, Marcin Lis, Bartłomiej Jefmański,
Jadwiga Fila, Mateusz Jeżowski, Jolanta Kotelska

Transformacja cyfrowa przedsiębiorstw w dobie Przemysłu 4.0

Akademia WSB
Dąbrowa Górnicza 2024

Paweł Poszytek, Marcin Lis, Bartłomiej Jefmański, Jadwiga Fila,
Mateusz Jeżowski, Jolanta Kotelska
Transformacja cyfrowa przedsiębiorstw w dobie Przemysłu 4.0

Recenzja
dr hab. Sebastian Kot

Amerykańska część badań została przeprowadzona
w ramach stażu naukowego Pawła Poszytka
zrealizowanego na Uniwersytecie Stanforda
od kwietnia do lipca 2024 r.

Projekt okładki
Wojciech Ciągło Studio DTP

DTP publikacji
Wojciech Ciągło Studio DTP, www.dtp-studio.pl

Korekta
Anna Zdonek

ISBN 978-83-67673-42-6

Wydawca
Akademia WSB
ul. Cieplaka 1c, 41-300 Dąbrowa Górnicza, tel. (32) 295 93 59
e-mail: wydawnictwo@wsb.edu.pl, www.wsb.edu.pl

© Copyright by Akademia WSB

Kopiowanie w całości lub we fragmentach zabronione
Dąbrowa Górnicza 2024

SPIS TREŚCI

Wstęp 7

1. Kontekst społeczno-gospodarczy transformacji cyfrowej 9

1.1. Megatrendy 9

1.2. Przemysł 4.0, europejska polityka cyfrowa i transformacja cyfrowa ... 11

1.3. Indeks Gospodarki Cyfrowej i Społeczeństwa Cyfrowego (DESI) 14

2. Transformacja cyfrowa jako technologie przyszłości 17

2.1. Technologie cyfrowe a transformacja cyfrowa 17

2.2. Uwarunkowania rozwoju technologii cyfrowych w przedsiębiorstwach 21

2.3. Technologie cyfrowe w procesie rozwoju organizacji 26

2.4. Transformacja cyfrowa i dojrzałość cyfrowa 29

3. Diagnoza poziomu zaawansowania technologicznego i procesowego wybranych polskich przedsiębiorstw – badania empiryczne 31

3.1. Próba badawcza – Polska 32

3.2. Próba badawcza – USA 35

3.3. Paradygmat pomiaru dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstw 36

4. Polskie przedsiębiorstwa w procesie transformacji cyfrowej – wyniki badania 37

4.1. Model zarządzania firmą 37

4.2. Infrastruktura przedsiębiorstwa 40

4.3. Strategia wdrożenia idei Przemysłu 4.0 46

4.4. Poziom zaawansowania cyfrowego usług/produktu 56

4.5. Rozwój kapitału ludzkiego w przedsiębiorstwie 57

5. Miara Dojrzałości Cyfrowej jako narzędzie pomiaru stopnia cyfryzacji przedsiębiorstw 61
5.1. Miary agregatowe w pomiarze zjawisk złożonych 61
5.2. Miary agregatowe jako narzędzie porządkowania liniowego obiektów 62
5.3. Uogólniona miara odległości w budowie miar agregatowych dla danych porządkowych 67
5.4. Założenia i metodyka Miary Dojrzałości Cyfrowej 69
5.5. Poziom cyfryzacji polskich przedsiębiorstw w świetle Miary Dojrzałości Cyfrowej 72

6. Przykłady dobrych praktyk transformacji cyfrowej w Polsce 83
Dobra praktyka nr 1 – Polska Fabryka Stellantis 83
Dobra praktyka nr 2 – Fabryka mebli w Zbąszynku 84
Dobra praktyka nr 3 – Polskie Zakłady Volkswagen 85
Dobra praktyka nr 4 – MB Pneumatyka 88
Dobra praktyka nr 5 – Polpharma 89
Dobra praktyka nr 6 – Microsoft i Airbus 91

7. Wyniki pilotażowego badania wśród amerykańskich przedsiębiorców 93

8. Podsumowanie 103

Bibliografia 105

Spis tabel 113

Spis wykresów 115

Spis rysunków 119

Wstęp

Czwarta rewolucja przemysłowa, objawiająca się wdrażaniem nowych technologii w przedsiębiorstwach oraz opracowywaniem nowych rozwiązań opartych na dużych zbiorach danych celem upowszechniania coraz bardziej efektywnych cyfrowych dóbr i usług dostosowanych do potrzeb konsumentów, pociąga za sobą zmianę modeli biznesowych w przedsiębiorstwach. Zmiana funkcjonowania firm jako organizacji dotyczy nie tylko sposobów wykorzystania obfitych zbiorów danych. Zmieniają się także formy zatrudnienia, a kompetencje ludzi i systemów wykorzystujących technologie oparte na sztucznej inteligencji łączą się i uzupełniają, tworząc specyficzny ekosystem. Należy założyć, że w niedalekiej przyszłości środowisko pracy w różnego typu firmach będzie przesycone coraz to bardziej zaawansowanymi technologiami. Ludzie i maszyny będą się wspierać i uzupełniać. Maszyny będą zwiększały potencjał ludzi. Technologie sztucznej inteligencji będą wspierać pracowników w obszarach, w których liczyć się będzie zbieranie danych, predykcja, planowanie i automatyzacja. Dotyczy to np. tworzenia kampanii marketingowych, profilowania klientów, budowania bazy wiedzy o klientach, zarządzania liniami produkcyjnymi, modelowania systemów, optymalizowania procesów w sektorze produkcyjnym i usługowym etc. Ponadto pandemia COVID-19 zintensyfikowała proces transformacji cyfrowej, a przedsiębiorstwa stanęły przed wyzwaniem wdrażania nowoczesnych technologii szybciej niż dotychczas.

Motywacją do przygotowania tej publikacji jest umożliwienie wszystkim zainteresowanym: przedsiębiorcom, badaczom i decydentom wglądu w proces transformacji cyfrowej polskich firm, co z kolei może ułatwić im podejmowanie właściwych decyzji biznesowych, wypracowywanie właściwych rekomendacji oraz prowadzenie właściwej polityki, wspierającej transformację cyfrową w Polsce. Przedstawione w publikacji wyniki badań umożliwią diagnozę i ocenę, w jakim punkcie tej transformacji znajdują się polskie firmy. Autorzy publikacji podejmują także próbę spojrzenia na opisywane w niej zjawiska z amerykańskiej perspektywy, co wydaje się o tyle istotne, że właśnie Dolina Krzemowa w Kalifornii jest kolebką

technologii, które z wielką siłą i w bezprecedensowym tempie wkraczają zarówno w naszą przestrzeń zawodową, jak i społeczną. Czytelnicy znajdą tutaj również opisy dobrych praktyk. Głównym celem publikacji jest zdiagnozowanie poziomu dojrzałości cyfrowej polskich firm. Mowa tu nie tylko o tym, na ile polskie przedsiębiorstwa są przygotowane do wyzwań przyszłości wynikających z paradygmatu czwartej rewolucji przemysłowej. Na poziomie operacyjnym chcemy się również przyjrzeć temu, ile jeszcze dzieli polskie przedsiębiorstwa od pełnej automatyzacji procesów w nich funkcjonujących. Automatyzacja jest tu głównym wyznacznikiem transformacji cyfrowej, a jej poziom określa dojrzałość cyfrową badanych firm. Przedstawione badanie opiera się na trójstopniowej skali: poziom pierwszy to funkcjonowanie procesów w formie podstawowej; poziom drugi to funkcjonowanie procesów w formie częściowo zintegrowanej; poziom trzeci to funkcjonowanie procesów w formie w pełni zintegrowanej. Przytoczone wyniki badania pokazują, że polscy przedsiębiorcy podejmują działania wynikające z wyzwań czwartej rewolucji przemysłowej, jednak jeszcze spora droga przed nimi do osiągnięcia pełnej dojrzałości cyfrowej.

1.

Kontekst społeczno-gospodarczy transformacji cyfrowej

1.1. Megatrendy

Transformacja cyfrowa osadzona w szeroko rozumianym pojęciu Przemysłu 4.0 nie funkcjonuje w próżni. Aby uzyskać pełny obraz procesów, które zachodzą wokół nas i mają ogromny wpływ na to, jak pracujemy i żyjemy, zawsze należy brać pod uwagę szerszy kontekst. Zmiany demograficzne, globalizacja oraz postęp technologiczny to kluczowe zjawiska wpływające na życie współczesnych społeczeństw. W rozumieniu postępu technologicznego Przemysł 4.0 określa się jako automatyzację i integrację wszystkich możliwych procesów na niespotykanym dotąd poziomie. Obejmuje to m.in. sztuczną inteligencję, robotykę, drukowanie 3D i *blockchain*, co skutkuje automatyzacją miejsc pracy wymagających niskich kwalifikacji, jednocześnie tworząc duże zapotrzebowanie na wysoko wykwalifikowanych pracowników.

Czwarta rewolucja przemysłowa, zwana również Przemysłem 4.0, jest bardzo podobna w swojej naturze do poprzednich trzech rewolucji przemysłowych. Przynosi nie tylko znaczące zmiany w sposobie naszego życia i pracy, ale także zmiany w strukturze pracy.

Pierwsza rewolucja przemysłowa, zwana rewolucją silnika parowego, w znacznym stopniu uwolniła pracowników od pracy fizycznej i po raz pierwszy umożliwiła mechanizację procesów produkcyjnych. Druga rewolucja przemysłowa, związana z wprowadzeniem elektryczności, doprowadziła do powstania linii montażowych i przyczyniła się do rozwoju produkcji masowej. Wpływ tych dwóch rewolucji na społeczeństwo był dotkliwie odczuwalny w erze „fordyzmu" – koncepcji nazwanej na cześć Henry'ego Forda, amerykańskiego producenta samochodów. Opierała się ona na takich rozwiązaniach, jak ścisły podział pracy i automatyzacja, a także autokratyczny i wysoce zdyscyplinowany styl. Trzecia rewolucja przemysłowa wiąże się

z pełną automatyzacją procesów pracy i produkcji dzięki wdrożeniu na szeroką skalę komputerów. Czwarta rewolucja przemysłowa wzbogaciła automatyzację o koncepcję integracji procesów.

Jednak przed omówieniem czwartej rewolucji przemysłowej i jej konsekwencji dla pracy, należy zastanowić się nad środowiskiem, w którym ona kwitnie. Jak już wspomniano, środowisko to charakteryzuje się trzema megatrendami: zmianami demograficznymi, globalizacją i postępem technologicznym.

Jeśli chodzi o demografię, większość krajów rozwiniętych już przechodzi znaczące zmiany, które będą odczuwalne w kolejnych dekadach. Według Organizacji Narodów Zjednoczonych do 2050 roku spodziewany jest gwałtowny spadek udziału ludności w wieku produkcyjnym w głównych gospodarkach rozwiniętych. Przykładowo w Japonii spadek ten wyniesie do -28%, a w Niemczech i we Włoszech -23%. Jednocześnie w niektórych krajach spodziewany jest znaczny wzrost odsetka ludności w wieku produkcyjnym. Na przykład: +41% w Arabii Saudyjskiej, +33% w Indiach i +27% w Australii (OECD, 2019). W związku z tym kraje o starzejącej się populacji staną w obliczu niedoboru wykwalifikowanej siły roboczej, wynikającego z odejść na emeryturę i stopniowego wycofywania się z rynku pracy. Równocześnie w krajach o młodszej i rosnącej sile roboczej pojawi się odwrotny trend.

Z drugiej strony, ponieważ handel stanowi coraz większy udział w PKB krajów rozwiniętych, obserwujemy, że globalna gospodarka staje się coraz bardziej zintegrowana i wzajemnie powiązana na poziomie, jakiego nigdy wcześniej nie doświadczyliśmy (World Bank, 2019). Szybki spadek kosztów komunikacji i transportu sprzyja integracji towarów, usług i rynków oraz przyspiesza tempo rozpowszechniania innowacji i postępu technologicznego.

Wreszcie, postęp technologiczny sprawia, że coraz większa liczba zadań i operacji jest zautomatyzowana. Dzieje się tak za sprawą szybkiego rozwoju robotyki, big data, sztucznej inteligencji i Internetu rzeczy, czemu towarzyszy szybko rosnąca moc obliczeniowa. W związku z tym niezbędny jest nowy zestaw umiejętności, postaw i wiedzy, pozwalających na funkcjonowanie na rynku pracy i w społeczeństwie. Warto zauważyć, że podczas pierwszej rewolucji przemysłowej, kiedy maszyny parowe pozbawiły ludzi pracy, pojawił się ruch zwany luddyzmem. Pracownicy zaczęli niszczyć maszyny, które postrzegali jako zagrożenie dla swojej egzystencji. Choć obecnie niektórzy z ojców zaawansowanych technologii i sztucznej inteligencji, np. Steve Wozniak i Geoffrey Hinton, ostrzegają świat przed pewnymi zmianami i opowiadają się za porzuceniem pewnych rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji, jedno jest pewne: destrukcja nie jest nam potrzebna, ponieważ rozwój wydaje się nie do powstrzymania, potrzebujemy natomiast odpowiedzialnej transformacji cyfrowej, przekwalifikowania i adaptacji. Cały ten proces nie może opierać się na deprawacji lub uczynieniu ludzi zbędnymi: nie chodzi o zastąpienie,

ale o rozszerzenie. Potrzebujemy inteligentnych maszyn i sztucznej inteligencji, aby zwiększyć nasze możliwości. W związku z tym zrównoważona i inteligentna transformacja cyfrowa jest koniecznością.

Według Global Innovation Index 2022 Polska zajmuje 36. miejsce na świecie i 24. w Europie. Dane te dają nam ogólny zarys potencjału innowacyjnego kraju w szerszym kontekście narodowym i wskazują, że Polska nie jest szczególnie innowacyjna. Jednak pod względem infrastruktury kraj nasz posiada pewien potencjał, aby sprostać wyzwaniom związanym z trendami i rewolucjami technologicznymi (Dutta, Lanvin, León, Wunsch-Vincent, 2022: 187). Kluczowe jest też podkreślenie dwóch spostrzeżeń z Global Innovation Index 2022:

1. Inwestycje w innowacje rozkwitły w szczytowym okresie pandemii COVID-19 i odnotowały znaczny wzrost w 2021 roku. Jednak ich bieżąca stabilność w 2022 roku pozostaje niepewna ze względu na nowe globalne wyzwania.
2. Postęp technologiczny, wdrażanie innowacji i ich wpływ społeczno-gospodarczy wykazują oznaki niestabilności. Przyszłość rozwoju napędzanego przez innowacje stoi pod znakiem zapytania.

(Dutta, Lanvin, León, Wunsch-Vincent, 2022: 21)

Cały ten proces jest kluczowy dla krajów takich jak chociażby Polska, ponieważ w Indeksie Gospodarki Cyfrowej i Społeczeństwa Cyfrowego Komisji Europejskiej – DESI 2022 Polska znajduje się poniżej średniej UE (European Commission, 2022). Indeks ten jest głównym narzędziem Unii Europejskiej do ścisłego monitorowania postępów modernizacji i transformacji cyfrowej poszczególnych państw członkowskich, zarówno z ekonomicznego, jak i społecznego punktu widzenia.

1.2. Przemysł 4.0, europejska polityka cyfrowa i transformacja cyfrowa

Przemysł 4.0, znany również jako czwarta rewolucja przemysłowa, jest częścią planu działania High-Tech-Strategy 2020, ogłoszonego przez niemiecki rząd federalny podczas targów w Hanowerze w 2011 roku. Jego celem jest „bardziej wydajna, elastyczna i indywidualna produkcja, możliwa do osiągnięcia dzięki zdecentralizowanej kontroli produkcji i całkowicie cyfrowo kontrolowanym lub nawet samoorganizującym się łańcuchom wartości" (Priffti, Knigge, Kienegger i Kremar, 2017: 50). Sam termin *czwarta rewolucja przemysłowa* został jednak ukuty przez Klausa Martina Schwaba, prezesa wykonawczego Światowego Forum Ekonomicznego, dopiero cztery lata później (Schwab, 2015).

Jej nieodzownymi elementami są: pełna automatyzacja procesów produkcyjnych, szybki rozwój dużych zbiorów danych, Internet rzeczy i rosnąca moc obliczeniowa, i to te elementy kształtują obecnie zarówno rynek pracy, jak i świat edukacji. Ze względu na główną cechę charakterystyczną Przemysłu 4.0, jaką jest automatyzacja, wiele miejsc pracy zniknie i zostanie zastąpionych nowymi, w większości przypadków wymagającymi wiedzy i umiejętności korzystania z zaawansowanych technologii.

Co więcej, rozwój sztucznej inteligencji już teraz wprowadza zmiany w sposobie naszego codziennego funkcjonowania w wielu obszarach. Wpływa ona już nie tylko na procesy produkcyjne, zarządzanie danymi czy projektowanie systemów, lecz także na takie obszary, jak: rozwój systemów wspomagania decyzji, marketing czy nawet komponowanie muzyki (Kądzielawski, 2023: 13–14).Warto na tym etapie dodać, że prace nad wykorzystaniem sztucznej inteligencji obejmują również takie obszary jak szkolenia i rozwój kompetencji (Gladwin, 1984; Harvey, 1985), edukacja i nauka (Husby, 1990; Pelton, 1990) oraz procesy zarządzania siecią (Liebowitz i Prerau, 1995; Qi i in., 2007), a badania w tej materii sięgają już lat 80. i 90. XX wieku. Zainteresowanie i badania nad sztuczną inteligencją i jej wykorzystaniem w drugiej dekadzie XXI wieku obejmują praktycznie wszystkie sfery życia (włączając w to dziedziny istotne z punktu widzenia tego badania), takie jak na przykład zarządzanie innowacjami (Liu, 2022), czy przetwarzanie i analiza dużych zbiorów danych w edukacji (Aljarrah i in., 2021).

Transformacja cyfrowa to nie tylko ścieżka rozwoju i odpowiedzialność przedsiębiorstw, ale także element strategii poszczególnych państw czy Unii Europejskiej. Kluczowymi międzynarodowymi inicjatywami w tym zakresie są Europejska Agenda Cyfrowa i Indeks Gospodarki Cyfrowej i Społeczeństwa Cyfrowego.

Europejska Agenda Cyfrowa odnosi się do kompleksowej strategii Unii Europejskiej, planu strategicznego i polityk mających na celu transformację cyfrową, wykorzystanie potencjału technologii cyfrowych do napędzania wzrostu gospodarczego i maksymalizacji korzyści płynących z gospodarki cyfrowej oraz innowacji i promowania dobrobytu społecznego w państwach członkowskich. Unia Europejska zakłada, że gospodarka cyfrowa może znacząco przyczynić się do wzrostu gospodarczego, tworzenia miejsc pracy, postępu społecznego i ogólnej konkurencyjności UE w globalnej skali cyfrowego krajobrazu. Gospodarka cyfrowa jest tutaj postrzegana w bardzo szerokim ujęciu, obejmującym również edukację. Warto zauważyć, że termin *gospodarka cyfrowa* pojawił się po raz pierwszy już w 1995 roku. Tapscott wprowadził go, stwierdzając, że gospodarka cyfrowa to epoka inteligentnych maszyn i ludzi łączących się za pomocą technologii (Tapscott, 1995). W kontekście niniejszego opracowania proste, ale wyczerpujące wyjaśnienie omawianego przez Tapscotta zjawiska wymaga niewielkiego uzupełnienia. Według

ekspertów OECD i Międzynarodowego Funduszu Walutowego transformacja cyfrowa, produkty cyfrowe (towary i usługi) oraz połączeni w sieć ludzie, maszyny i organizacje to kluczowe elementy definiujące gospodarkę cyfrową (Śledziewska i Włoch, 2021: 3–4). W celu przyjęcia agendy cyfrowej UE angażuje różne zainteresowane strony, takie jak rządy, społeczeństwa, przedsiębiorstwa i, co jest tutaj istotne, środowisko akademickie. Na poziomie praktycznym UE ustanawia ramy strukturalne w celu wdrożenia agendy cyfrowej poprzez programy finansowania, wspieranie projektów badawczych i innowacyjnych oraz wspieranie współpracy między państwami członkowskimi i organizacjami. Agenda obejmuje różne obszary i inicjatywy w celu sprostania kluczowym wyzwaniom i możliwościom w sferze cyfrowej. Inicjatywy te obejmują:

- **Jednolity rynek cyfrowy**. UE dąży do stworzenia jednolitego rynku cyfrowego w państwach członkowskich poprzez wyeliminowanie barier w swobodnym przepływie towarów, usług i danych cyfrowych. Obejmuje to harmonizację zasad i przepisów, promowanie handlu elektronicznego i zapewnienie uczciwej konkurencji w sektorze cyfrowym.
- **Łączność.** UE dąży do zapewnienia szybkiego i niezawodnego szerokopasmowego dostępu do Internetu dla wszystkich obywateli, zwłaszcza na obszarach wiejskich i oddalonych. Promuje inwestycje w infrastrukturę szerokopasmową i wdrażanie sieci 5G, wspierając łączność cyfrową i niwelując przepaść cyfrową.
- **Gospodarkę opartą na danych**. UE dąży do ułatwienia swobodnego przepływu danych nieosobowych ponad granicami, zapewniając jednocześnie ochronę danych osobowych. Zachęca do rozwoju technologii opartych na danych, takich jak sztuczna inteligencja (AI) i Internet rzeczy (IoT).
- **Umiejętności cyfrowe i edukację.** UE koncentruje się na zwiększaniu umiejętności cyfrowych i edukacji, aby wzmocnić pozycję obywateli i zapewnić im pełne uczestnictwo w społeczeństwie cyfrowym. Promuje inicjatywy na rzecz podnoszenia umiejętności cyfrowych, przekwalifikowania i uczenia się przez całe życie w celu wspierania cyfrowo kompetentnej siły roboczej.
- **Innowacje cyfrowe i przedsiębiorczość.** UE wspiera badania i rozwój technologii cyfrowych, ekosystemy innowacji i start-upy. Tworzy także warunki sprzyjające rozwojowi przedsiębiorczości, ułatwia dostęp do finansowania i promuje współpracę między środowiskiem akademickim, przemysłem i decydentami w celu wspierania innowacji cyfrowych.
- **Cyfrowe usługi publiczne.** UE dąży do poprawy świadczenia usług publicznych przy użyciu narzędzi i rozwiązań cyfrowych, takich jak: e-administracja, cyfrowa opieka zdrowotna, inteligentne miasta itp.
- **Zaufanie i bezpieczeństwo**. UE kładzie nacisk na budowanie zaufania i zapewnienie cyberbezpieczeństwa osobom i instytucjom korzystającym z Internetu.

Jej celem jest wzmocnienie odporności infrastruktury krytycznej, zwalczanie cyberzagrożeń i ustanowienie jasnych zasad ochrony danych i prywatności, w tym ogólnego rozporządzenia o ochronie danych (RODO).

1.3. Indeks Gospodarki Cyfrowej i Społeczeństwa Cyfrowego (DESI)

Od 2014 roku Komisja Europejska monitoruje postępy cyfrowe państw członkowskich za pomocą sprawozdań z indeksu gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego (DESI). Każdego roku DESI obejmuje profile krajów, które wspierają państwa członkowskie w określaniu obszarów wymagających działań priorytetowych, a także rozdziałów tematycznych oferujących analizę na szczeblu europejskim w kluczowych obszarach cyfrowych, które mają zasadnicze znaczenie dla podejmowania decyzji politycznych.

Sprawozdania DESI 2022 opierają się głównie na danych z 2021 roku i śledzą postępy poczynione w państwach członkowskich UE w dziedzinie technologii cyfrowych. W czasie pandemii COVID-19 państwa członkowskie poczyniły postępy w wysiłkach na rzecz cyfryzacji, ale nadal mają trudności ze zlikwidowaniem luk w umiejętnościach cyfrowych, z transformacją cyfrową MŚP oraz rozwojem zaawansowanych sieci 5G.

UE przeznaczyła znaczne zasoby na wsparcie transformacji cyfrowej. 127 mld EUR przeznaczono na reformy cyfrowe i inwestycje w krajowe plany odbudowy i zwiększania odporności. Jest to bezprecedensowa okazja do przyspieszenia cyfryzacji, zwiększenia odporności Unii i zmniejszenia zależności zewnętrznych zarówno od reform, jak i od inwestycji. Państwa członkowskie przeznaczyły średnio 26% środków z Instrumentu na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności (RRF) na transformację cyfrową, powyżej obowiązkowego progu 20%. Państwa członkowskie, które zdecydowały się zainwestować ponad 30% swojej alokacji RRF w technologie cyfrowe, to Austria, Niemcy, Luksemburg, Irlandia i Litwa.

W edycji rankingu indeksu gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego (DESI) w roku 2022 Polska plasuje się na 24. miejscu wśród 27 państw członkowskich UE. W latach 2017–2022 zagregowany wynik DESI w odniesieniu do Polski przekroczył jednak nieco unijną średnią, co świadczy o tym, że Polska zbliża się do średniej UE.

Nadal występuje trwała luka, jeśli chodzi o kategorię „Kapitał ludzki", w której Polska zajmuje 24. miejsce, z wynikiem poniżej średniej we wszystkich wskaźnikach. Jedynie 43% osób w wieku od 16 do 74 lat posiada podstawowe lub wyższe umiejętności cyfrowe (UE 54%), a 57% – co najmniej podstawowe umiejętności tworzenia treści cyfrowych (UE 66%). Specjaliści w dziedzinie ICT w tej dziedzinie stanowią w Polsce nieco niższy odsetek siły roboczej niż średnia UE.

Jeśli chodzi o odsetek absolwentów kierunków w dziedzinie ICT, Polska nadal plasuje się poniżej średniej UE. Niedobór specjalistów ma istotny wpływ na absorpcję technologii cyfrowych przez przedsiębiorstwa. Jedynie 18% przedsiębiorstw zapewnia specjalne szkolenia w zakresie ICT, co w połączeniu z niskim poziomem umiejętności cyfrowych i niską skłonnością kadry kierowniczej do inwestowania w tym obszarze uniemożliwia przedsiębiorstwom, w szczególności MŚP, pełne wykorzystanie potencjału gospodarki cyfrowej. Polska cechuje się niskim odsetkiem specjalistów w dziedzinie technologii cyfrowych wśród ludności aktywnej zawodowo, zaś przyszłość w tym zakresie nie rysuje się w jasnych barwach, biorąc pod uwagę niski wskaźnik naboru na studia i niską liczbę absolwentów w dziedzinie ICT. Jednakże zasadnicza zmiana poziomu umiejętności cyfrowych będzie miała kluczowe znaczenie dla osiągnięcia przez UE celu Cyfrowej Dekady w zakresie podstawowych umiejętności cyfrowych i specjalistów w dziedzinie ICT.

W 2021 roku w Polsce odnotowano wzrost odsetka gospodarstw domowych objętych zasięgiem stałych sieci o bardzo dużej przepływności – 70% (w porównaniu z 65% w 2020). Nadal istnieją jednak wyzwania związane z rozwojem sieci 5G. I tak w 2021 roku jedynie 34% gospodarstw domowych było objętych technologią 5G, czyli poniżej średniej UE (wynoszącej 65%), zaś częstotliwości przewidziane na tę technologię nie zostały jeszcze rozdzielone.

Technologie cyfrowe nadal zyskują na popularności wśród polskich przedsiębiorstw – 19% korzysta z rozwiązań w chmurze, a 32% angażuje się w elektroniczną wymianę informacji (UE: 38%). Istnieje jednak nadal luka, którą należy zlikwidować do 2030 roku, aby osiągnąć cel Cyfrowej Dekady w zakresie chmury obliczeniowej, dużych zbiorów danych i sztucznej inteligencji (AI). Obecne wykorzystanie tych technologii waha się od 3% do 19%, w porównaniu z unijnym celem 75% do 2030 roku. Ważne jest, aby zwiększyć wysiłki polskich przedsiębiorstw na rzecz dalszej cyfryzacji i ich potencjał w tym obszarze, ponieważ jedynie 40% osiąga co najmniej podstawowy poziom wykorzystania technologii cyfrowych (średnia UE: 55%). Nie idzie to w parze z celem Cyfrowej Dekady, zgodnie z którym do 2030 roku nie mniej niż 90% MŚP powinno dysponować „co najmniej podstawowym poziomem" wykorzystania technologii cyfrowych. Polska będzie w stanie przyspieszyć swoją transformację cyfrową dzięki dalszym zachętom do inwestowania, ukierunkowanej pomocy oraz wsparciu (zwłaszcza dla przedsiębiorstw w regionach w niekorzystnym położeniu) oraz poprzez wzmocnienie przedsiębiorczości kobiet w sferze cyfrowej.

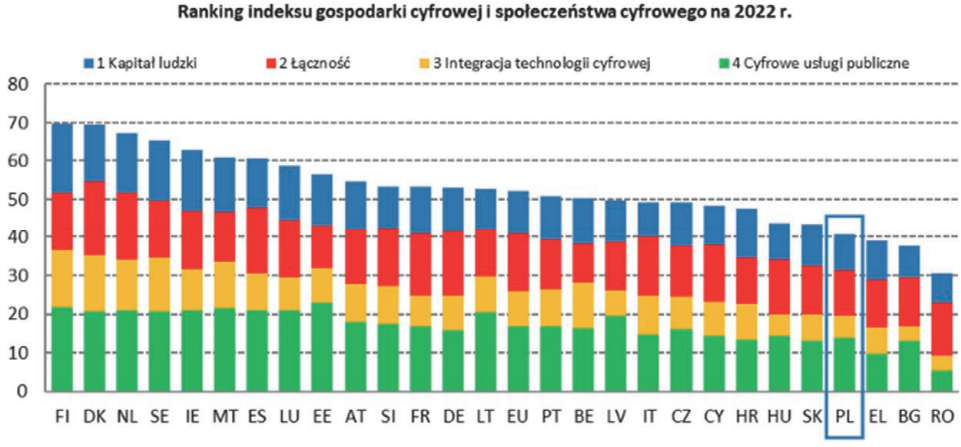
Na miejsce Polski w rankingu rzutują ponadto będące poniżej średniej wyniki dotyczące cyfrowych usług publicznych, w przypadku których należy kontynuować wysiłki, aby Polska mogła osiągnąć do 2030 roku cel Cyfrowej Dekady, zakładający 100% świadczenia przez Internet kluczowych usług publicznych na rzecz unijnych

obywateli i przedsiębiorstw. W połączeniu z innymi działaniami, propagującymi korzystanie z usług administracji elektronicznej wśród przedsiębiorstw i osób fizycznych, wysiłki te wpłynęłyby dodatkowo na wzrost korzystania z tych usług oraz na poprawę ogólnego wyniku kraju w tym obszarze. Jeśli chodzi o otwarte dane, Polska nadal osiąga bardzo dobry wynik – 95% (81% w UE). W rankingu pt. „Stopień zaawansowania wdrożenia polityki otwartych danych w 2021 r." Polska plasowała się na czwartym miejscu, czyli znacznie powyżej średniej UE.

Cyfryzacja pozostaje jednym z kluczowych priorytetów rządu, wraz z uproszczeniem prawodawstwa i poprawą jakości przepisów służących wspieraniu otoczenia działalności gospodarczej. Polska nie ma obecnie dedykowanej strategii na rzecz transformacji cyfrowej gospodarki i społeczeństwa. Trwają prace nad określeniem dalszych działań, które mają zostać zrealizowane w ramach nowej perspektywy finansowej w ramach programu Europejskiego Funduszu Społecznego (EFS+) na lata 2021–2027 oraz Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR) na lata 2021–2027. Ponadto planowane jest przyjęcie w trzecim kwartale 2022 roku strategii cyfryzacji w dziedzinie edukacji oraz Programu Rozwoju Kompetencji Cyfrowych, uwzględniających perspektywę do 2030 roku.

Wykres 1. Polska w rankingu DESI

	Polska		UE
	miejsce	wynik	wynik
DESI na 2022 r.	24	40,5	52,3



Źródło: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/countries-digitisation-performance [dostęp: 31.07.2023].

2.

Transformacja cyfrowa jako technologie przyszłości

Określenie kierunków rozwoju technologicznego ma zasadnicze znaczenie dla kształtowania strategii rozwoju przedsiębiorstwa, ale wymaga także uważnej obserwacji otoczenia przedsiębiorstwa i zmieniających się w nim trendów. Jednym z wiodących współczesnych trendów technologicznych jest cyfryzacja, która w powiązaniu z rosnącą rolą procesów przepływu danych stwarza nowe uwarunkowania rozwoju gospodarki.

Dojrzałość cyfrowa zapewnia dostęp do wiedzy, niezbędnej w procesie kreowania innowacji wyznaczanych przez bardzo zaawansowane technologie. Dlatego wiedza o technologiach cyfrowych i ich zastosowaniach jest obecnie jednym z najbardziej pożądanych zasobów i unikalną kompetencją, warunkującą przetrwanie organizacji w coraz szybciej zmieniającym się świecie. Wielowymiarowa transformacja cyfrowa to jeden z najbardziej charakterystycznych współcześnie procesów społeczno-gospodarczych, który jest wyrazem nieuchronnych i permanentnych zmian technologicznych, dotykających państwa, społeczeństwa i organizacje.

Przedstawiony kontekst tematyczny skłania autorów tej publikacji do zadania pytania: *jakie są potrzeby przedsiębiorstw dotyczące wdrażania nowych technologii cyfrowych?* Natomiast celem artykułu jest: *identyfikacja technologii cyfrowych, które wywierają istotny wpływ na funkcjonowanie organizacji.*

2.1. Technologie cyfrowe a transformacja cyfrowa

Dynamiczny rozwój technologii stanowi o wzroście innowacyjności przedsiębiorstw oraz decyduje o tempie ich rozwoju. Program wdrożenia innowacji technologicznych, w ramach krystalizowania się idei Przemysłu 4.0, stwarza nowe

możliwości działania i odmienne warunki konkurowania na rynku, co może być postrzegane w kategoriach szans lub zagrożeń, potęgując często stan zagubienia, które technologie i w jaki sposób należy implementować, aby było to dla organizacji najbardziej korzystne (Lis, 2021: 11). Wiele jednak wskazuje na nieuchronność i celowość tego typu procesów, skutkiem czego jest stopniowe zanikanie bariery człowiek–maszyna (Kotelska, Gajdzik, 2021: 59–68).

Oparte na cyfryzacji zmiany cyklu życia modeli biznesu wyzwalają zapotrzebowanie na nowe technologie, co oznacza także większą skłonność przedsiębiorstw do poszukiwania specjalistycznej wiedzy na ten temat poza własnymi organizacjami (Szczepańska-Woszczyna, Muras i Pikiewicz, 2021: 304–316). Obok zjawisk kojarzonych z sieciowością, takich jak m.in. chaos, nieprzewidywalność, brak granic organizacji, promowanie zasobów niematerialnych i procesów współdziałania między organizacjami (Skrzypek, 2017: 21–31), zauważalna jest również bardzo szybka absorpcja technologii, zwłaszcza technologii cyfrowych, przez wszystkie podmioty (Pieriegud, 2016: 11–38). Za kluczowe czynniki napędzające rozwój gospodarki cyfrowej można uznać:

- Internet rzeczy (ang. *Internet of Things* – IoT) oraz Internet wszechrzeczy (ang. *Internet of Everything* – IoE);
- wszechobecną łączność (ang. *hyperconnectivity*);
- aplikacje i usługi oparte na chmurze obliczeniowej (ang. *cloud computing*);
- analitykę dużych zbiorów danych (ang. *Big Data Analytics* – BDA) oraz duże dane działające jako usługa (ang. *Big Data as-a-Service* – BDaaS);
- automatyzację (ang. *automation*) oraz robotyzację (ang. *robotisation*);
- wielokanałowe (ang. *multi-channel*) oraz wszechkanałowe (ang. *omni-channel*) modele dystrybucji produktów i usług (Pieriegud, 2016).

Dominujące znaczenie informacji i rosnąca rola procesów przepływu danych w relacjach międzyorganizacyjnych stwarzają warunki do ich efektywnego przetwarzania, a zarazem stanowią podstawę nowej gospodarki, opartej na procesach cyfryzacji (Zawiła-Niedźwiecki, 2018: 113).

Cyfryzacja to proces instrumentalnego wykorzystania narzędzi informacyjno-komunikacyjnych do tego, aby efektywnie dystrybuować wiedzę między decydentami przestrzeni organizacyjnej (Cieśliński, 2020: 320). Cyfryzacja, której podstawą jest sprzęt i oprogramowanie, to ciąg współzależnych rozwiązań technologicznych, których przejawem są nowe rozwiązania techniczne i organizacyjne, wspierające ludzką kreatywność i innowacyjność.

Cyfryzacja przyczynia się zatem do poprawy sprawności wewnątrzorganizacyjnej w obszarze jakości, spójności, precyzji i dokładności realizowanych procesów. Dzięki temu – bez względu na to, z jakim typem organizacji mamy do czynienia – możliwa jest lepsza kontrola jej działalności operacyjnej i rezultatów tej działalności,

dostępnych w czasie rzeczywistym, dzięki integracji danych ustrukturyzowanych i nieustrukturyzowanych oraz dzięki lepszemu wglądowi w dane organizacyjne, a także zintegrowaniu danych z różnych źródeł. Lepszy dostęp do informacji korzystnie wpływa na podejmowanie decyzji i przekłada się na wzrost produktywności. Dzięki cyfryzacji wyraźnie odczuwalne są także korzyści związane z interakcjami pomiędzy organizacją i jej interesariuszami, takie jak krótszy czas reakcji, obniżenie kosztu kształtowania relacji, lepsza dostępność itp. (Mazurek, 2019: 23; Kotelska, Lis 2023a: 39–61, 2023b: 101–117). Cyfryzacja zmieniła również perspektywę odbiorcy produktów, usług czy wiedzy, który dzięki technologiom informacyjno-komunikacyjnym ma obecnie możliwość wyboru tak wielu opcji, że często nie jest w stanie ich świadomie przenalizować (Feldman, 2002: 47–56).

Organizacje dostrzegają nieuchronność przełomowej zmiany, jaką dla ich funkcjonowania jest rozwój cyfryzacji. Chcąc wyjść jej na przeciw lub choćby dostosować się do nowych warunków działania, dokonują transformacji, czyli znaczącego, wielowymiarowego przeobrażenia o charakterze organizacyjnym i procesowym, wywołanego wpływem technologii cyfrowych. Skupiają się na kształtowaniu kompetencji przywódców cyfrowych, co jest obecnie jednym z kluczowych wyzwań dla przedsiębiorstw, które takich liderów potrzebują (Szczepańska-Woszczyna, 2020: 69).

Transformacja cyfrowa w organizacji może skupiać się na ograniczaniu kosztów (Collin, Hiekkanen, Korhonen, Halen, Itälä, Helenius, 2015), poprawie wydajności i efektywności (Westerman, Calméjane, Bonnet, Ferraris, McAfee, 2011: 1–68), rozszerzaniu komunikacji z interesariuszami, a nawet pozyskiwaniu nowej grupy, tj. cyfrowych konsumentów (Berman, 2012: 16–24), jak również może w sposób holistyczny uwzględniać jednocześnie cztery perspektywy: technologii, wartości, struktury i finansów (Matt, Hess, Benlian, 2014: 339–343).

W szerszym wymiarze transformacja cyfrowa wiąże się z szansą na rozwój gospodarczy, poprawę jakości życia, urzeczywistnienie ideałów demokratycznych (Śledziewska, Włoch, 2020: 10), kształtowanie relacji wewnątrz społeczności oraz relacji z organizacjami, z którymi wchodzą one w interakcje, co może być rozstrzygające dla ich powodzenia (Dacko-Pikiewicz, 2022: 16) i wywierać istotny wpływ na funkcjonowanie organizacji.

Z perspektywy człowieka jako jednostki w systemie społeczno-gospodarczym transformacja cyfrowa wywołuje istotne zmiany w zachowaniu, które rzutują na sposób pełnienia ról społecznych i zawodowych w różnego typu organizacjach, np. pracownika, klienta. Rzutuje na to m.in. dematerializacja dóbr w postaci zdjęć i nagrań wideo, dzielenie się większą ilością treści, kreowanie wizerunku w mediach społecznościowych, a także zjawisko rozproszonej pamięci, tj. gromadzenie wspomnień w zewnętrznych nośnikach pamięci (Belk, 2013: 477–500). Ludzie młodsi znacznie szybciej i łatwiej oswajają się z nowościami technologicznymi, a w roli

konsumentów wydają się lepiej poinformowani, częściej komunikujący się z innymi konsumentami, zgłaszający wyższe oczekiwania wobec usług cyfrowych (Gray, El Sawy, Asper, Thordarson, 2013: 37) i domagający się, aby organizacje wychodziły naprzeciw ich oczekiwaniom. Takie społeczności będą coraz poważniejszą grupą konsumentów czy też interesariuszy, a ich potrzeby – coraz większym wyzwaniem dla obsługujących ich w różnych obszarach organizacji. Charakterystyczne jest zainteresowanie tzw. konsumentów cyfrowych możliwością uspołecznionego współkreowania usług, dóbr i wartości, które są im oferowane. Chętnie wchodzą oni w role do tej pory zarezerwowane dla pracowników organizacji, tj. doradców, testerów, recenzentów czy pracowników obsługi klienta (Mazurek, Tkaczyk, 2016).

Cyfryzacja wywołuje w funkcjonowaniu organizacji i znajdujących się w ich otoczeniu interesariuszy wiele zmian, w tym takie, które można uznać za fundamentalne i mające dalekosiężne skutki (Kotelska, Lis, 2022: 15) i dlatego przedsiębiorstwa powinny dokładnie przemyśleć sposób swojego działania w kontekście cyfrowych wyzwań przyszłości (Tapscott, 2008; Poznańska, Szczepańska-Woszczyna, Michałek, 2022). Cyfryzacja rozmywa granice działalności organizacji, gdyż coraz więcej procesów odbywa się poza jej strukturami, w przestrzeni organizacyjnej o bliżej nieokreślonych ramach, często w nieformalnych sieciach. Wpływ transformacji cyfrowej na organizację, jej otoczenie i interesariuszy urzeczywistnia się poprzez:

- metamorfozę organizacji w kierunku adaptacji technologii cyfrowych do jej działalności na wszystkich możliwych polach eksploatacji oraz poprawy efektywności zarządzania organizacją, m.in. poprzez udoskonalanie mechanizmów monitorowania jej wydajności;
- zmiany w procesie wytwarzania produktów, świadczenia usług oraz oferowania na rynku innej wartości, np. wiedzy;
- kształtowanie relacji z interesariuszami w zakresie pełniejszego zrozumienia ich potrzeb, wprowadzania nowych kanałów komunikacji z nimi oraz współkreowania wartości, na których interesariusze chcą oprzeć więź z organizacją;
- umacnianie pozycji organizacji w swoim otoczeniu, sektorze czy też systemie społeczno-gospodarczym w oparciu o wykorzystanie technologii cyfrowych, których jeszcze nie zdążyły wdrożyć organizacje rywalizujące.

Te nowe warunki działania, wywołane dynamicznym rozwojem technologii informacyjno-komunikacyjnych, przede wszystkim globalnego Internetu, pozostają w silnej zależności z nowymi metodami i narzędziami wspomagającymi procesy zarządzania organizacjami, charakterystycznymi dla gospodarki cyfrowej.

Zmiany technologicznie są zatem jednym z kluczowych punktów odniesienia dla przedsiębiorstw, które podejmują działania innowacyjne z zamiarem poprawy efektywności swojego działania na rynku, wzmocnienia konkurencyjności czy

też lepszego zaspokojenia potrzeb swoich klientów. Jedną z przyczyn narastającej zmienności i nieprzewidywalności uwarunkowań rynkowych, w których funkcjonują przedsiębiorstwa, jest transformacja cyfrowa.

Transformacja cyfrowa kształtuje dla współczesnych przedsiębiorstw specyficzne środowisko, które determinuje w znaczący sposób nie tylko ich działania, lecz także konkurencyjność. Jest ono określane jako era Przemysłu 4.0, *Industry 4.0*, *4th Revolution, Internet of Things* lub *SMART, Industry Revolution 4.0* (IR 4.0).

Większość przedsiębiorstw traktuje transformację cyfrową jako nieuchronną konieczność, a potrzebę zmierzenia się z nią dyktuje instynktowna chęć utrzymania pozycji w sektorze, a w szczególności na obsługiwanym przez przedsiębiorstwo rynku, wśród klientów i pozostałych interesariuszy, z którymi przedsiębiorstwo łączą relacje. Transformacja cyfrowa służy zatem osiągnięciu wyraźnie lepszych efektów działalności (McKeown, Philips, 2003: 3–24), co można rozumieć m.in. jako ograniczenie kosztów czy przyspieszenie realizacji zadań (Kane, Palmer, Phillips, Kiron, Buckley, 2015: 1–25) bądź usprawnienie działań operacyjnych (Fitzgerald, Kruschwitz, Bonnet, Welch, 2014).

2.2. Uwarunkowania rozwoju technologii cyfrowych w przedsiębiorstwach

Technologie cyfrowe determinują zmiany organizacyjne w zakresie kształtowania relacji z klientami i kontrahentami (pełniejsze zrozumienie ich potrzeb, rozszerzenie kanałów komunikacji) oraz modelowania działania organizacji w zakresie wytwarzania produktów i usług dostarczanych na rynek (Adamczewski, 2017: 9–18). Technologie te powinny oferować wartość dodaną przede wszystkim klientom (Mazurek, 2020: 49), jednakże wymaga to koncentracji na dwóch uzupełniających się działaniach: kształtowaniu propozycji wartości dla klienta na nowo oraz przeprojektowywaniu działalności z wykorzystaniem cyfrowych rozwiązań, umożliwiających zaoferowanie klientowi jak najwyższego poziomu interakcji i współpracy (Berman, 2012: 16–24).

Rozwój gospodarki cyfrowej i wszystkie tego konsekwencje zmieniają zatem sposoby działania przedsiębiorstw, a także wpływają na cykle życia różnych modeli biznesu (m.in. przyspieszają procesy starzenia się produktów). Innymi słowy cyfryzacja i ewolucja technologii informacyjno-komunikacyjnych nieustannie przyczynia się do rozwoju zastosowań informatycznego wspomagania procesów biznesowych, ale przedsiębiorstwa powinny dokładnie przemyśleć sposób swojego działania w kontekście cyfrowych wyzwań przyszłości (Tapscott, 2008). Z punktu widzenia przedsiębiorstwa technologia nie może wyznaczać kierunków rozwoju, ale musi być dopasowana do strategii przedsiębiorstwa, jego potencjału i do tych

obszarów, które wymagają wsparcia na poziomie operacyjnym. Wsparcie to najczęściej dotyczy (Adamczewski, 2016a: 149–428):

- infrastruktury technicznej (sprzętowej);
- infrastruktury systemowo-komunikacyjnej;
- oprogramowania aplikacyjnego;
- integracji procesów biznesowych z kontrahentami zewnętrznymi.

Systematycznie prowadzone procesy cyfryzacji umożliwiają przedsiębiorstwu osiągnięcie dojrzałości cyfrowej, która sprzyja osadzeniu się na modelu biznesowym i organizacyjnym wyznaczonym przez bardzo zaawansowane technologie, np. Przemysł 4.0. Rozwój Przemysłu 4.0 prowadzi także do zmiany modeli biznesowych z orientacji produktowej na orientację serwisową, czyli oferowanie w sieci najlepszej w swojej specjalności usługi dla zrealizowania danego fragmentu procesu wytwórczego (Gajdzik, Grabowska, 2018: 2–8). Źródłem wartości jest tu kombinacja ogniw sieci, oparta na współdziałaniu (Porter, 2006: 61), a zatem w działalności biznesowej zgodnie z koncepcją Przemysłu 4.0 niezwykle istotna jest integracja, tj. szeroki zakres elastycznej współpracy różnych podmiotów, gdyż tylko dzięki współpracy między uczestnikami można spełnić wszystkie oczekiwania odbiorcy w danym czasie.

Przemysł 4.0 to cyfrowe narzędzia zarządzania, produkcji oraz narzędzia umożliwiające wykorzystanie sieci Internet i mediów społecznościowych do integracji inteligentnych maszyn, systemów oraz wprowadzania zmian w procesach produkcyjnych, mających na celu zwiększanie wydajności wytwarzania oraz wprowadzenie możliwości elastycznych zmian asortymentu. Przemysł 4.0 dotyczy nie tylko technologii, ale też nowych sposobów pracy i roli ludzi w organizacji.

Głównymi czynnikami umożliwiającymi rozwój Przemysłu 4.0 są: dostęp do odpowiednich danych oraz posiadanie narzędzi do ich analizy. Implementacja rozwiązań technologicznych w obszarze Przemysłu 4.0 może stać się impulsem do wielu korzystnych zmian w przedsiębiorstwie, co przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Możliwości rozwoju przedsiębiorstw w oparciu o Przemysł 4.0

Szanse rozwoju	Opis
Wzrost produktywności	Przemysł 4.0 pozwala na optymalizację procesu produkcyjnego, skrócenie czasu przestojów, lepszą alokację zasobów i kreację nowych produktów
Rozwój nowych branż	Rozwój nowych branż dzięki dostawcom rozwiązań Przemysłu 4.0 i firmom wdrażającym te rozwiązania
Innowacyjna gospodarka	Gospodarka staje się coraz bardziej innowacyjna, umożliwiając także ekspansję technologii za granicą
Atrakcyjność dla inwestorów	Wysokie kompetencje pracowników i prężnie rozwijająca się innowacyjna gospodarka, przy odpowiednich mechanizmach, przyciąga inwestorów
Nowe miejsca pracy o wysokiej wartości dodanej	Tworzą się również nowe miejsca pracy skupione wokół automatyki i IT oraz nowych branż związanych m.in. ze współpracą robotów z ludźmi
Spadek kosztów produkcji	Poprawa jakości produktów oraz spadek zapasów redukują koszty produkcji
Efektywne wykorzystanie materiałów i energii	Racjonalne użytkowanie materiałów i poprawa efektywności energetycznej idą w parze ze zrównoważonym rozwojem
Lepiej spełniane potrzeby konsumentów	Produkty projektowane pod indywidualne zamówienia, wytwarzane w małych partiach (*mass customization*)

Źródło: Buła, Schroeder, 2020.

Technologie cyfrowe aktualnie wdrażane przez przedsiębiorstwa oparte są na rozwiązaniach cyfrowych określanych ogólnie jako SMAC, tj. media społecznościowe (*Social media*), systemy mobilne (*Mobility*), pogłębiona analityka (*Big Data – Analytics*) i przetwarzanie w „chmurze" (*Cloud computing*). Te cztery filary, na których opierają się nowe modele biznesowe, można scharakteryzować następująco (Adamczewski, 2017):

1. *Social* – sieci społecznościowe, przełamujące bariery przepływu informacji między ludźmi i pełniące role platform umożliwiających szybką i efektywną wymianę wiedzy, poprawę interakcji z klientami, większą zdolność do wymiany doświadczeń i rozwiązywania problemów;
2. *Mobile* – urządzenia mobilne (smartfony i tablety) zwiększające efektywność dotarcia firm do klientów, wykorzystywane do marketingu internetowego, przeprowadzania transakcji i wszelkich form komunikacji, m.in. poprzez serwisy i aplikacje;

3. *Analytics* – narzędzia analityczne wykorzystujące zaawansowane algorytmy, umożliwiające zrozumienie zachowań i preferencji klientów, wspierające budowanie lojalności klientów, doskonalące procesy rozwoju produktów i świadczenia usług, ułatwiające podejmowanie decyzji biznesowych;
4. *Cloud* – technologia chmury obliczeniowej oferująca narzędzia umożliwiające sprawne gromadzenie informacji i skuteczne zarządzanie organizacją. Korzystanie z narzędzi dostępnych w chmurze pozwala organizacjom na obniżenie kosztów, przełamanie barier geograficznych i dostęp do danych w dowolnym czasie i miejscu.

Obok technologii ogólnie określanych SMAC, firmy najczęściej implementują także dostosowane do profilu swojej działalności rozwiązania z zakresu automatyzacji i robotyzacji (Adamczewski, 2016b: 198–209), ale można oprócz tego wskazać co najmniej kilkanaście innych cyfrowych rozwiązań technologicznych.

Automatyzacja to czynności wykonywane samodzielnie przez maszynę, które wcześniej w zbliżonej formie były lub mogłyby być wykonywane przez człowieka, lub też takie, które są zbyt trudne do wykonywania przez człowieka (Lis, Bhatt, Danalakshmi, Hariharasudan, Grabowska, 2021). Robotyzacja to forma automatyzacji produkcji, która wiąże się z zastąpieniem człowieka przez robota (Grzeszak, Sarnowski, Supera-Markowska, 2019).

Niezależnie od branży coraz więcej przedsiębiorstw sięga po rozwiązania z zakresu cyberbezpieczeństwa, oznaczające w szerokim ujęciu technologie ukierunkowane na lepszą ochronę sieci informatycznych, urządzeń, programów i danych przed atakami hakerów, uszkodzeniami lub nieautoryzowanym dostępem. Obejmują one wszelkie narzędzia i systemy zapobiegające uszkodzeniom, służące ochronie oraz umożliwiające przywracanie zdolności do poprawnego funkcjonowania komputerów, systemów łączności elektronicznej czy też usług komunikacji w cyberprzestrzeni. Ukierunkowane są również na ochronę komunikacji elektronicznej w celu zapewnienia poufności, z jednoczesnym uwierzytelnieniem osób do tego upoważnionych (Górka, 2017: 73–89).

Kolejne, coraz popularniejsze w biznesie rozwiązania cyfrowe oparte są na uczeniu maszynowym, tj. skoncentrowane na nauczaniu komputerów, jak uczyć się na danych i doskonalić w miarę zdobywania doświadczenia. Technologie te obejmują rozwiązania umożliwiające komputerowi wykonywanie zadań, do jakich wcześniej nie został zaprogramowany. W procesie uczenia maszynowego powstają algorytmy, które następnie są trenowane pod kątem znajdowania wzorców i korelacji w dużych zbiorach danych oraz podejmowania najlepszych decyzji i formułowania prognoz na podstawie wyników takiej analizy. Systemy wykorzystujące uczenie maszynowe z czasem stają się coraz skuteczniejsze, a im lepszy mają dostęp do danych, tym większą wykazują dokładność (Alafif, Tehame, Bajaba, Barnawi, Zia, 2021: 1117).

Z kolei systemy *big data* umożliwiają wykorzystanie potencjału komputacyjnego i technologicznie zaawansowanego oprogramowania do zbierania, przetwarzania i analizowania danych, cechujących się dużym wolumenem, szybkością wytwarzania i wartością (McAfee, Brynjolfsson, 2012: 60–68). Mają zastosowanie do zbiorów danych, które są tak duże, złożone i pochodzące z różnych źródeł, że do przetwarzania wymagają nowych technologii, takich jak sztuczna inteligencja. System *big data* umożliwia bardzo szybkie gromadzenie danych (w czasie zbliżonym do rzeczywistego) oraz ich analizowanie i ocenę w celu uzyskania nowych wniosków. Takie systemy umożliwiają też szeroko pojętą agregację danych i są coraz powszechniej wykorzystywane jako efektywne narzędzie wspierające procesy decyzyjne.

Rozwiązanie technologiczne *edge computing* koncentruje się na efektywnych sposobach przetwarzania danych, dostarczanych w ogromnej ilości przez inteligentne przedmioty podłączone do Internetu w ramach tzw. Internetu rzeczy. Dzięki niemu możliwe jest wstępne przetwarzanie danych na tzw. krawędziach sieci, którymi są dowolne zasoby obliczeniowe i sieciowe znajdujące się wzdłuż ścieżki pomiędzy źródłami danych i centrami danych, np. w chmurze obliczeniowej (Shi, Cao, Zhang, Li, Xu, 2016: 637–646).

Blockchain to inaczej rozproszona baza danych, zawierająca stale rosnącą ilość informacji (rekordów) pogrupowanych w bloki i powiązanych ze sobą w taki sposób, że każdy następny blok zawiera oznaczenie czasu (*timestamp*), kiedy został stworzony, oraz link do poprzedniego bloku, będący zaszyfrowanym „streszczeniem" (*hash*) jego zawartości (Piech, 2016).

Cloud computing polega na dostarczaniu za pośrednictwem usług obliczeniowych, np. baz danych, sieci, oprogramowania itp., w celu zaoferowania szybszych innowacji, elastycznych zasobów i ekonomii skali (Xun, 2012: 75–86). Technologia zakłada przechowywanie danych, plików, aplikacji, oprogramowania lub systemów informatycznych w chmurze, tj. na serwerach rozmieszczonych poza lokalną siecią u zewnętrznego dostawcy. Jest to coraz powszechniejsze i dostępne rozwiązanie, przynoszące organizacjom wiele korzyści – od niższych kosztów aż po gwarancję bezpieczeństwa danych (Voorsluys, Broberg, Buyya, 2011: 1–44).

Chatbot to aplikacja porozumiewająca się z odbiorcami w formie dialogu, której zadaniem jest naśladowanie interaktywnej konwersacji z dowolnym rozmówcą oraz zmniejszenie obciążenia administratorów centrum internetowej obsługi klienta, a także wspomaganie komunikacji w social mediach (Szymański, Józwiak, 2018: 77–85).

Rzeczywistość wirtualna (VR) to komputerowo skonstruowane trójwymiarowe środowisko, pozwalające użytkownikowi na poruszanie się i interakcję, której wynikiem jest stymulacja jednego z pięciu zmysłów człowieka (Berbeka, 2016: 84–101). Rozwiązania VR umożliwiają symulacje komputerowe, tworzące obrazy

realnej lub sztucznej rzeczywistości, np. symulacje komputerowe przedmiotów, przestrzeni lub zdarzeń. Są one stosowane np. w projektowaniu, modelowaniu, podejmowaniu decyzji czy badaniach zachowań. Z kolei rzeczywistość rozszerzona (AR) to system wykorzystywany do swoistego uzupełnienia rzeczywistości o umieszczone w nim wirtualne, interaktywne elementy, będące stadium pośrednim pomiędzy światem rzeczywistym a rzeczywistością wirtualną. W technologii tej najczęściej stosuje się oddziaływanie na zmysły wzroku, słuchu i dotyku, niemniej istnieją również koncepcje oddziaływania na pozostałe zmysły (Skórska, 2017: 48–52).

Internet rzeczy (IoT) to ekosystem, w którym przedmioty mogą komunikować się między sobą za pośrednictwem człowieka lub bez jego udziału (Grodner, Kokot, Kolenda, Krejtz, Legoń, Rytel, Wierzbiński, 2015). Natomiast sztuczna inteligencja (AI) to systemy lub maszyny naśladujące ludzką inteligencję w celu wykonywania zadań oraz sukcesywnie usprawniające swoje działanie w oparciu o gromadzone informacje (Acemoglu, Restrepo, 2019: 197–236).

Projektowanie doświadczeń to interdyscyplinarne działanie zawierające elementy psychologii, ergonomii, sztuki, użyteczności, wzornictwa przemysłowego i technologii. Umożliwia kształtowanie relacji przedsiębiorstwa z różnymi interesariuszami (w tym z klientami) wokół produktu czy usługi (Benyon, 2019) poprzez systemy informatycznego porządkowania, analizowania i oceny dotychczasowych wzajemnych doświadczeń. Z kolei technologia 5G jest najbardziej wyrafinowaną jak dotychczas technologią w komunikacji bezprzewodowej. Najprawdopodobniej zrewolucjonizuje ona cały obszar sieci bezprzewodowych, dając możliwości skutecznej i bezpiecznej komunikacji tam, gdzie łączność bezprzewodowa jest niezastępowalna (Korzeniewska, Krawczyk, Łada-Tondyra, Plewako, 2019: 144–147).

Przed przedsiębiorstwami ery gospodarki cyfrowej otwiera się zatem wiele kierunków i możliwości wykorzystania postępu technicznego. Implementacja opisanych wyżej technologii wymaga jednak sprostania wielu wymogom związanym z procesem transformacji cyfrowej, którego rezultatem powinno być osiągnięcie przez przedsiębiorstwo jak najwyższego poziomu dojrzałości cyfrowej oraz rozwój relacji międzyorganizacyjnych, które zapewniają dostęp do wiedzy niezbędnej w procesie kreowania innowacji.

2.3. Technologie cyfrowe w procesie rozwoju organizacji

Realizacja celów niniejszej publikacji nie byłaby możliwa bez wypracowania odpowiedniej procedury postępowania badawczego. W związku z powyższym dokonano przeglądu podejść metodologicznych, metod oraz technik badawczych pomocnych w rozwiązaniu postawionego problemu badawczego. Badanie wstępne opisane

w tym rozdziale dotyczy wdrażania transformacji cyfrowej jako takiej. Natomiast badanie zasadnicze opisane w rozdziale następnym jest próbą zmierzenia dojrzałości cyfrowej firm.

W badaniu wstępnym, poprzedzającym badanie zasadnicze, zdecydowano się na badania ilościowe wśród przedsiębiorstw deklarujących potrzebę wprowadzenia u siebie transformacji cyfrowej. Dostęp do baz danych był utrudniony, autorzy skorzystali między innymi z baz danych Agencji Rozwoju Przemysłu (dostawcy i biorcy technologii w ramach „Sieci Otwartych Innowacji") oraz beneficjentów Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój (według stanu na początek maja 2020, z zawężeniem do podmiotów gospodarczych).

Ze względu na fakt, iż przygotowana baza zawierała dane teleadresowe przedsiębiorstw, zdecydowano się na badania metodą wywiadu, techniką komputerowo wspomaganego wywiadu telefonicznego (CATI). Technika ta należy obecnie do jednej z częściej stosowanych technik ilościowych badań rynku. W badaniach ilościowych wykorzystano standaryzowany kwestionariusz wywiadu, składający się z czterech części: pytań rekrutacyjnych (3), pytań wstępnych (2 kontrolne), pytań merytorycznych (15) oraz metryczki (3 pytania), tworzących łącznie 23 pytania. Średni czas trwania wywiadu wynosił 20 minut. Przed przystąpieniem do badań właściwych kwestionariusz został poddany badaniu próbnemu (pilotażowi) celem wyeliminowania ewentualnych błędów narzędzia badawczego i oceny jego poprawności oraz przydatności do realizacji celów badania.

W próbie przeważały przedsiębiorstwa z województw: mazowieckiego (18,86%), śląskiego (11,14%), wielkopolskiego (9,43%) oraz małopolskiego (8,86%). Były to przeważnie małe (55,71%) lub średnie przedsiębiorstwa (30%), najczęściej z branży IT (21,14%) lub produkcyjnej (19,43%). Osoby reprezentujące badane przedsiębiorstwa (udzielające wywiadu) to głównie przedstawiciele kadry kierowniczej średniego szczebla (37,14%), a także pracownicy działu kadr (15,43%) oraz marketingu (11,71%).

Przeprowadzenie badań umożliwiło zdefiniowanie składowych działań z obszaru technologii cyfrowych, rozwiązań, które przedstawiciele badanych podmiotów chcieliby lepiej poznać lub zastosować w przedsiębiorstwie w ciągu najbliższych 5 lat. Osoby, z którymi prowadzono wywiad, udzielały odpowiedzi z wykorzystaniem siedmiostopniowej skali Likerta. Większość rozmówców (w zależności od stwierdzenia: 57–79%) wyrażała zainteresowanie skorzystaniem z zaprezentowanych rozwiązań, odmienną opinię wyraziło 7–21% badanych.

Z przeprowadzonych wywiadów CATI wynika, że przedstawiciele badanych przedsiębiorstw w największym stopniu chcieliby nawiązać współpracę i zastosować w swoich organizacjach rozwiązania ukierunkowane na lepszą ochronę sieci informatycznych, urządzeń, programów i danych przed atakami hakerów,

uszkodzeniami lub nieautoryzowanym dostępem, a więc związanych z cyberbezpieczeństwem (łącznie 79% wskazań pozytywnych).

Równie wysoki udział pozytywnych odpowiedzi, tj. 79%, uzyskało rozwiązanie dotyczące systemów informatycznych umożliwiających gromadzenie i analizowanie informacji pochodzących z bardzo wielu różnych rozproszonych źródeł oraz zarządzanie nimi, np. *big data*.

Z kolei 77% badanych chciałoby poznać lub zastosować w przedsiębiorstwie rozwiązania ukierunkowane na automatyzację procesów zarządczych, np. obsługę poczty elektronicznej, przetwarzanie części transakcji finansowych, tj. automatyzację procesów, robotyzację – najczęściej są to duże przedsiębiorstwa.

Blisko 75% badanych interesuje się rozwiązaniami umożliwiającymi wzmacnianie relacji łączących organizacje z klientami poprzez systemy informatycznego porządkowania, analizowania i oceny dotychczasowych wzajemnych doświadczeń, tj. projektowanie nowych doświadczeń.

Z przeprowadzonych badań wynika również, że 74% przedstawicieli przedsiębiorstw chciałoby poznać lub zastosować rozwiązania umożliwiające bezpieczne przechowywanie informacji opartych na tworzeniu i zapisywaniu pełnej ścieżki (łańcucha) przepływu danych, tj. *blockchain*. Ten sam udział wskazań pozytywnych miało również rozwiązanie dotyczące systemów informatycznych wspierających podejmowanie decyzji w organizacji, np. marketingowych, opartych na sztucznej inteligencji – najwyższy rezultat odnotowano wśród małych firm, zatrudniających 10–49 pracowników (79%).

Z zebranych informacji wynika również, że zainteresowanie rozwiązaniami z obszaru technologii cyfrowych powiązane jest z wielkością przedsiębiorstwa, mierzoną liczbą zatrudnianych pracowników. Generalnie można stwierdzić, że najmniejsze zainteresowanie technologiami cyfrowymi odnotowano w grupie mikroprzedsiębiorstw. Tego rodzaju obserwacja nie jest zaskoczeniem, ponieważ najmniejsze podmioty mają specyficzne potrzeby, a także ograniczony potencjał w zakresie wdrażania części z zaprezentowanych rozwiązań technologicznych.

Konkluzje

Turbulentne otoczenie, rosnące wymagania graczy rynkowych, niestabilność potrzeb, związana m.in. z szybkim postępem technologicznym, sprawiają, że jego znaczenie w trzeciej dekadzie XXI wieku nabrało zupełnie nowego wymiaru. Jedną z przyczyn narastającej zmienności i nieprzewidywalności uwarunkowań rynkowych, w których funkcjonują przedsiębiorstwa, jest omawiana w niniejszej publikacji transformacja cyfrowa.

Wyniki badań przeprowadzonych na potrzeby tej publikacji prowadzą do wniosku, że znaczna część przedsiębiorstw w Polsce nie jest dobrze przygotowana do

implementacji technologii cyfrowych; szczególnie dotyczy to mikroprzedsiębiorstw, które w małym stopniu interesuje ten aspekt. Przedsiębiorstwa, którym zależy na poprawie efektywności swojego działania na rynku, wzmocnienia konkurencyjności czy też lepszego zaspokojenia potrzeb swoich klientów, w pierwszej kolejności myślą o wprowadzeniu rozwiązań z zakresu cyberbezpieczeństwa, czyli bezpiecznego przechowywania informacji, gromadzenia i analizowania danych, np. *big data*, automatyzacji i robotyzacji procesów, rozwiązań umożliwiających wzmacnianie relacji łączących organizacje z klientami czy też systemów informatycznych, wspierających podejmowanie decyzji w organizacji.

Zdaniem autorów przedsiębiorstwa są świadome istotnej roli ciągłego wdrażania innowacji technologicznych. Ponadto cechą wyróżniającą współczesną przedsiębiorczość jest jej współdziałanie z przedsiębiorstwami w różnych formach współpracy międzyorganizacyjnej.

Powyższe argumenty prowadzą do wniosku, że cel związany z wstępnym badaniem na potrzeby tej publikacji został osiągnięty. Z kolei rozeznanie *potrzeb przedsiębiorstw dotyczących wdrażania nowych technologii cyfrowych* powinno przyczynić się do wyjaśnienia przyjętego w publikacji problemu badawczego.

Reasumując, implementacja technologii cyfrowych ze względu m.in. na fakt, że dotyczy zagadnień kluczowych dla współczesnego systemu społeczno-gospodarczego, stanowi aktualnie jeden z głównych obszarów rozwoju współczesnych podmiotów gospodarczych.

2.4. Transformacja cyfrowa i dojrzałość cyfrowa

Transformacja cyfrowa to proces polegający na wykorzystaniu technologii cyfrowych w celu osiągnięcia lepszej wydajności, potencjału organizacyjnego i wyników biznesowych (Westerman, Calméjane, Bonnet, Ferraris, McAfee, 2011). Inni autorzy dodają, że proces ten jest również definiowany przez cyfryzację zasobów analogowych, redukcję kosztów i przyspieszenie procesów (Collin, Hiekkanen, Korhonen, Halen, Itälä, Helenius, 2015; Kane, Palmer, Phillips, 2015). Transformacja cyfrowa może również umożliwić organizacjom rozszerzenie komunikacji z interesariuszami (Berman, 2012). Wszystkie te korzyści płynące z transformacji cyfrowej zostały szczegółowo omówione w publikacji M. Lisa (2023).

Większość modeli naukowych wskazuje na trzy obszary cyfrowej transformacji organizacji: (1) zewnętrzny – nowe produkty dla klientów; (2) wewnętrzny – nowe operacje, nowe procesy decyzyjne i nowe struktury organizacyjne; (3) holistyczny – nowe modele biznesowe (Hess, Matt, Benlian, 2016: 123–139). Inni autorzy formułują ten problem nieco inaczej, ale praktycznie odnoszą się do tych samych obszarów: (1) wewnętrzna wydajność dzięki rozwiązaniom cyfrowym; (2) nowe

możliwości biznesowe; (3) cyfryzacja prowadząca do transformacji ról, funkcji i modeli biznesowych (Parvianen, Kaarianen, Tihinen, 2017: 66). Jednak na bardziej ogólnym poziomie celem cyfryzacji jest: (1) tworzenie wartości w ramach nowych granic świata biznesu; (2) uczynienie procesów bardziej skutecznymi i wydajnymi w ramach relacji między klientem a organizacją lub klientem a produktem; (3) budowanie fundamentalnych możliwości cyfrowych (Dorner, Edelman, 2015). Co najważniejsze w kontekście niniejszego opracowania, cyfryzacja zasadniczo prowadzi do fundamentalnej zmiany sposobu realizacji operacji biznesowych i wprowadzenia nowych modeli biznesowych, opartych na nowej wiedzy w ramach nowego ekosystemu cyfrowego (Schallmo, Williams, 2018). Co więcej, jak już wyjaśniono, transformacja ta jest konieczna nie tylko ze względu na nowy ekosystem cyfrowy, ale także wynika z szerszego kontekstu społeczno-gospodarczego.

Łącząc wszystkie te wątki, autorzy opracowania proponują następujące obszary transformacji cyfrowej na potrzeby badania głównego: (1) wykorzystanie technologii w celu usprawnienia operacji i zwiększenia komfortu pracowników; (2) nowe modele biznesowe; (3) nowe usługi dla klientów.

Należy jednak w tym miejscu podkreślić, że sam proces transformacji cyfrowej niekoniecznie prowadzi do zmiany (Mazurek, 2020). Namacalnym przejawem transformacji cyfrowej jest dojrzałość cyfrowa, która oznacza stopień, w jakim organizacje rozwijają swój potencjał cyfrowy. Istnieje kilka sposobów pomiaru dojrzałości cyfrowej: (1) opisowy: ocena rzeczywistego stanu potencjału cyfrowego w organizacji, mierzona na podstawie ustalonych kryteriów – narzędzie diagnostyczne; (2) normatywny: ocena relacji między efektywnością a wymiarami organizacyjnymi (na przykład: zasobami cyfrowymi); (3) porównawczy: porównanie różnych praktyk w różnych organizacjach (Becker, Knackstedt, Poppelbus, 2009: 213–222). Badanie główne w tym opracowaniu odwołuje się do pierwszej z tych metod oraz częściowo do trzeciej.

3.

Diagnoza poziomu zaawansowania technologicznego i procesowego wybranych polskich przedsiębiorstw – badania empiryczne

Badanie opisane w tym opracowaniu jest diagnozą poziomu zaawansowania technologicznego i procesowego wybranych polskich przedsiębiorstw. Celem badania było oszacowanie otwartości przedsiębiorców na wdrożenie rozwiązań związanych z Przemysłem 4.0 oraz zbadanie dotychczasowego poziomu zaawansowania technologicznego przedsiębiorstw w ocenie ich właścicieli i kadry zarządzającej.

W badaniu wzięło udział 274 przedsiębiorców z całej Polski, zrzeszonych w Regionalnych Radach Przemysłu Przyszłości. Rady to organy opiniodawczo-doradcze, których celem jest tworzenie wspólnie z Fundacją Platforma Przemysłu Przyszłości rekomendacji dla władz krajowych i samorządowych w obszarze przemysłu przyszłości. Regionalne Rady są ważnym lokalnym elementem ekosystemu transformacji cyfrowej. Funkcjonują na terenie całego kraju, co umożliwia sieciowanie ich działań. Platforma Przemysłu Przyszłości inicjuje partnerstwa pomiędzy podmiotami funkcjonującymi na poziomie regionalnym: instytucjami otoczenia biznesu, administracją, uczelniami i Hubami Innowacji Cyfrowych.

W dalszej części opracowania przedstawiono także wyniki analogicznego badania, pilotażowo zrealizowanego wśród amerykańskich przedsiębiorców. Biorąc pod uwagę małą liczebność próby tych przedsiębiorstw, wyniki części amerykańskiej niniejszego badania nie mogą być wykorzystane w kontekście porównawczym, stanowią jednak ciekawe rozszerzenie badania.

Charakter i cel badania

Badanie miało charakter eksploracyjny i dotyczyło następujących zagadnień:

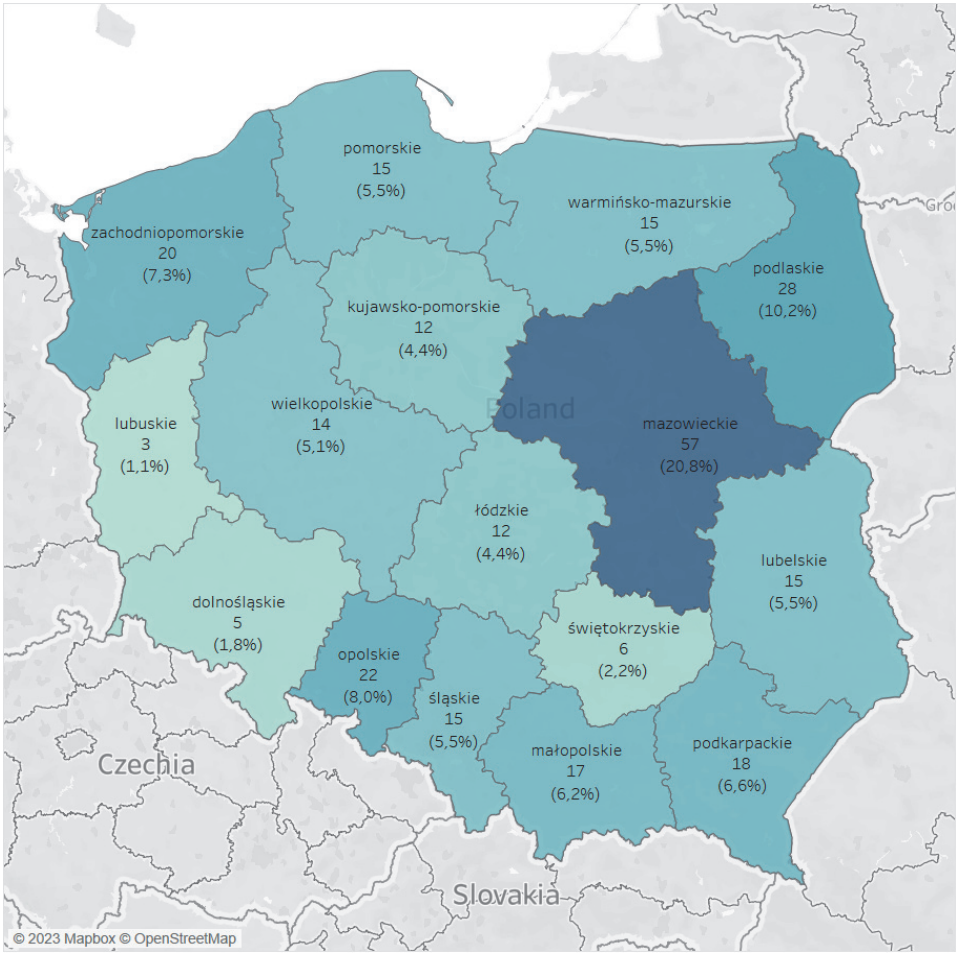
- model zarządzania firmą, jego charakter i poziom zaawansowania w kontekście transformacji cyfrowej;
- całkowity poziom zaawansowania technologicznego firmy;
- strategia rozwoju przedsiębiorstwa w obszarze wdrożenia rozwiązań w kierunku idei Przemysłu 4.0;
- charakter produktów i/lub usług, które firma wytwarza w kontekście zaawansowania cyfrowego;
- wdrożenie i przygotowanie pracowników do wprowadzenia rozwiązań opartych na idei Przemysłu 4.0 w codziennym funkcjonowaniu firmy;
- możliwe do zidentyfikowania trudności i bariery w procesie rozwoju firmy w kierunku idei Przemysłu 4.0;
- działania, które mogłyby być wsparciem w procesie wdrażania idei Przemysłu 4.0 w działalności przedsiębiorstwa.

Badanie miało charakter ilościowy, a dane zbierane były za pomocą kwestionariusza online (techniką CAWI), zamieszczonego na portalu Webankieta. Kwestionariusz ankiety składał się z 21 pytań, a jego wypełnienie zajmowało około 15 minut. Pytania dotyczyły różnych obszarów związanych z transformacją cyfrową przedsiębiorstwa, takich jak: model zarządzania firmą, infrastruktura, kapitał ludzki, produkt i jego charakter, strategia wdrożenia idei Przemysłu 4.0 oraz wsparcie dla pracowników. Na końcu ankiety znajdowały się pytania metryczkowe. Pytania miały najczęściej charakter zamknięty jednokrotnego wyboru, a w kilku przypadkach była możliwość wyboru większej liczby pasujących odpowiedzi i uzupełnienia ich o własną wypowiedź. Odpowiedzi były zbierane w pierwszym kwartale 2023 roku. Najczęściej kwestionariusz był wypełniany osobiście przez właściciela lub właścicielkę przedsiębiorstwa lub członka zarządu firmy.

3.1. Próba badawcza – Polska

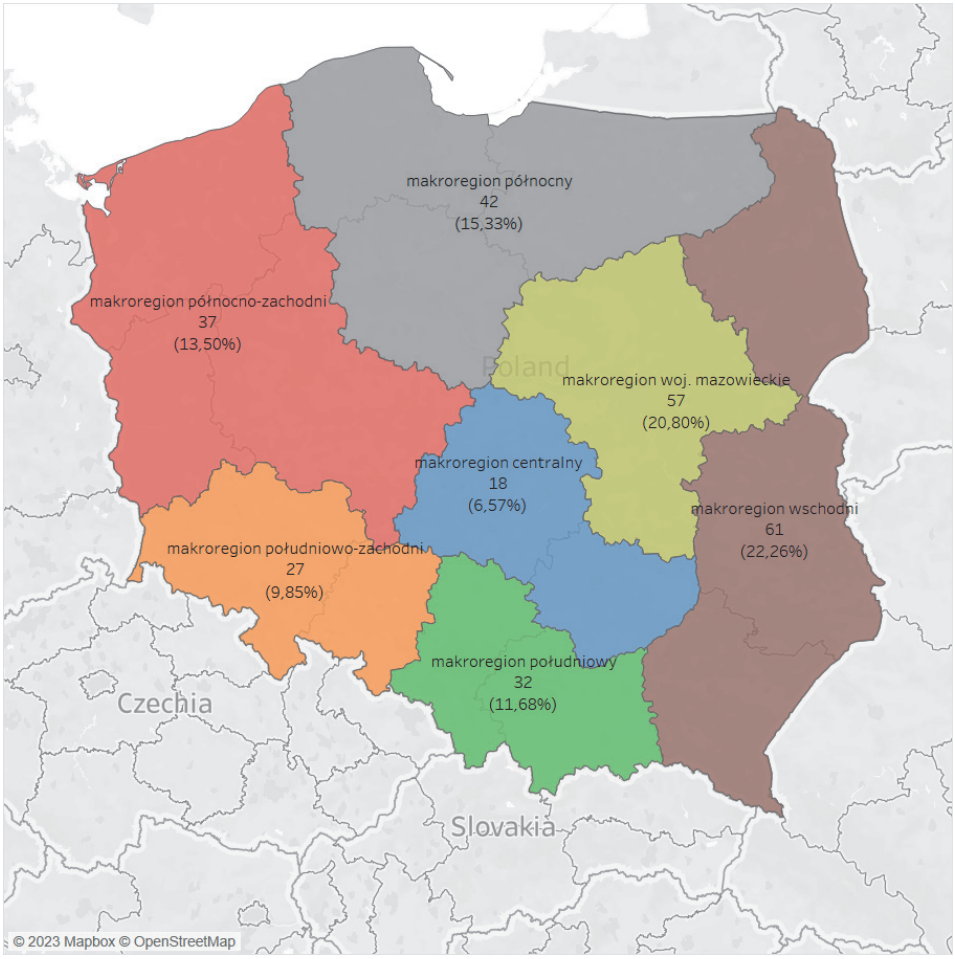
Badanie zostało przeprowadzone na próbie przedsiębiorców z całej Polski i objęło przedstawicieli różnych typów przedsiębiorstw. Próbę badawczą stanowili przedstawiciele przedsiębiorstw z wszystkich województw w Polsce – najliczniej reprezentowane były województwa: mazowieckie (ponad 20%), podlaskie (10%) oraz opolskie (8%). Najsłabiej reprezentowane było województwo lubuskie – 3 przedsiębiorców. Liczbę odpowiedzi z każdego województwa pokazuje poniższy rysunek.

Rysunek 1. Próba badawcza w podziale na województwa



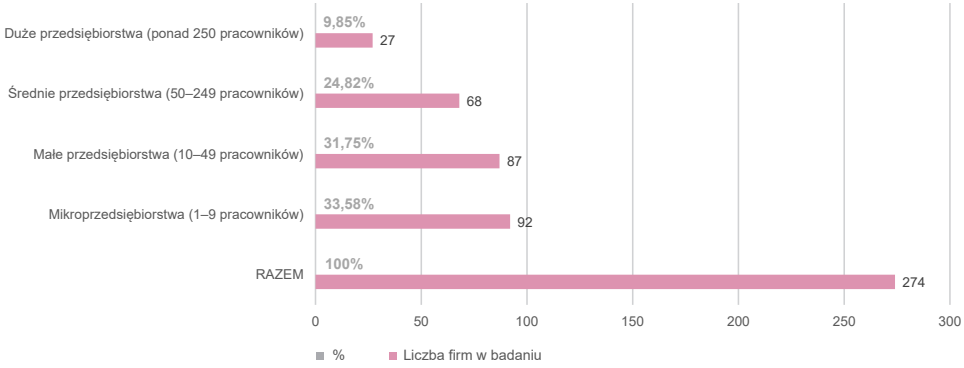
W celu lepszej agregacji danych przedstawiono wyniki także w podziale na makroregiony (NUTS1), zgodnie z obowiązującym podziałem dla Polski. Liczbę wypełnień z każdego makroregionu pokazuje poniższy rysunek. W badaniu dominowały odpowiedzi (ponad 22%) pochodzące z makroregionu wschodniego.

Rysunek 2. Próba badawcza w podziale na makroregiony



W próbie badawczej dominowały mikrofirmy, zatrudniające do 10 pracowników – w tym także jednoosobowe działalności gospodarcze (34%). Małe przedsiębiorstwa, zatrudniające do 49 osób, stanowiły 32% badanej grupy. Najmniej licznie reprezentowane były duże przedsiębiorstwa, zatrudniające ponad 250 pracowników – niecałe 10% objętych badaniem firm.

Wykres 2. Procentowy udział firm mikro, małych, średnich i dużych w próbie badawczej



Badane firmy w zdecydowanej większości są przedsiębiorstwami o kapitale wyłącznie krajowym (88%), nie eksportują swoich towarów ani usług (66%). Ponad połowa z nich (54%) w 2021 roku wykazała obrót poniżej 5 mln złotych. Prawie 40% badanych przedsiębiorstw ma swoje siedziby w średniej wielkości miastach, liczących od 100 tys. do 500 tys. mieszkańców.

W grupie 27 dużych firm (zatrudniających ponad 250 pracowników) zakwalifikowanych do badania ponad połowa (15 firm) wykazała roczny obrót powyżej 100 mln złotych oraz wskazała najwyższy poziom eksportu.

Badane przedsiębiorstwa to najczęściej firmy usługowe (44%) i produkcyjno-usługowe (30%). Firmy wyłącznie produkcyjne stanowiły 1/4 próby. Tendencja ta była odwrotna dla firm największych – te w większości zajmowały się tylko produkcją lub samymi usługami.

3.2. Próba badawcza – USA

Badanie w części amerykańskiej objęło sześciu przedsiębiorców. Czterech z nich zatrudniało ponad 250 pracowników, natomiast dwie firmy pochodziły z kategorii mikroprzedsiębiorstw. Połowa badanej grupy prowadziła działalność na terenie stanu Kalifornia, a reszta w innych rejonach. Trzy z badanych przedsiębiorstw były zlokalizowane w największych ośrodkach miejskich, liczących ponad 500 tysięcy mieszkańców.

Połowa z badanych przedsiębiorstw zadeklarowała roczny obrót w wysokości ponad 20 milionów dolarów, a pozostałe trzy firmy w zakresie 10–20 milionów oraz do 1 miliona. Pokazuje to dość duże zróżnicowanie próby pod tym

względem. Cztery z sześciu firm posiadają kapitał mieszany – zarówno krajowy, jak i zagraniczny.

Badane przedsiębiorstwa to w przeważającej mierze firmy usługowe lub produkcyjno-usługowe. Tylko jedno przedsiębiorstwo zajmuje się wyłącznie produkcją.

3.3. Paradygmat pomiaru dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstw

W związku ze złożonością badanej tematyki – procesu transformacji cyfrowej w przedsiębiorstwach – zwłaszcza w obszarze pytań dotyczących produktu lub usługi wytwarzanej przez firmę, należy być szczególnie ostrożnym przy porównywaniu firm w zakresie ich zaawansowania technologicznego. Nierzadko typ i charakter działalności firmy determinuje to, czy jej produkt końcowy lub usługa mogą w ogóle być rozwijane w sposób odzwierciedlający zaawansowanie cyfrowe przedsiębiorstwa. Firma produkująca prosty technologicznie produkt może nie posiadać pola do rozwoju w zakresie zaawansowania cyfrowego swojego produktu, co jednak nie zmienia faktu, że sama firma może być zaawansowana cyfrowo np. w obszarze zarządzania.

Wszystkie powyższe ograniczenia dotyczą także próby przedsiębiorstw z USA – przeprowadzone badanie miało charakter wyłącznie pilotażowy, próba nie jest reprezentatywna i nie powinna służyć do wyciągania uogólnionych wniosków na temat transformacji cyfrowej w amerykańskich przedsiębiorstwach. Zaprezentowane wyniki odnoszą się wyłącznie do firm ujętych w badaniu.

4.

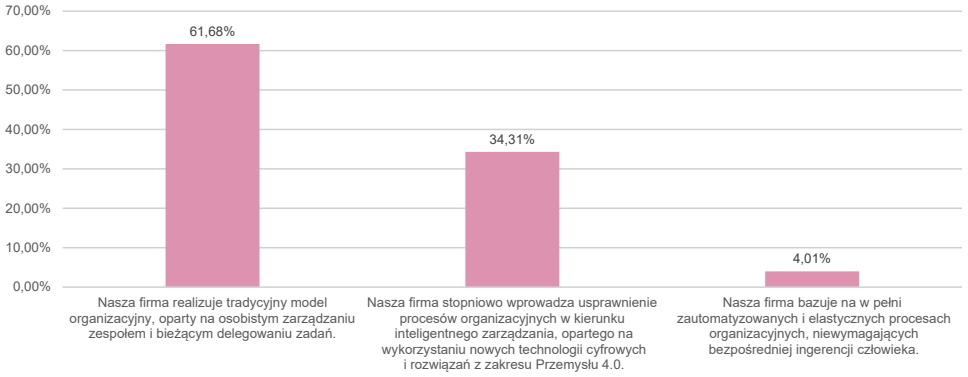
Polskie przedsiębiorstwa w procesie transformacji cyfrowej – wyniki badania

Wyniki niniejszego badania wpisują się w opisowy paradygmat pomiaru dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstw i – zgodnie z wcześniej przedstawioną teorią – jego celem jest próba diagnozy i oceny rzeczywistego stanu potencjału cyfrowego w organizacji, mierzona na podstawie ustalonych kryteriów. Kryteria te dotyczą takich zagadnień jak: model zarządzania firmą, infrastruktura przedsiębiorstwa, kapitał ludzki, produkt lub usługa i jego charakter, strategia wdrożenia idei Przemysłu 4.0 oraz wsparcie dla pracowników w obszarze szkoleń i rozwoju. Wyniki badania dla poszczególnych obszarów opisano poniżej. Próbę zróżnicowano także pod kątem wielkości przedsiębiorstw oraz sektora działalności firmy.

4.1. Model zarządzania firmą

Blisko dwie trzecie badanych stwierdziło, że w ich firmach realizowany jest tradycyjny model zarządzania, oparty na osobistym zarządzaniu zespołem i bieżącym delegowaniu zadań. Jedna trzecia z kolei przyznała, że w ich przedsiębiorstwach stopniowo wprowadzane są usprawnienia procesów organizacyjnych w kierunku inteligentnego zarządzania. Jedynie 4% badanych przyznało, że ich firma bazuje na w pełni zautomatyzowanych i elastycznych procesach.

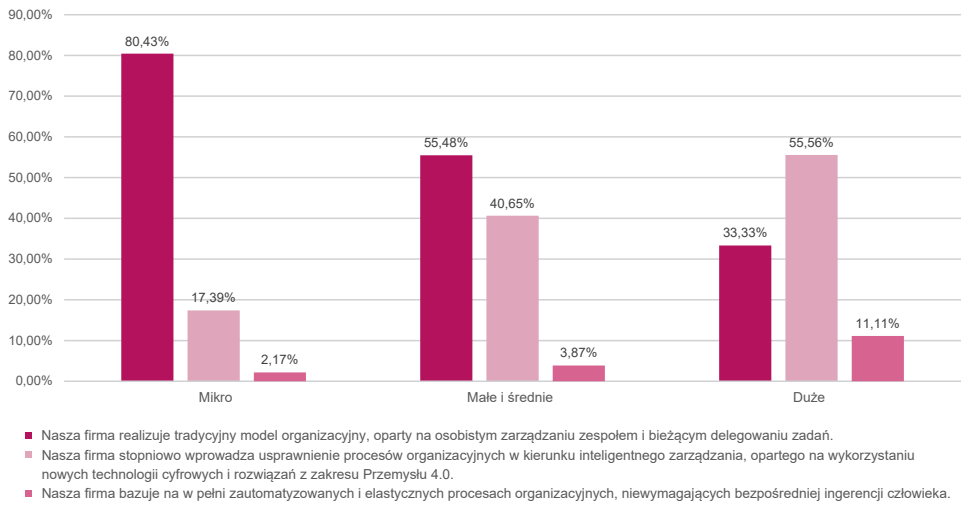
Wykres 3. Ocena modelu zarządzania w badanych firmach



(Na podstawie pytania: Jak określił(a)by Pan/Pani model zarządzania realizowany w Państwa firmie?)

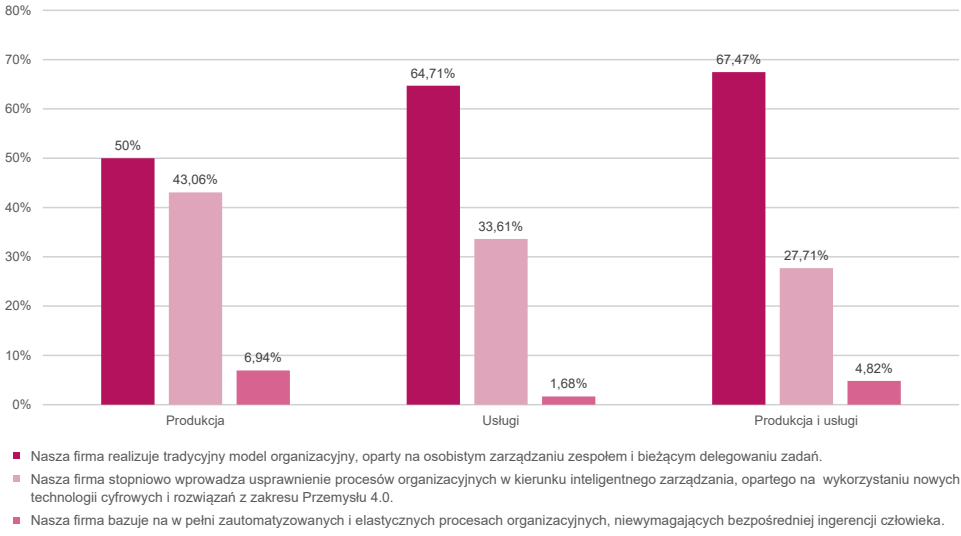
Tradycyjny model zarządzania funkcjonuje w zdecydowanej większości badanych mikroprzedsiębiorstw oraz w co drugiej małej lub średniej firmie. Usprawnienia procesów organizacyjnych w kierunku inteligentnego zarządzania wprowadzane są w ponad połowie badanych dużych przedsiębiorstw. One także wskazywały najczęściej wprowadzenie w pełni zautomatyzowanych i elastycznych procesów organizacyjnych.

Wykres 4. Realizowane modele zarządzania w zależności od wielkości firmy



Jeśli chodzi o typ działalności, to tradycyjny model organizacyjny obecny był najczęściej w przedsiębiorstwach usługowych i produkcyjno-usługowych, a korzystanie z w pełni zautomatyzowanych rozwiązań wskazywały firmy produkcyjne. To one także nieco częściej niż pozostałe wskazywały stopniowe wprowadzanie rozwiązań procesów organizacyjnych w kierunku inteligentnego zarządzania.

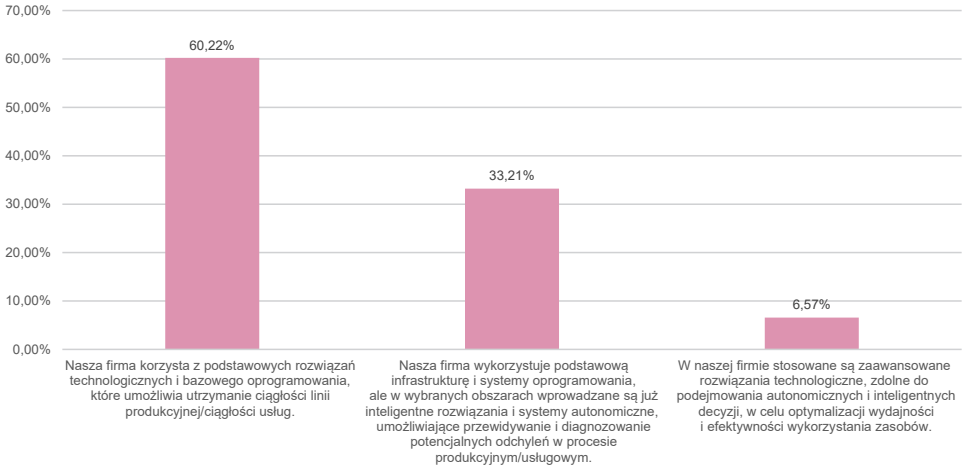
Wykres 5. Realizowane modele organizacyjne w zależności od rodzaju działalności



4.2. Infrastruktura przedsiębiorstwa

Tradycyjny model zarządzania w większości badanych przedsiębiorstw przekłada się także na ocenę poziomu ich zaawansowania technologicznego. Niewiele ponad 60% badanych zadeklarowało, że ich firma korzysta jedynie z podstawowych rozwiązań technologicznych i bazowego oprogramowania. Co trzecia firma używa inteligentnych rozwiązań tylko w wybranych obszarach działalności, a zaawansowane technologie, zdolne do podejmowania autonomicznych decyzji, obecne są zaledwie w 6,5% ankietowanych przedsiębiorstw.

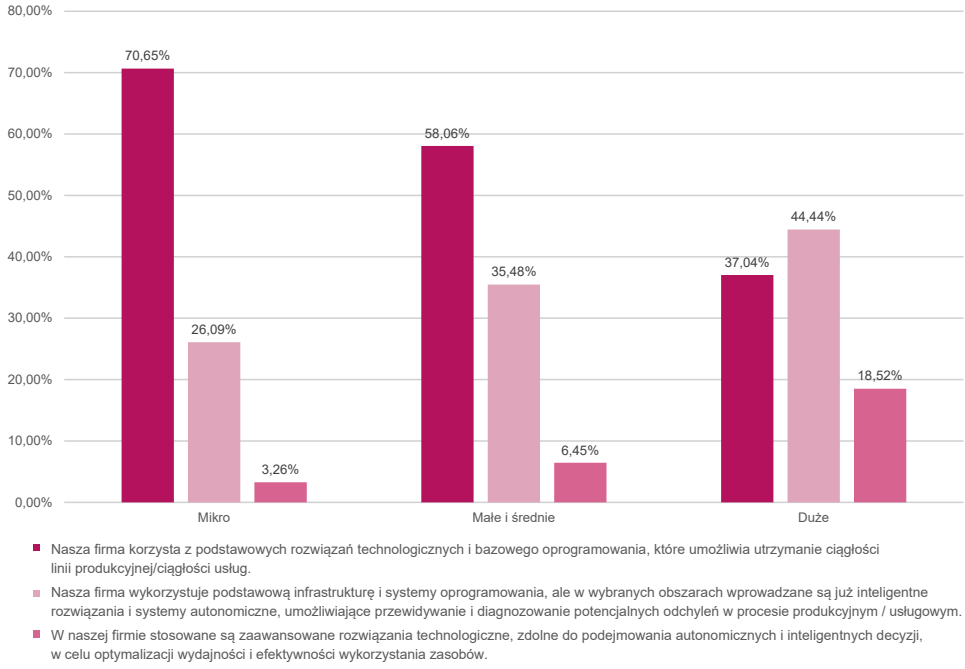
Wykres 6. Ocena poziomu zaawansowania technologicznego przedsiębiorstw przez uczestników badań



(Na podst. odpowiedzi na pytanie: Jak ocenił(a)by Pan/Pani poziom zaawansowania technologicznego Państwa firmy?)

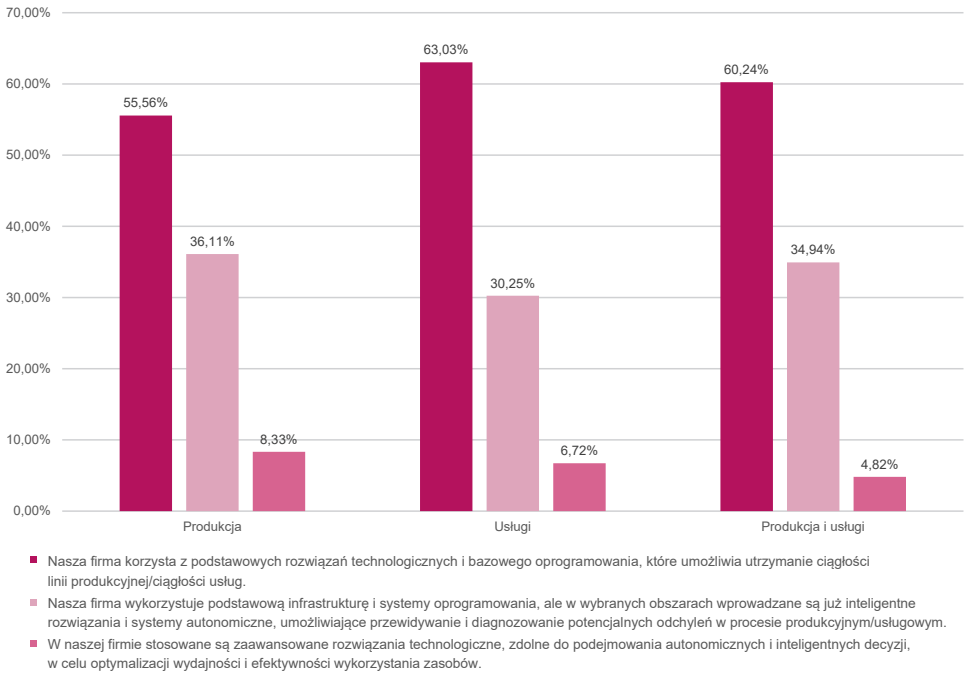
Z podstawowych rozwiązań technologicznych i bazowego oprogramowania korzystają najczęściej mikro oraz małe i średnie przedsiębiorstwa. Im większa firma, tym więcej inteligentnych rozwiązań i systemów oprogramowania, a prawie co piąte badane duże przedsiębiorstwo zadeklarowało stosowanie zaawansowanych rozwiązań technologicznych, zdolnych do podejmowania autonomicznych decyzji.

Wykres 7. Zróżnicowanie zaawansowania technologicznego w zależności od wielkości przedsiębiorstwa



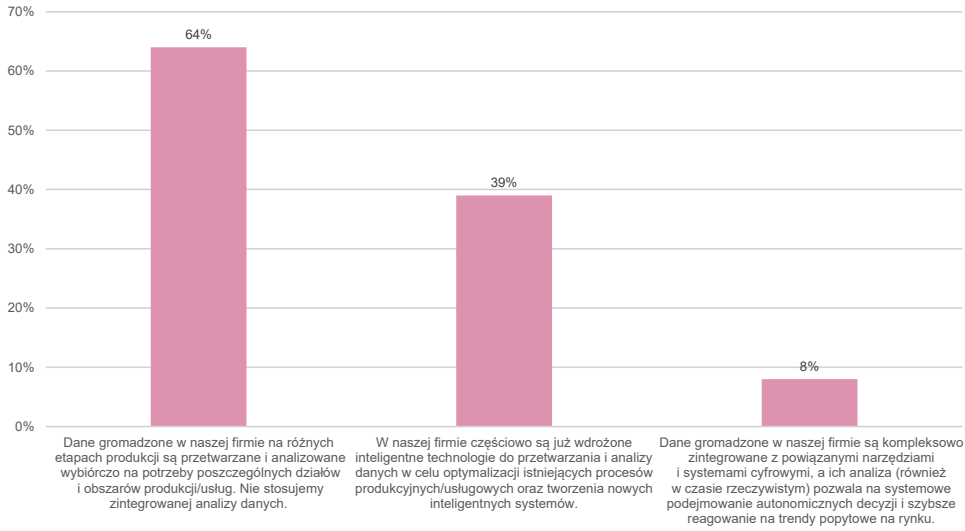
Jeśli chodzi o typ działalności, to nie zaobserwowano znaczących różnic w wykorzystaniu rozwiązań technologicznych i oprogramowania.

Wykres 8. Wykorzystanie rozwiązań technologicznych i oprogramowania w zależności od typu prowadzonej działalności



Jeśli chodzi o politykę przetwarzania i analizy danych, to także ten aspekt związany jest z tradycyjnym modelem zarządzania i poziomem zaawansowania technologicznego w badanych przedsiębiorstwach. W 64% z nich dane gromadzone na różnych etapach produkcji są przetwarzane i analizowane wybiórczo na potrzeby poszczególnych działów i obszarów produkcji/usług i nie jest stosowana zintegrowana analiza danych. 39% ankietowanych firm wdrożyło częściowo inteligentne technologie analizy danych, w 8% firm gromadzone dane są kompleksowo zintegrowane z powiązanymi narzędziami i systemami cyfrowymi, a ich analiza (również w czasie rzeczywistym) pozwala na systemowe podejmowanie autonomicznych decyzji i szybsze reagowanie na trendy popytowe na rynku.

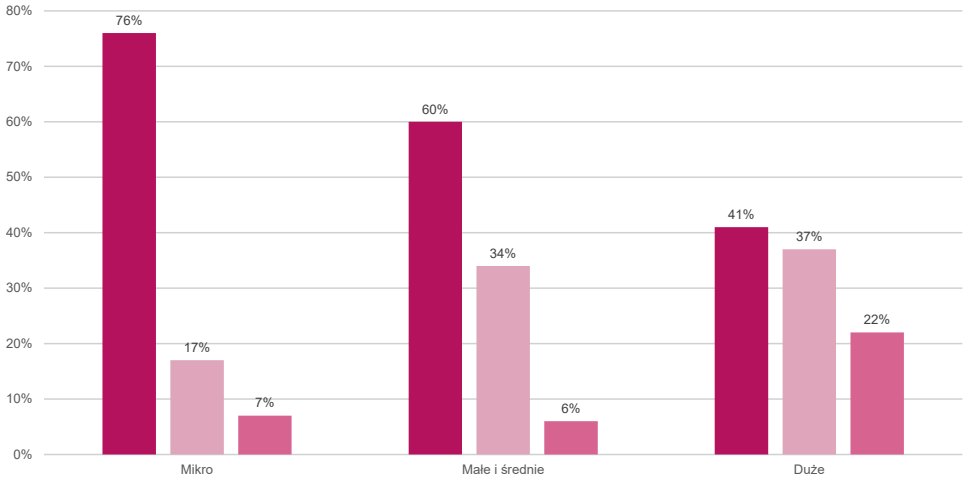
Wykres 9. Polityka przetwarzania i analizy danych



(Na podstawie odpowiedzi na pytanie: Które z poniższych stwierdzeń najlepiej opisuje politykę przetwarzania i analizy danych stosowaną w Państwa firmie?)

Wybiórcze gromadzenie i analiza danych deklarowane były najczęściej w przypadku mikro oraz małych i średnich przedsiębiorstw. Im większa firma, tym bardziej kompleksowe i inteligentne rozwiązania stosowane były do przetwarzania i analizy danych.

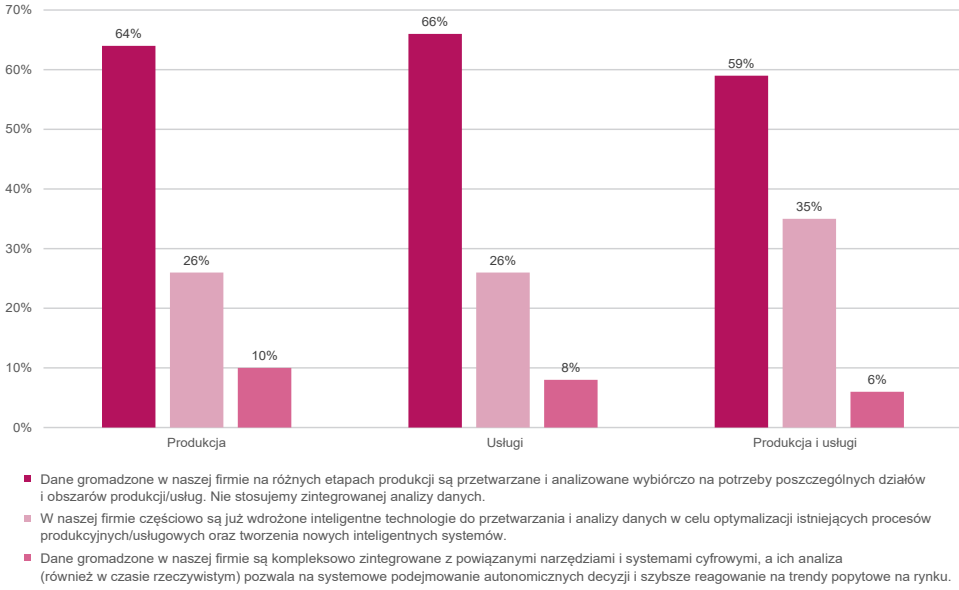
Wykres 10. Deklarowane analizy danych i stosowane rozwiązania w zależności od wielkości przedsiębiorstwa



- Dane gromadzone w naszej firmie na różnych etapach produkcji są przetwarzane i analizowane wybiórczo na potrzeby poszczególnych działów i obszarów produkcji/usług. Nie stosujemy zintegrowanej analizy danych.
- W naszej firmie częściowo są już wdrożone inteligentne technologie do przetwarzania i analizy danych w celu optymalizacji istniejących procesów produkcyjnych/usługowych oraz tworzenia nowych inteligentnych systemów.
- Dane gromadzone w naszej firmie są kompleksowo zintegrowane z powiązanymi narzędziami i systemami cyfrowymi, a ich analiza (również w czasie rzeczywistym) pozwala na systemowe podejmowanie autonomicznych decyzji i szybsze reagowanie na trendy popytowe na rynku.

Nie zaobserwowano znaczących różnic w polityce analizy i przetwarzania danych w zależności od charakteru prowadzonej działalności.

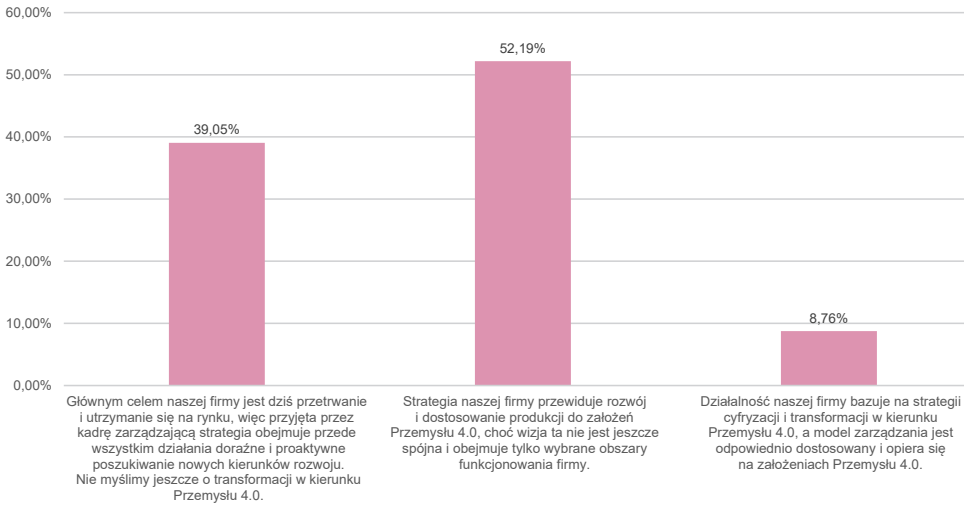
Wykres 11. Polityka analizy i przetwarzania danych w zależności od typu działalności



4.3. Strategia wdrożenia idei Przemysłu 4.0

Jeśli chodzi o strategie działania badanych firm, zaobserwować można silną polaryzację. Ponad połowa z nich zadeklarowała, że ich strategia przewiduje rozwój i dostosowanie produkcji do założeń Przemysłu 4.0, choć wizja ta nie jest jeszcze spójna i obejmuje tylko wybrane obszary funkcjonowania firmy. Blisko 40% ankietowanych stwierdziło jednak, że ich głównym celem jest przetrwanie i utrzymanie się na rynku i nie mają w planach transformacji w kierunku Przemysłu 4.0. Zaledwie co dziesiąta badana firma bazuje na strategii transformacji w kierunku Przemysłu 4.0 i model jej zarządzania jest do niego dostosowany.

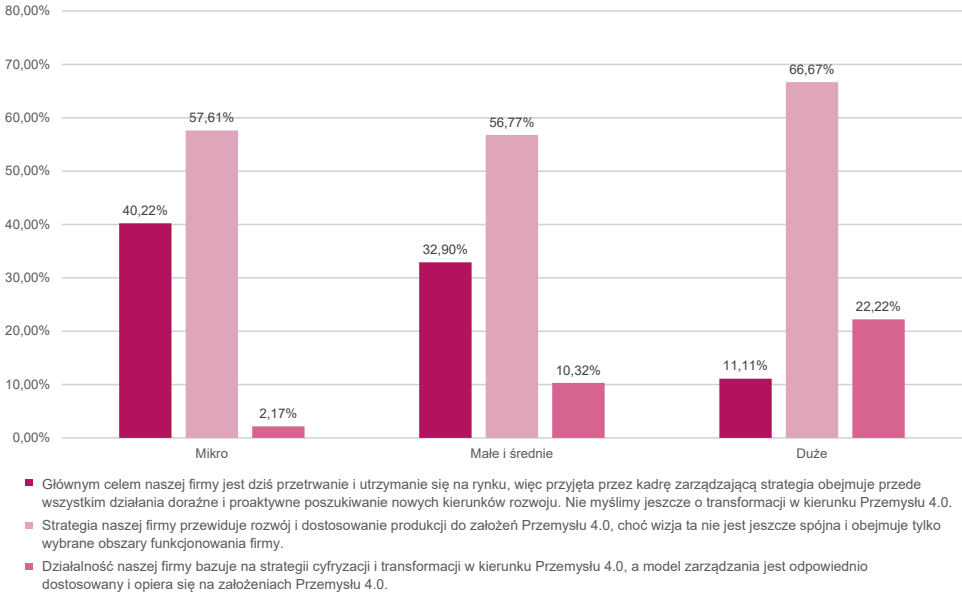
Wykres 12. Strategia rozwoju przedsiębiorstw w kierunku idei Przemysłu 4.0



(Na podstawie odpowiedzi na pytanie: Które z poniższych stwierdzeń najlepiej opisuje przyjętą w Państwa firmie strategię rozwoju przedsiębiorstwa w kierunku idei Przemysłu 4.0?)

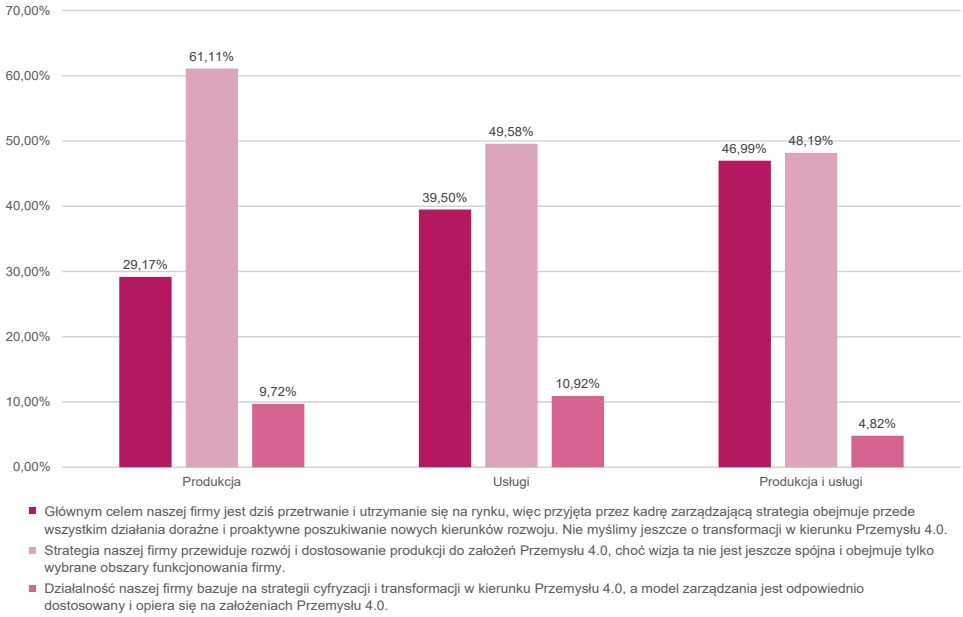
Strategia i rozwój w kierunku Przemysłu 4.0 zależy od wielkości firmy – im większa, tym większy nacisk na rozwój i dostosowanie działalności do Przemysłu 4.0. Co piąte badane duże przedsiębiorstwo zadeklarowało, że w swojej działalności opiera się na strategii cyfryzacji i transformacji w kierunku Przemysłu 4.0.

Wykres 13. Strategia i rozwój w kierunku Przemysłu 4.0 zależnie od wielkości firmy



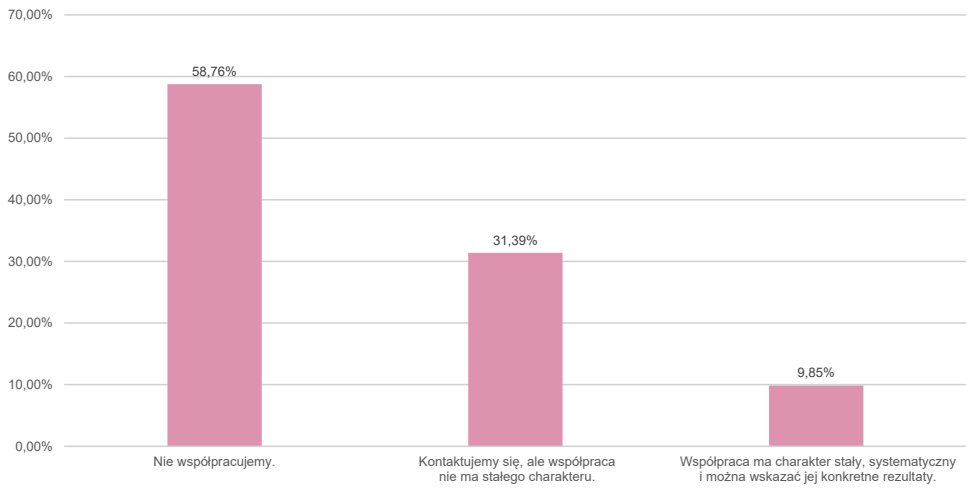
Firmy z branży produkcyjno-usługowej najczęściej deklarowały, że jeszcze nie realizują transformacji swej działalności w kierunku Przemysłu 4.0. Firmy z branży produkcyjnej najczęściej wskazywały, że strategia ich rozwoju przewiduje dostosowanie do wymagań Przemysłu 4.0. Co dziesiąta firma z branży produkcyjnej i z branży usługowej zadeklarowała, że ich model zarządzania opiera się na założeniach Przemysłu 4.0 i jest do nich dostosowany.

Wykres 14. Strategie i modele zarządzania z podziałem na branże



Ponad 58% badanych przedsiębiorstw nie współpracuje z wyspecjalizowaną organizacją pomagającą we wdrażaniu transformacji cyfrowej. Z usług takich podmiotów korzysta ponad 40% ankietowanych firm, przy czym prawie co trzecia robi to okazjonalnie, a co dziesiąta regularnie.

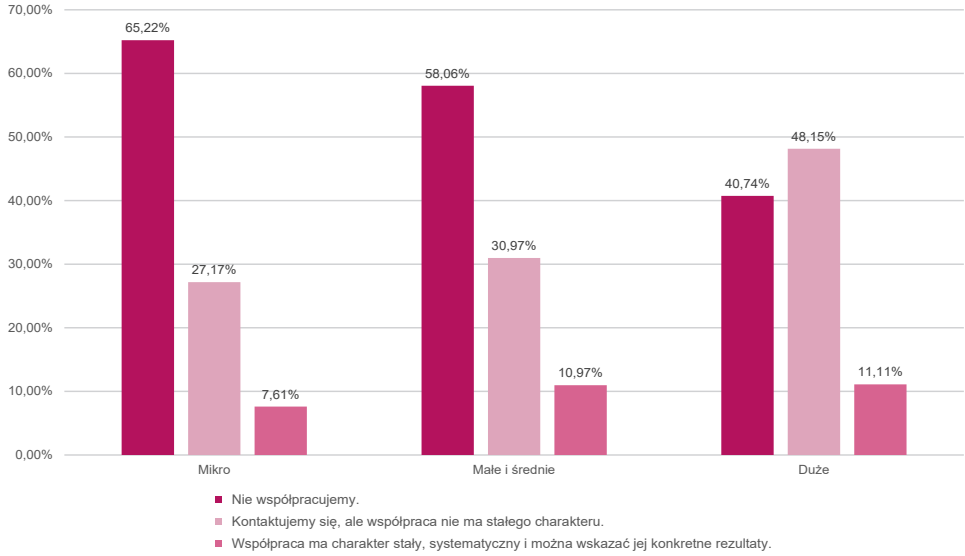
Wykres 15. Współpraca z organizacjami pomagającymi we wdrażaniu transformacji cyfrowej



(Na podstawie odpowiedzi na pytanie: Czy przedsiębiorstwo/Państwo współpracujecie z wyspecjalizowaną organizacją, która pomaga we wdrażaniu transformacji cyfrowej i rozwiązań Przemysłu 4.0?)

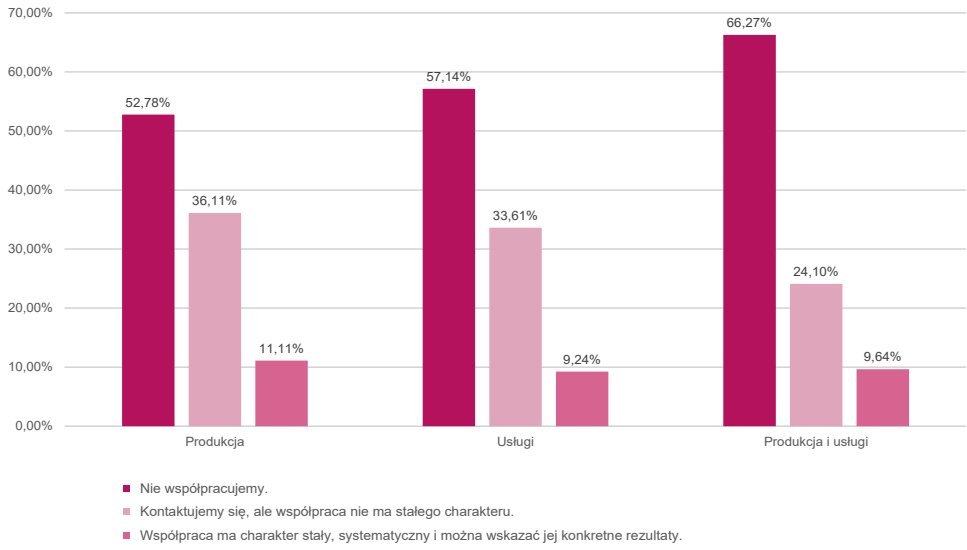
Duże firmy najczęściej współpracują z wyspecjalizowanymi organizacjami, które wspierają je we wdrażaniu transformacji cyfrowej. Im mniejsza firma, tym rzadsza taka współpraca.

Wykres 16. Deklarowana współpraca we wdrażaniu rozwiązań Przemysłu 4.0 w zależności od wielkości firmy



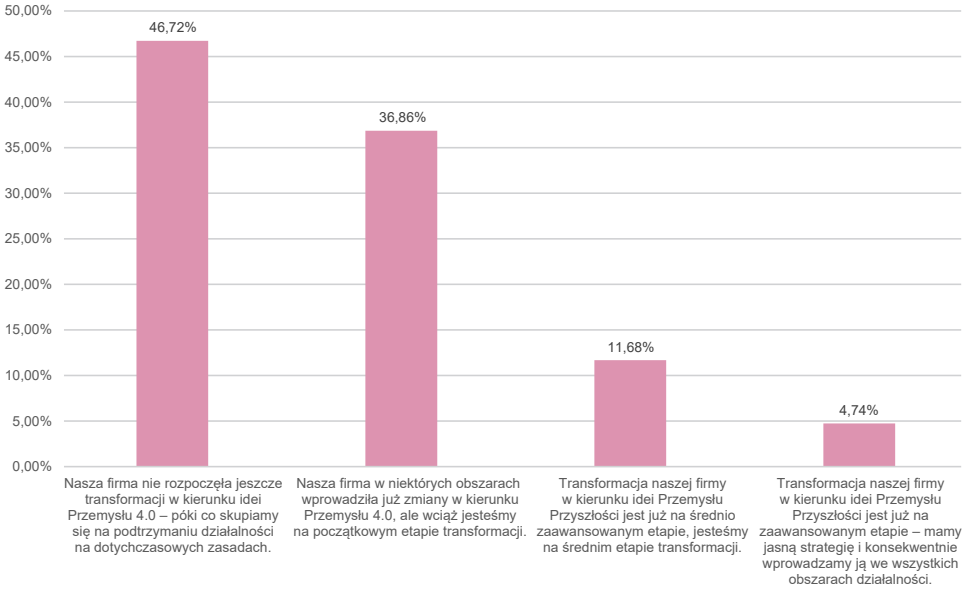
Firmy z branży produkcyjnej najczęściej współpracują z organizacjami wspierającymi je w transformacji cyfrowej.

Wykres 17. Deklarowana współpraca z organizacjami pomagającymi we wdrażaniu transformacji cyfrowej w zależności od rodzaju działalności



Jeśli chodzi o poziom zaawansowania badanych przedsiębiorstw w kierunku Przemysłu 4.0, to można zaobserwować silną polaryzację. W blisko połowie z nich nie rozpoczęto jeszcze takiej transformacji, podczas gdy pozostałe są na jednym z trzech etapów: początkowej transformacji (36,86%), średnio zaawansowanej (11,68%) i zaawansowanej (4,74%).

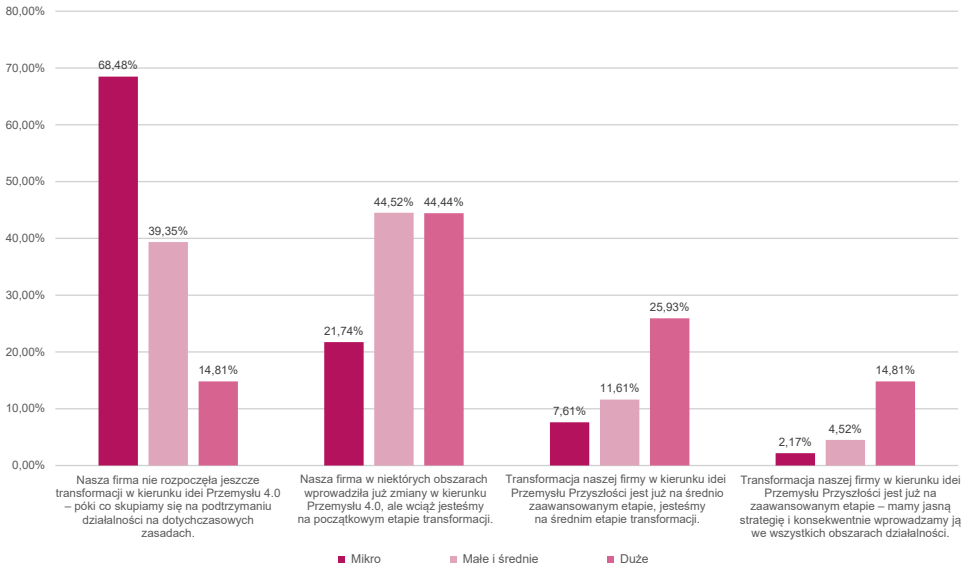
Wykres 18. Poziom zaawansowania rozwoju firmy w kierunku Przemysłu 4.0 w ocenie badanych



(Na podstawie pytania: Jak określił(a)by Pan/Pani poziom zaawansowania rozwoju Państwa firmy w kierunku Przemysłu 4.0?)

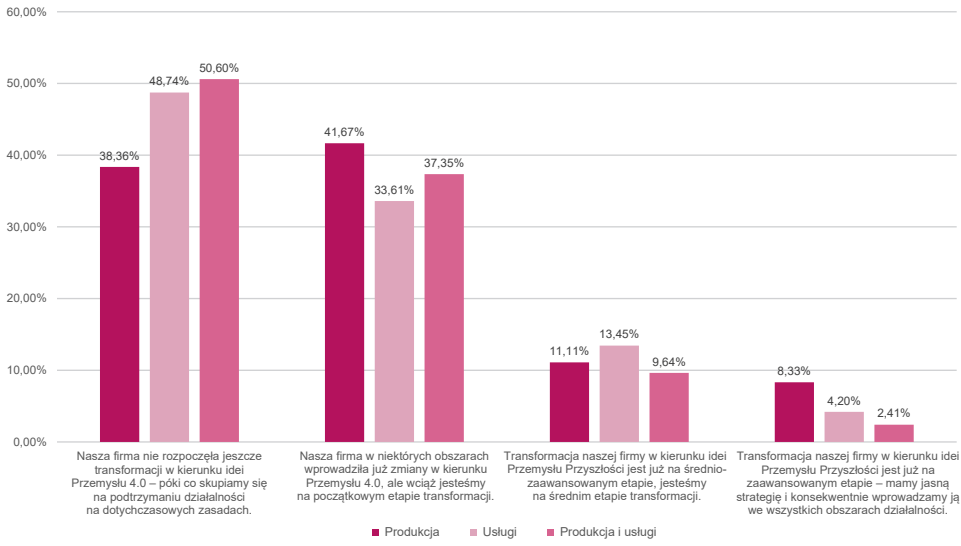
Transformacja w kierunku Przemysłu 4.0 zależy od wielkości przedsiębiorstwa – im większe, tym bardziej zaawansowany poziom transformacji.

Wykres 19. Poziom zaawansowania transformacji w zależności od wielkości przedsiębiorstwa



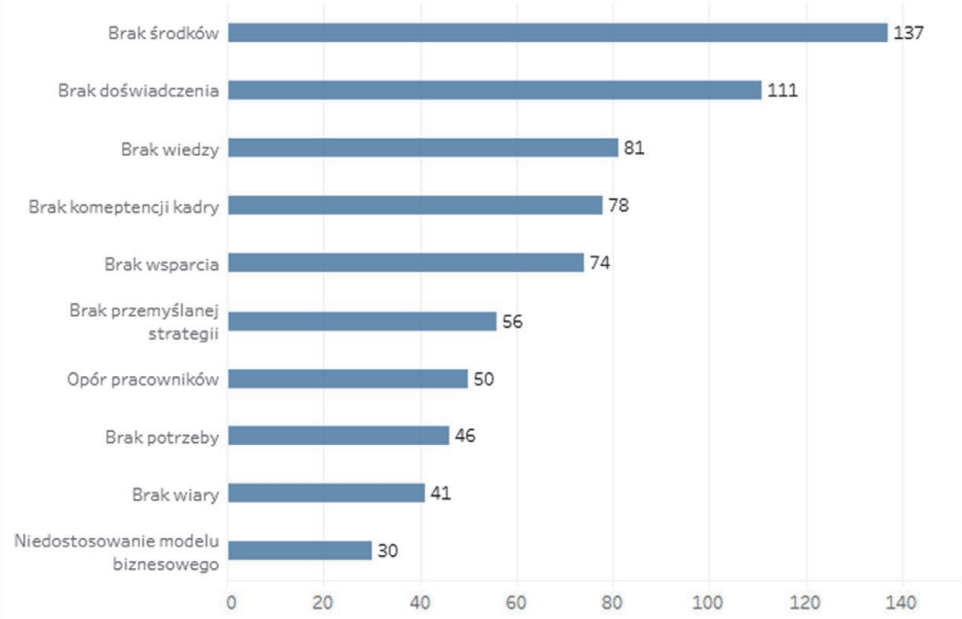
Firmy z branży produkcyjnej najczęściej deklarowały zaawansowany i średnio zaawansowany etap transformacji cyfrowej.

Wykres 20. Ocena zaawansowania transformacji cyfrowej w zależności od rodzaju prowadzonej działalności



Wśród najważniejszych trudności w procesie rozwoju ankietowanych przedsiębiorstw w kierunku Przemysłu 4.0 najczęściej wymieniane były: brak środków finansowych potrzebnych do przeprowadzenia zmiany (50%), brak doświadczenia w procesie transformacji cyfrowej (40,5%) oraz brak wiedzy lub wiarygodnych źródeł na temat przemysłu przyszłości (29,56%).

Wykres 21. Najważniejsze trudności w rozwoju firm w kierunku idei Przemysłu Przyszłości wskazane przez całą badaną próbę



(Na podstawie pytania: Co według Pana/Pani jest największą trudnością w procesie rozwoju Państwa firmy w kierunku idei Przemysłu Przyszłości?)

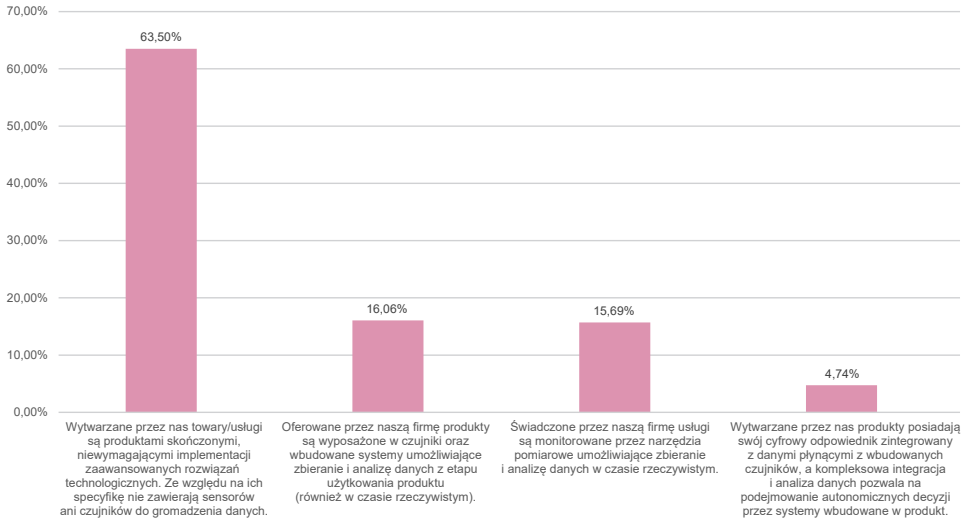
Własne odpowiedzi przedstawicieli badanych firm:

- *Firma nie chce pracy zdalnej dla pracowników. A taka praca to ekonomiczne rozwiązanie, które oszczędza czas pracowników.*
- *Dopóki polski właściciel firmy nie zrozumie potrzeby transformacji, firma nie wykona w tym kierunku żadnego kroku, pomimo że kadra jest na to gotowa i poradziłaby sobie z tym tematem.*
- *Brak technologii, aby można było w pełni zautomatyzować produkcję.*
- *Brak stabilności przepisów prawnych, co wymaga skupiania czasu i energii na nich, a nie na rozwoju.*
- *Firma zachodnia, mająca własną strategię.*

4.4. Poziom zaawansowania cyfrowego usług/produktu

Kolejnym zagadnieniem podjętym w badaniu było zdefiniowanie stopnia zaawansowania produktów lub usług, które wytwarzają i dostarczają przedsiębiorstwa w zakresie ich cyfrowego poziomu zaawansowania. Z zebranych danych wynika, że charakter produktów i usług badanych przedsiębiorstw jest w większości prosty, nie wymaga implementacji zaawansowanych rozwiązań technologicznych – 63,5%. W pozostałych przypadkach wytwarzane produkty są w pewnym stopniu wyposażone w systemy umożliwiające zbieranie i analizę danych (np. czujniki) lub usługi są monitorowane przez narzędzia pomiarowe, umożliwiające zbieranie i analizę danych w czasie rzeczywistym. Tylko w niecałych 5% przedsiębiorstw ma miejsce kompleksowa integracja i analiza danych, pozwalająca na podejmowanie autonomicznych decyzji przez systemy wbudowane w produkt.

Wykres 22. Specyfika produktowa przedsiębiorstw wskazana przez badanych



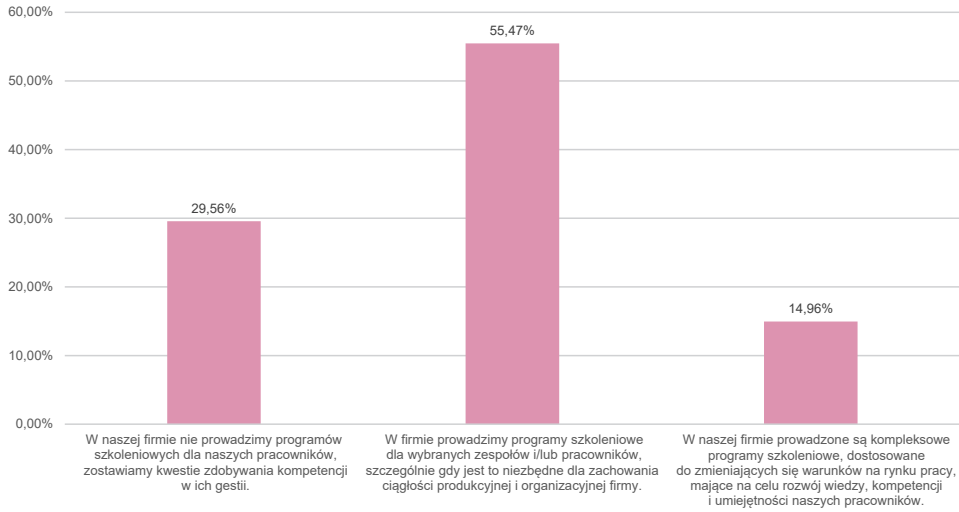
(Na podstawie zalecenia: Proszę wskazać zdanie, które najtrafniej opisuje specyfikę produktową w Państwa firmie)

Za produkty skończone, niewymagające implementacji zaawansowanych rozwiązań technologicznych ze względu na swoją specyfikę, częściej uznawali przedstawiciele firm usługowych (71%) i produkcyjnych (68%) niż tych z sektora produkcyjno-usługowego (48%).

4.5. Rozwój kapitału ludzkiego w przedsiębiorstwie

Jako że brak wiedzy lub wiarygodnych źródeł na temat Przemysłu Przyszłości przedsiębiorcy wskazują jako jedne z głównych trudności, ważnym elementem zmiany w tym obszarze może być realizacja szkoleń w zakresie transformacji cyfrowej przedsiębiorstw. W badanych firmach ponad połowa respondentów (55%) przyznała, że są u nich prowadzone programy szkoleniowe dla wybranych zespołów/pracowników, szczególnie gdy jest to niezbędne do zachowania ciągłości produkcyjnej i organizacyjnej firmy. Wynika z tego, że usługi szkoleniowe są dostępne dla części pracowników w zakresie uznawanym za niezbędny. Przeciętnie tylko 15% przedsiębiorstw z badanej próby oferowało kompleksowe szkolenia, dostosowane do zmieniających się warunków na rynku pracy i mające na celu rozwój wiedzy, kompetencji i umiejętności pracowników.

Wykres 23. Szkolenia pracowników w kontekście wprowadzania idei Przemysłu 4.0



(Na podstawie odpowiedzi na pytanie: W jaki sposób przygotowujecie pracowników do wdrażania idei Przemysłu 4.0 w Państwa firmie?)

Niedobór lub ograniczenie liczby szkoleń jest skorelowane m.in. z wielkością przedsiębiorstwa (choć nie należy mówić o związku przyczynowo-skutkowym). Podczas gdy aż w 43% badanych mikrofirm nie są prowadzone programy szkoleniowe dla pracowników i rozwój kompetencji leży w ich własnej gestii, taka sytuacja ma miejsce tylko w jednym przedsiębiorstwie z grupy dużych firm (zatrudniających ponad 250 pracowników).

Kompleksowe programy szkoleniowe, dostosowane do zmieniających się warunków na rynku pracy, mające na celu rozwój wiedzy, kompetencji i umiejętności pracowników, częściej mają miejsce w firmach usługowych – tam 19% respondentów wskazało na istnienie takich programów. W przedsiębiorstwach zajmujących się wyłącznie lub głównie produkcją oraz w tych o profilu produkcyjno-usługowym kompleksowe programy szkoleniowe mają miejsce w około 12% badanych firm.

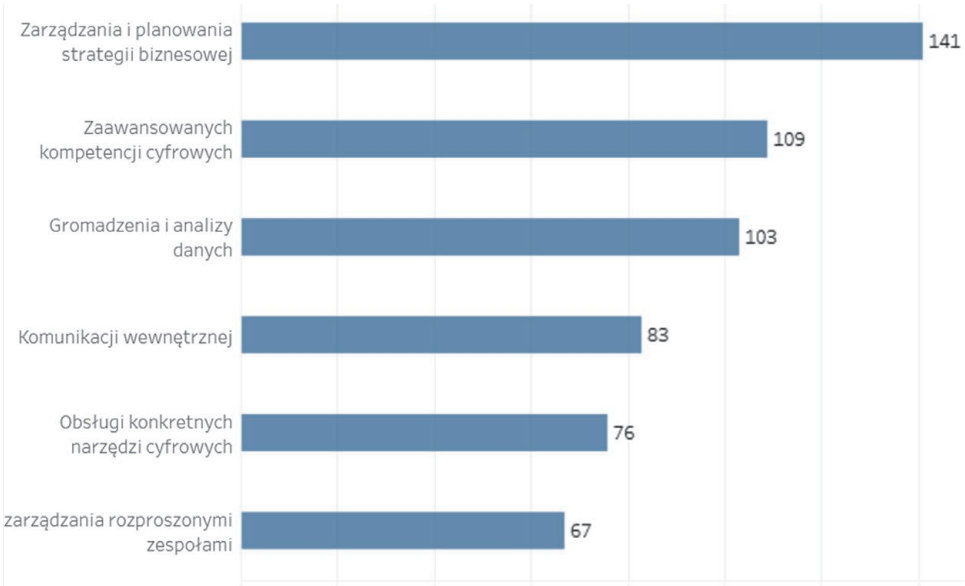
W celu dalszej eksploracji tematu związanego z potrzebami szkoleniowymi w przedsiębiorstwach respondenci (w większości kadra menedżerska) zostali poproszeni o wskazanie, w których obszarach widzą największą potrzebę szkoleń, zarówno dla kadry zarządzającej, jak i dla regularnych pracowników. W przypadku szkoleń dla kadry menedżerskiej najwięcej wskazań otrzymały obszary dotyczące:

- zarządzania i planowania strategii biznesowej – 141 wskazań,
- zaawansowanych kompetencji cyfrowych – 109 wskazań,
- gromadzenia i analizy danych –103 wskazania.

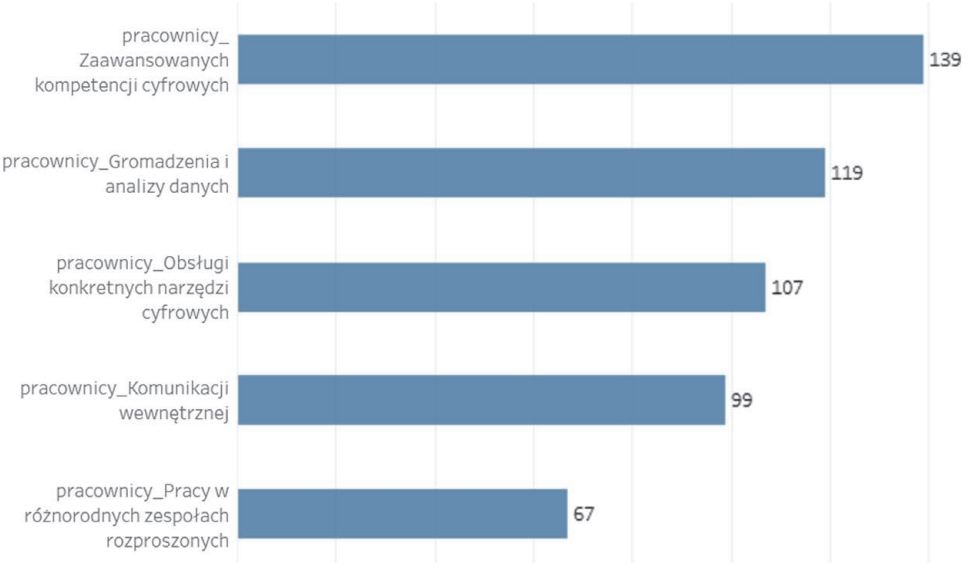
Bardzo podobne obszary zostały wskazane przez respondentów jako szkolenia, które uważają za najpotrzebniejsze pracownikom spoza kadry zarządzającej. Trzy najczęściej wybierane to szkolenia dotyczące:

- zaawansowanych kompetencji cyfrowych – 139 wskazań,
- gromadzenia i analizy danych – 119 wskazań,
- obsługi konkretnych narzędzi cyfrowych – 107 wskazań.

Wykres 24. Wskazania respondentów dotyczące programów szkoleniowych dla kadry menedżerskiej



Wykres 25. Wskazania respondentów dotyczące programów szkoleniowych dla pracowników



Powyższe dane pokazują, że zarówno dla osób zarządzających w badanych firmach, jak i dla regularnych pracowników bardzo ważne są kwestie związane z rozwijaniem kompetencji cyfrowych i szeroko pojętą pracą z danymi. Wymienione obszary szkoleniowe były spójne dla większości typów i wielkości badanych firm, co wskazuje na wspólne potrzeby dotyczące podnoszenia kompetencji, obserwowane przez kadrę zarządzającą, niezależnie od sektora i skali działalności firmy.

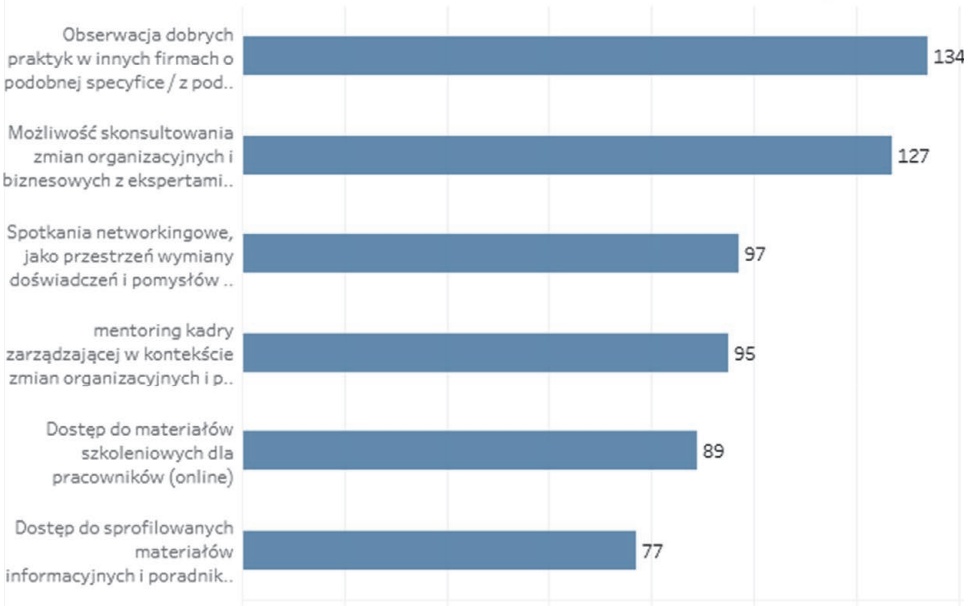
Respondentów zapytano także, jakie inne działania uważaliby za wartościowe i pożądane formy wsparcia rozwoju ich firmy w kierunku idei Przemysłu 4.0. Prawie połowa wskazała na potrzebę obserwacji dobrych praktyk w innych firmach o podobnej specyfice lub pochodzących z podobnej branży. Przedsiębiorcy byli zatem otwarci na wymianę inspiracji i czerpanie z rozwiązań, które okazały się trafne i wartościowe w innych, podobnych przedsiębiorstwach.

Równie często respondenci wskazywali na potrzebę konsultowania zmian organizacyjnych i biznesowych z ekspertami z zakresu Przemysłu 4.0. Pokazuje to istniejący na rynku deficyt wiedzy i potrzebę czerpania z zasobów wiedzy eksperckiej w tym obszarze.

Trzecim najczęściej wskazywanym typem działania był udział w spotkaniach networkingowych, jako przestrzeni wymiany doświadczeń i pomysłów w gronie przedstawicieli innych firm, co wskazuje po raz kolejny na potrzebę wymiany,

konsultacji i wzajemnej inspiracji oraz obserwacji dobrych praktyk, zaimplementowanych w innych firmach, będących na podobnym etapie rozwoju.

Wykres 26. Inne wskazania respondentów uznane za wartościowe i pożądane formy wsparcia rozwoju ich firmy w kierunku idei Przemysłu 4.0



Powyższy trend był widoczny wśród wszystkich respondentów, niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa – za najbardziej wspierające rozwój firm w kierunku idei Przemysłu 4.0 uznano działania oparte na konsultacjach z ekspertami lub odnoszenie się do przypadków innych, podobnych przedsiębiorstw.

Przedstawiciele mikro i małych firm stosunkowo często wskazywali także działania obejmujące mentoring kadry zarządzającej w kontekście zmian organizacyjnych i procesowych jako potrzebne w celu wsparcia procesu rozwojowego firmy.

5.

Miara Dojrzałości Cyfrowej jako narzędzie pomiaru stopnia cyfryzacji przedsiębiorstw

Na podstawie omówionych w poprzednim rozdziale wyników badania „Polskie przedsiębiorstwa w procesie transformacji cyfrowej" opracowano Miarę Dojrzałości Cyfrowej (*Digital Maturity Measure* – DMM), która pozwoli zobrazować poziom zaawansowania cyfrowego przedsiębiorstwa w dwóch obszarach: zarządzania i zaawansowania technologicznego. Aby ułatwić czytelnikowi interpretację Miary, dokonano także przeglądu miar agregatowych w pomiarze zjawisk złożonych, omówionych poniżej.

5.1. Miary agregatowe w pomiarze zjawisk złożonych

Wiele zjawisk społeczno-ekonomicznych podlegających pomiarowi ma charakter złożony, a szacowanie ich poziomu na podstawie pojedynczych zmiennych jest mocno utrudnione lub wręcz niemożliwe. W takim przypadku badacze stają przed wyzwaniem budowania zmiennych agregatowych (określanych również mianem miar syntetycznych, kompozytowych lub indeksów), które agregują informacje, które niosą zmienne cząstkowe. Przykładami takich zjawisk złożonych mogą być: innowacyjność, konkurencyjność, jakość życia czy zrównoważony rozwój. Jedną z bardziej znanych tego typu miar jest Indeks Rozwoju Społecznego HDI (*Human Development Index).*

Budowanie zmiennych agregatowych jest procesem złożonym i wieloetapowym. Oprócz szczegółowego opisu każdego etapu, należy m.in. dobrać odpowiednie zmienne cząstkowe, podjąć decyzje o sposobie normalizacji wartości tych zmiennych, a następnie ustalić postać funkcji agregującej. Liczba potencjalnych metod

oraz różnorodność podejść tylko dla tych trzech etapów jest tak duża, że nie dziwi fakt, iż w literaturze przedmiotu nie wypracowano jednolitej metodyki budowy miar agregatowych. Próbą usystematyzowania podejść w tym obszarze może być podręcznik Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju pt. *Handbook on Constructing Composite Indicators* (OECD, 2004). Obszar ten jest jednak ciągle rozwijany, a zasoby literatury przedmiotu wzbogacane są o nowe, oryginalne i interesujące publikacje. Pomimo tego wydaje się, że można wyróżnić dwa, bardzo popularne podejścia do budowy miar agregatowych. Pierwsze z nich zakłada wykorzystanie metod analizy czynnikowej, a budowane w ten sposób miary często określane są mianem indeksów kompozytowych. Drugie podejście wykorzystuje metody porządkowania liniowego i metody wielokryterialne. Powstające w ten sposób miary złożone najczęściej nazywane są miarami agregatowymi lub syntetycznymi.

5.2. Miary agregatowe jako narzędzie porządkowania liniowego obiektów

W literaturze przedmiotu szczególnie dużo propozycji budowy miar agregatowych opiera się na zagadnieniu porządkowania liniowego, które stanowi jeden z obszarów statystycznej analizy wielowymiarowej. Propozycja miary przedstawiona w niniejszej książce również czerpie z dorobku tej dziedziny nauki, z tego względu w dalszej części rozdziału omówiona zostanie idea porządkowania liniowego obiektów.

Porządkowanie liniowe obiektów polega na ustaleniu kolejności obiektów, od „najlepszego" do „najgorszego", pod względem poziomu zjawiska złożonego, którego nie można wyrazić za pomocą jednej cechy statystycznej (zmiennej). Obiekty w takim przypadku oceniane są za pomocą syntetycznego miernika rozwoju (zmiennej agregatowej, syntetycznej), będącego funkcją bezpośrednio obserwowalnych cech prostych (zmiennych cząstkowych), reprezentujących istotne elementy i powiązania danego zjawiska złożonego (Wysocki, 2010).

Porządkowanie liniowe zbioru obiektów wymaga spełnienia kilku warunków (Walesiak, 2004):

- dany jest co najmniej dwuelementowy i skończony zbiór obiektów A;
- istnieje nadrzędne syntetyczne kryterium porządkowania elementów zbioru A, które nie podlega pomiarowi bezpośredniemu (np. poziom innowacyjności);
- zmienne służące do opisu obiektów mierzone są przynajmniej na skali porządkowej. W przypadku zmiennych mierzonych na skali przedziałowej i/lub ilorazowej konieczne jest sprowadzenie ich do porównywalności poprzez normalizację;

– relacją porządkująca obiekty ze zbioru A jest relacja większości i mniejszości, dotycząca liczbowych wartości syntetycznego miernika rozwoju.

Budowę miar agregatowych w ramach porządkowania linowego można podzielić na cztery etapy (rysunek 3).

Rysunek 3. Etapy budowy miar agregatowych

Etap	Charakterystyka
I	Dobór zmiennych cząstkowych charakteryzujących zjawisko złożone
⇩	
II	Transformacja wartości zmiennych cząstkowych
⇩	
III	Wybór systemu wag dla zmiennych cząstkowych
⇩	
IV	Wybór formuły agregacji zmiennych cząstkowych

Źródło: opracowanie własne.

Szczegółową charakterystykę poszczególnych etapów przedstawiono poniżej.

ETAP I

W doborze zmiennych cząstkowych najczęściej stosuje się jedną z trzech metod. Pierwsza to dobór merytoryczny na podstawie wiedzy, doświadczenia badacza, wcześniejszych badań prowadzonych w tym zakresie czy też wskazań ekspertów w danej dziedzinie. Druga metoda zakłada zastosowanie odpowiedniej analizy statystycznej, która ma na celu eliminację zmiennych nadmiernie skorelowanych, czyli takich, które powielają informacje niesione przez inne zmienne cząstkowe. Podstawą tego typu analiz jest analiza korelacji między cechami. Zastosowanie znajdują tu takie metody, jak np.: metoda analizy pojemności informacji, analiza głównych składowych, analiza czynnikowa czy analiza skupień. Trzecia, zalecana metoda to połączenie doboru merytorycznego i statystycznego. Zbiór zmiennych cząstkowych, wstępnie wyselekcjonowanych na podstawie przesłanek merytorycznych, zostaje zredukowany za pomocą metod statystycznych.

ETAP II

Zmienne cząstkowe opisujące zjawiska złożone najczęściej są zróżnicowane pod względem jednostek miary, rzędów wielkości oraz funkcji preferencji. Metodyka budowy miar agregatowych wymaga wcześniejszego sprowadzenia do porównywalności wartości zmiennych cząstkowych. W tym celu stosowane są odpowiednie przekształcenia, określane mianem normalizacji. Do najczęściej stosowanych formuł normalizacyjnych należą m.in.: standaryzacja, unitaryzacja zerowana, przekształcenie ilorazowe.

W etapie II należy również zwrócić uwagę na funkcje preferencji zmiennych cząstkowych. Jest to istotne dla bezwzorcowych metod konstrukcji miar agregatowych. Jeżeli w zbiorze zmiennych cząstkowych oprócz stymulant (wzrost wartości zmiennej cząstkowej świadczy o wzroście poziomu zjawiska złożonego) występują również destymulanty (wzrost wartości zmiennej cząstkowej świadczy o spadku poziomu zjawiska złożonego), wówczas należy ustalić jednolity kierunek preferencji zmiennych cząstkowych. Najczęściej odbywa się to poprzez transformację destymulant do postaci stymulanty.

ETAP III

Nadanie współczynników ważności zmiennym cząstkowym nie jest zabiegiem obowiązkowym. Wagi stosowane są, jeżeli istnieje potrzeba uwzględnienia zróżnicowanego wpływu zmiennych cząstkowych na ostateczną wartość miary agregatowej. W ustalaniu wag dla zmiennych cząstkowych dominują dwie grupy metod. Pierwsza grupa wykorzystuje metody statystyczne, oparte głównie na analizie zmienności zmiennych cząstkowych oraz analizie korelacji. Druga grupa metod korzysta z wiedzy eksperckiej i takich narzędzi, jak hierarchiczna analiza procesu czy metoda delficka.

ETAP IV

Agregacja zmiennych cząstkowych do postaci miary agregatowej przebiega z zastosowaniem dwóch grup metod: bezwzorcowych i wzorcowych.

Metody bezwzorcowe polegają na uśrednieniu wartość zmiennych cząstkowych. W zastosowaniach praktycznych dominują formuły agregacji oparte na średniej arytmetycznej, ale stosowane są również formuły wykorzystujące średnią harmoniczną bądź geometryczną. Wybrane formuły agregacji zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Formuły agregacji zmiennych cząstkowych stosowane w metodach bezwzorcowych

Typ miary agregatowej	Formuła	
Miara agregatowa oparta na średniej arytmetycznej	$S_i^A = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} w_j z_{ij}$	(1)
Miara agregatowa oparta na średniej harmonicznej	$S_i^H = \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} w_j \frac{1}{z_{ij}}}$	(2)
Miara agregatowa oparta na średniej geometrycznej	$S_i^G = \left[\prod_{j=1}^{m} z_{ij}^{w_j}\right]^{\frac{1}{m}}$	(3)

Źródło: opracowanie własne.

Metody wzorcowe wykorzystują koncepcje obiektów modelowych, tj. obiektu wzorcowego i/lub obiektu antywzorcowego, posiadającym odpowiednio najbardziej i najmniej pożądane wartości zmiennych cząstkowych. Miary agregatowe budowane z zastosowaniem metod wzorcowych zawierają w swoich formułach odległości liczone między poszczególnymi obiektami a obiektami modelowymi. Ustalenie współrzędnych obiektów modelowych jest subiektywnym wyborem badacza, natomiast najczęściej poszukuje się wartości optymalnych, zaobserwowanych w próbie badawczej. W ustaleniu współrzędnych obiektów modelowych należy wziąć pod uwagę funkcje preferencji zmiennych cząstkowych. W przypadku obiektu wzorcowego współrzędne wyznaczane są na podstawie wartości maksymalnych dla stymulant oraz minimalnych dla destymulant. Współrzędne obiektu antywzorcowego wyznaczane są w odwrotny sposób, bowiem poszukujemy wartości minimalnych dla stymulant oraz maksymalnych dla destymulant. Ten sposób ustalania współrzędnych obiektów modelowych skutkuje tym, że najczęściej będziemy dysponować „hipotetycznymi" obiektami modelowymi – rzadko się bowiem zdarza, aby w próbie badawczej znajdował się obiekt o optymalnych wartościach wszystkich zmiennych cząstkowych.

Wybrane formuły miar agregatowych oparte na metodach wzorcowych wyszczególniono w tabeli 3.

Tabela 3. Formuły agregacji zmiennych cząstkowych stosowane w metodach wzorcowych

Autor	Miara agregatowa	
Hellwig (1968)	$$S_i^{HG} = 1 - \frac{d_i^+}{d_0}$$ gdzie: d_i^+ – odległość *i*-tego obiektu od obiektu wzorcowego o najkorzystniejszych wartościach zmiennych cząstkowych; $$d_0 = \bar{d}_0 + 2 \cdot s_0,\ \bar{d}_0 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i^+,\ s_0 = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(d_i^+ - \bar{d}_0\right)^2}.$$	(4)
Hellwig (1981)	$$S_i^{HG} = 1 - \frac{d_i^+}{d^{+-}}$$ gdzie: d^{+-} – odległość między obiektem wzorcowy i antywzorcowym;	(5)
Hwang, Yoon (1981)	$$S_i^T = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$ gdzie: d_i^+ – odległość *i*-tego obiektu od obiektu wzorcowego o najkorzystniejszych wartościach zmiennych cząstkowych, d_i^+ – odległość *i*-tego obiektu od obiektu wzorcowego o najmniej korzystnych wartościach cech cząstkowych;	(6)
Młodak (2006)	$$S_i^M = \left(\frac{d_{i0} - \max\limits_i\{d_{i0}\}}{\max\limits_i\{d_{i0}\} - \min\limits_i\{d_{i0}\}}\right)^p$$ gdzie: *p* – dodatni wykładnik potęgi.	(7)

Źródło: opracowanie własne.

Jedną z kluczowych decyzji, jakie należy podjąć w budowaniu miar agregatowych z zastosowaniem metod wzorcowych, jest wybór miary odległości. Najczęściej wybieraną miarą jest odległość euklidesowa, ale dotyczy to głównie przypadków, gdy zmienne cząstkowe mierzone są na skalach metrycznych (przedziałowej i/lub ilorazowej). W sytuacji, gdy zmienne cząstkowe mierzone są na skalach porządkowych, podejście takie jest nieuzasadnione, bowiem zgodnie z teorią Stevensa (1946) dopuszczalne operacje na danych porządkowych to jedynie zliczanie zdarzeń (liczba relacji równości, różności, większości, mniejszości). Zatem skorzystanie z dotychczas wypracowanych wzorcowych metod konstrukcji miar agregatowych wymagałoby m.in. przyjęcia założenia o równości odległości między kategoriami skali

porządkowej. Założenie to najczęściej nie jest spełnione, szczególnie w przypadku gdy kategorie skali mają postać wartości lingwistycznych. Wówczas percepcja tych wartości wśród respondentów jest bardzo zróżnicowana. Jednym z intuicyjnych przykładów może być zmienna „wzrost", której pomiaru dokonano z zastosowaniem skali porządkowej o trzech kategoriach: „niski", „średni", „wysoki". Prosząc respondentów o przyporządkowanie kategoriom wartości liczbowych np. w cm, możemy spodziewać się bardzo zróżnicowanych odpowiedzi. Zatem licząc np. średnią arytmetyczną na podstawie próby badawczej, możemy otrzymać wynik mocno odbiegający od tego, gdybyśmy uwzględnili percepcję respondentów. Mowa jest tutaj o „wypaczeniu" wyników pomiaru dla jednej zmiennej; a przypomnijmy, że miara agregatowa stanowi kombinację co najmniej kilku zmiennych cząstkowych. Nietrudno więc wyobrazić sobie, jak mocno możemy się pomylić w oszacowaniu poziomu zjawiska złożonego z zastosowaniem miary agregatowej. Co wobec tego można zrobić w takiej sytuacji? Są co najmniej trzy podejścia. Pierwsze z nich, najłatwiejsze i najczęściej stosowane przed badaczy, polega na sztucznym wzmocnieniu skali i traktowaniu wyników pomiaru jako zmiennych metrycznych. Jednak, jak podkreśla Walesiak (1996), taka transformacja skali nie jest możliwa, ponieważ z mniejszej ilości informacji nie można uzyskać większej jej ilości. Zatem z metodycznego punktu widzenia takie rozwiązanie jest nie do przyjęcia.

Drugie podejście, bardzo popularne w ostatnich dwóch dekadach, to budowanie miar agregatowych z zastosowaniem zbiorów rozmytych. Zbiory rozmyte pozwalają uwzględnić niepewność pomiaru związaną z percepcją skal pomiarowych. Jednak wciąż otwartym problemem badawczym pozostaje sposób ustalenia funkcji przynależności do zbioru rozmytego oraz parametrów liczb rozmytych, na podstawie których powstają tzw. rozmyte skale konwersji.

Trzecie podejście polega na zastosowaniu w budowie miary agregatowej funkcji odległości odpowiedniej dla danych porządkowych. Właśnie to podejście wykorzystano w budowie proponowanej Miary Dojrzałości Cyfrowej, stosując uogólnioną miarę odległości GDM2.

5.3. Uogólniona miara odległości w budowie miar agregatowych dla danych porządkowych

Uogólniona miara odległości (*Generalized Distance Measure* – GDM) może być stosowana, gdy obiekty są opisane zmiennymi mierzonymi na skali nominalnej, porządkowej, przedziałowej i ilorazowej. Wykorzystuje ideę uogólnionego współczynnika korelacji, obejmującego współczynnik korelacji liniowej Pearsona oraz współczynnik korelacji tau Kendalla. Miara ma następującą postać formalną (Walesiak, 2016):

$$GDM_{ik} = \frac{1}{2} - \frac{\sum_{j=1}^{m} a_{ikj} b_{kij} + \sum_{j=1}^{m} \sum_{l=1}^{n} a_{ilj} b_{klj}}{2\left[\left(\sum_{j=1}^{m} a_{ikj}^2 + \sum_{j=1}^{m} \sum_{l=1}^{n} a_{ilj}^2\right)\left(\sum_{j=1}^{m} b_{kij} + \sum_{j=1}^{m} \sum_{l=1}^{n} b_{klj}^2\right)\right]^{\frac{1}{2}}}, \quad (8)$$

gdzie: *i, k, l* = 1, …, *n* – liczba obiektów, *j* = 1, …, *m* – liczba zmiennych.
Uproszczoną postać miary można zapisać jako:

$$GDM_{ik} = \frac{1}{2} - \frac{\sum_{j=1}^{m} a_{ikj} b_{kij} + \sum_{j=1}^{m} \sum_{l=1}^{n} a_{ilj} b_{klj}}{2\left[\sum_{j=1}^{m} \sum_{l=1}^{n} a_{ilj}^2 \cdot \sum_{j=1}^{m} \sum_{l=1}^{n} b_{klj}^2\right]^{\frac{1}{2}}}, \quad (9)$$

Miara GDM uwzględniająca wagi zmiennych ma postać:

$$GDM_{ik} = \frac{1}{2} - \frac{\sum_{j=1}^{m} w_j a_{ikj} b_{kij} + \sum_{j=1}^{m} \sum_{l=1}^{n} w_j a_{ilj} b_{klj}}{2\left[\sum_{j=1}^{m} \sum_{l=1}^{n} w_j a_{ilj}^2 \cdot \sum_{j=1}^{m} \sum_{l=1}^{n} w_j b_{klj}^2\right]^{\frac{1}{2}}}, \quad (10)$$

przy czym waga *j*-tej zmiennej cząstkowej spełnia następujące warunki: $w_j \in [0; m]$ i $\sum_{j=1}^{m} w_j = m$ lub $w_j \in [0; 1]$ i $\sum_{j=1}^{m} w_j = 1$.

Dla zmiennych cząstkowych mierzonych na skali ilorazowej lub przedziałowej we wzorze (9) należy zastosować następujące podstawienie:

$$\begin{aligned} a_{ipj} &= x_{ij} - x_{pj} \; dla \; p = k, l \\ b_{krj} &= x_{kj} - x_{rj} \; dla \; r = i, l \end{aligned} \quad (11)$$

Miara odległości w tym przypadku oznaczana jest jako GDM1. Dla zmiennych cząstkowych mierzonych na skali porządkowej we wzorze (9) należy zastosować następujące podstawienie:

$$a_{ipj}(b_{krj}) = \begin{cases} 1 \text{if} x_{ij} > x_{pj}(x_{kj} > x_{rj}) \\ 0 \text{if} x_{\text{ij}} = x_{pj}(x_{kj} = x_{rj}) \\ -1 \text{if} x_{\text{ij}} < x_{pj}(x_{kj} < x_{rj}) \end{cases}, \quad \text{dla } p = k, \; l; \quad r = i, \; l \quad (12)$$

Miara odległości (9) z podstawieniem (12) oznaczana jest jako GDM2 i właśnie ona została wykorzystana w konstrukcji Miary Dojrzałości Cyfrowej.

5.4. Założenia i metodyka Miary Dojrzałości Cyfrowej

Miara Dojrzałości Cyfrowej jest miarą agregatową opartą na dwóch innych miarach, nazwanych odpowiednio Miarą Ucyfrowienia w Zarządzaniu (*Digitization Measure* – DM) oraz Miarą Zaawansowania Technologicznego (*Technological Advancement Measure* – TAM). Budowa miar DM i TAM przebiegała równolegle, zgodnie ze schematem zaprezentowanym w podrozdziale 5.2. Charakterystykę poszczególnych etapów przedstawiono poniżej.

Etap I

W doborze zmiennych dla miar DM oraz TAM zastosowano dobór merytoryczny. Wykorzystano wybrane pytania kwestionariuszowe zadane przedsiębiorcom w trakcie badania samooceny dojrzałości cyfrowej, prowadzonego wspólnie przez Platformę Przemysłu Przyszłości oraz FRSE. Zbiór pytań, które potraktowano jako zmienne cząstkowe, wyszczególniono w tabelach 4–5.

Tabela 4. Zmienne cząstkowe zastosowane w budowie miary DM

Nazwa zmiennej	Poziomy	Ranga
Model zarządzania realizowany w przedsiębiorstwie	Tradycyjny model organizacyjny oparty na osobistym zarządzaniu zespołem i bieżącym delegowaniu zadań.	1
	Stopniowe wprowadzanie usprawnienia procesów organizacyjnych w kierunku inteligentnego zarządzania, opartego na wykorzystaniu nowych technologii cyfrowych i rozwiązań z zakresu Przemysłu 4.0.	2
	W pełni zautomatyzowane i elastyczne procesy organizacyjne, niewymagające bezpośredniej ingerencji człowieka.	3
Strategia rozwoju przedsiębiorstwa w kierunku idei Przemysłu 4.0	Głównym celem przedsiębiorstwa jest przetrwanie i utrzymanie się na rynku. Przyjęta przez kadrę zarządzającą strategia obejmuje przede wszystkim działania doraźne i proaktywne poszukiwanie nowych kierunków rozwoju. Aktualnie transformacja w kierunku Przemysłu 4.0 nie jest brana pod uwagę.	1
	Strategia przedsiębiorstwa przewiduje rozwój i dostosowanie produkcji do założeń Przemysłu 4.0, chociaż wizja ta nie jest jeszcze spójna i obejmuje tylko wybrane obszary funkcjonowania przedsiębiorstwa.	2
	Działalność przedsiębiorstwa bazuje na strategii cyfryzacji i transformacji w kierunku Przemysłu 4.0, a model zarządzania jest odpowiednio dostosowany i opiera się na założeniach Przemysłu 4.0.	3

Nazwa zmiennej	Poziomy	Ranga
Współpraca przedsiębiorstwa z wyspecjalizowaną organizacją, która pomaga we wdrażaniu transformacji cyfrowej i rozwiązań Przemysłu 4.0	Brak współpracy.	1
	Współpraca występuje, ale nie ma stałego charakteru.	2
	Współpraca ma charakter stały, systematyczny i można wskazać jej konkretne rezultaty.	3

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5. Zmienne cząstkowe zastosowane w budowie miary TAM

Nazwa zmiennej	Poziomy	Ranga
Poziom zaawansowania technologicznego przedsiębiorstwa	Korzystanie z podstawowych rozwiązań technologicznych i bazowego oprogramowania, które umożliwia utrzymanie ciągłości linii produkcyjnej/ciągłości usług.	1
	Korzystanie z podstawowej infrastruktury i systemów oprogramowania. W wybranych obszarach wprowadzane są inteligentne rozwiązania i systemy autonomiczne, umożliwiające przewidywanie i diagnozowanie potencjalnych odchyleń w procesie produkcyjnym/usługowym.	2
	Stosowanie zaawansowanych rozwiązań technologicznych, zdolnych do podejmowania autonomicznych i inteligentnych decyzji, w celu optymalizacji wydajności i efektywności wykorzystania zasobów.	3
Polityka przetwarzania i analizy danych stosowana w przedsiębiorstwie	Dane gromadzone na różnych etapach produkcji są przetwarzane i analizowane wybiórczo na potrzeby poszczególnych działów i obszarów produkcji/usług. Nie stosuje się zintegrowanej analizy danych w przedsiębiorstwie.	1
	Przedsiębiorstwo posiada częściowo wdrożone inteligentne technologie do przetwarzania i analizy danych w celu optymalizacji istniejących procesów produkcyjnych/usługowych oraz tworzenia nowych inteligentnych systemów.	2
	Dane gromadzone w przedsiębiorstwie są kompleksowo zintegrowane z powiązanymi narzędziami i systemami cyfrowymi, a ich analiza (również w czasie rzeczywistym) pozwala na systemowe podejmowanie autonomicznych decyzji i szybsze reagowanie na trendy popytowe na rynku.	3

Nazwa zmiennej	Poziomy	Ranga
Specyfika produktowa przedsiębiorstwa	Towary/usługi wytwarzane przez przedsiębiorstwo są produktami skończonymi, niewymagającymi implementacji zaawansowanych rozwiązań technologicznych. Ze względu na ich specyfikę nie zawierają sensorów ani czujników do gromadzenia danych.	1
	Oferowane przez przedsiębiorstwo produkty są wyposażone w czujniki oraz wbudowane systemy, umożliwiające zbieranie i analizę danych z etapu użytkowania produktu (również w czasie rzeczywistym).	2
	Świadczone przez przedsiębiorstwo usługi są monitorowane przez narzędzia pomiarowe, umożliwiające zbieranie i analizę danych w czasie rzeczywistym.	3
	Wytwarzane przez przedsiębiorstwo produkty posiadają swój cyfrowy odpowiednik, zintegrowany z danymi płynącymi z wbudowanych czujników, a kompleksowa integracja i analiza danych pozwala na podejmowanie autonomicznych decyzji przez systemy wbudowane w produkt.	4
Stopień zaawansowania rozwoju przedsiębiorstwa w kierunku Przemysłu 4.0	Przedsiębiorstwo nie rozpoczęło jeszcze transformacji w kierunku idei Przemysłu 4.0 (podtrzymywanie działalności na dotychczasowych zasadach).	1
	Przedsiębiorstwo prowadziło w wybranych obszarach zmiany w kierunku Przemysłu 4.0, ale wciąż jest to początkowy etap transformacji.	2
	Transformacja przedsiębiorstwa w kierunku idei Przemysłu Przyszłości jest na średnio zaawansowanym etapie.	3
	Transformacja przedsiębiorstwa w kierunku idei Przemysłu Przyszłości jest na zaawansowanym etapie. Przedsiębiorstwo posiada jasną strategię w tym zakresie i konsekwentnie wprowadza ją we wszystkich obszarach działalności.	4

Źródło: opracowanie własne.

Etap II

W budowie obu miar wykorzystano zmienne cząstkowe, których pomiaru dokonano na skali porządkowej. Wszystkie zmienne posiadają również stymulującą funkcję preferencji. W takim przypadku nie zachodzi potrzeba normalizacji zmiennych.

Etap III

Przeprowadzone wśród przedsiębiorców badanie zawansowania cyfrowego przedsiębiorstw nie uwzględniało kwestii związanych z oceną wpływu poszczególnych zmiennych na analizowane zjawiska złożone, kwantyfikowane za pomocą miar DM oraz TAM. Nie było zatem przesłanek merytorycznych, aby różnicować wpływ zmiennych cząstkowych na poziom ucyfrowienia w zarządzaniu oraz zaawansowania technologicznego przedsiębiorstw. Przyjęto jednakowe współczynniki ważności dla zmiennych cząstkowych.

Etap IV

W konstrukcji agregatowych miar cząstkowych DM i TAM zastosowano podejście polegające na pomiarze odległości między przedsiębiorstwami a obiektami benchmarkowymi (wykorzystano koncepcję obiektów wzorcowych i antywzorcowych). Zastosowano zmodyfikowaną miarę (5), uwzględniającą w swojej formułę uogólnioną miarę odległości dla danych porządkowych GDM2. Postać formalna miary dla *i*-tego przedsiębiorstwa jest następująca:

$$DM(TAM)_i = 1 - \frac{GDM2_i^+}{GDM2^{+-}} \tag{13}$$

gdzie: $GDM2_i^+$ – odległość *i*-tego przedsiębiorstwa od przedsiębiorstwa wzorcowego (benchmarku), $GDM2^{+-}$ – odległość między przedsiębiorstwem wzorcowym i antywzorcowym.

Współrzędne obiektów modelowych ustalono na podstawie wartości zaobserwowanych w próbie badawczej, zgodnie z zaleceniami dla zmiennych o stymulującej funkcji preferencji wyszczególnionymi w podrozdziale 5.2.

Miara dojrzałości cyfrowej (*Digital Maturity Measure* – DMM) dla *i*-tego obiektu jest średnią arytmetyczną wartości dwóch cząstkowych miar agregatowych:

$$DMM_i = 0{,}5 \cdot DM_i + 0{,}5 \cdot TAM_i \tag{14}$$

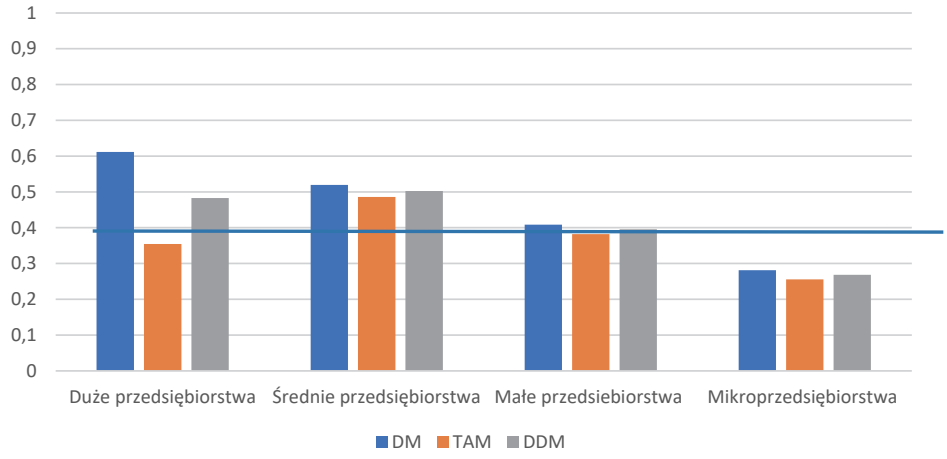
Wartości wszystkich trzech miar unormowane są w przedziale [0–1]. Im wyższe wartości miar, tym wyższe poziomy analizowanych zjawisk złożonych.

5.5. Poziom cyfryzacji polskich przedsiębiorstw w świetle Miary Dojrzałości Cyfrowej

Miara Dojrzałości Cyfrowej (DDM) obliczana jest jako średnia arytmetyczna z dwóch subindeksów: miary ucyfrowienia w zarządzaniu (DM) oraz miary zaawansowania technologicznego (TAM). Obie miary bazują na pytaniach kwestionariuszowych. Pierwszy z subindeksów obliczany jest na bazie trzech, natomiast drugi na podstawie czterech pytań z kwestionariusza ankiety. Zarówno DDM, jak i miary cząstkowe unormowane są w przedziale [0–1]. Przedział ten można umownie podzielić na pięć równych klas i w zależności od tego, w którym przedziale (klasie) mieści się wynik uzyskany przez przedsiębiorstwo, interpretuje się miarę jako bardzo niski, niski, średni, wysoki oraz bardzo wysoki poziom dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstwa, ucyfrowienia w zarządzaniu lub zaawansowania technologicznego. Innymi słowy im wyższa wartość miary agregatowej i miar cząstkowych, tym wyższy poziom badanego zjawiska. Średnia wartość miary dojrzałości cyfrowej

w grupie przedsiębiorstw objętych badaniem wyniosła 0,3898. Wynik ten oscyluje wokół dolnej granicy trzeciego przedziału wartości miary [0,4–0,6], dlatego należy go zinterpretować jako średni poziom dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstw. Wyniki wyższe od poziomu średniego dla całej próby uzyskały przede wszystkim przedsiębiorstwa średnie (DDM = 0,5026) oraz firmy zatrudniające co najmniej 250 pracowników (DDM = 0,4828) (wykres 27).

Wykres 27. Średnie wartości DM, TAM oraz DDM dla grup przedsiębiorstw wyodrębnionych ze względu na wielkość przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne.

W grupie dużych przedsiębiorstw dokładnie 6 na 7 firm uzyskało wynik DDM równy lub wyższy od wyniku średniego dla całej próby. Dokładnie 5 z 7 dużych przedsiębiorstw objętych badaniem prowadzi działalność usługową, a zaledwie 2 przedsiębiorstwa to producenci. W tej grupie przedsiębiorstw nie ma żadnego lidera cyfryzacji (DDM bliskie wartości 1), a tylko 2 firmy osiągnęły wysoki poziom dojrzałości cyfrowej (DDM o wartości z przedziału od 0,6 do 0,8). Duże przedsiębiorstwa osiągnęły najlepszy w całej próbie wynik miary ucyfrowienia w zarządzaniu (DM = 0,6113) (zob. wykres 27). Można zatem przypuszczać, że właśnie te firmy są najbardziej zaawansowane w zakresie wykorzystania nowych technologii cyfrowych i automatyzacji procesów zarządzania, bazujących na strategii cyfryzacji i transformacji w kierunku Przemysłu 4.0. Jednocześnie duże firmy radzą sobie znacznie gorzej niż średnie przedsiębiorstwa w zakresie zaawansowania technologicznego (TAM = 0,3543). Grupa dużych przedsiębiorstw jest najmniej liczna w całej próbie badawczej (N = 7) i najmniej zróżnicowana pod względem wartości

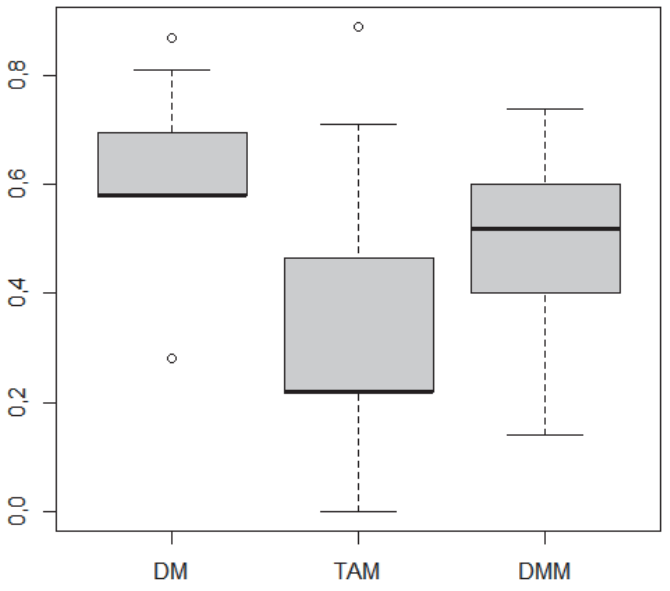
miary agregatowej oraz subindeksu DM. W tym drugim przypadku, jak można zauważyć na rysunku 4, pojawiają się jednak obiekty odstające. W przypadku miary zaawansowania technologicznego (TAM) odnotowano silne rozproszenie wartości miary względem wartości średniej. W tym przypadku (silne zróżnicowanie) to nie średnia arytmetyczna a mediana będzie bardziej wiarygodnym parametrem tendencji centralnej. Ponadto w odniesieniu do DM oraz TAM zaobserwowano asymetrię dodatnią, tzn. że w grupie przedsiębiorstw zatrudniających co najmniej 250 pracowników przeważają firmy, które uzyskały wartości DM oraz TAM niższe niż średnie dla tej grupy przedsiębiorstw. Najważniejsze statystyki opisowe dla grupy dużych przedsiębiorstw przedstawiono w tabeli 5 oraz na rysunku 4.

Tabela 6. Wybrane statystyki opisowe dla grupy dużych przedsiębiorstw

N = 7	Rozstęp	Minimum	Maksimum	Średnia	Mediana	Odchylenie standardowe
DM	0,5900	0,2800	0,8700	0,6114	0,5799	0,1915
TAM	0,8900	0,0000	0,8900	0,3542	0,2161	0,3191
DDM	0,6000	0,1400	0,7400	0,4828	0,5147	0,1955

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4. Wykres pudełkowy – duże przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne.

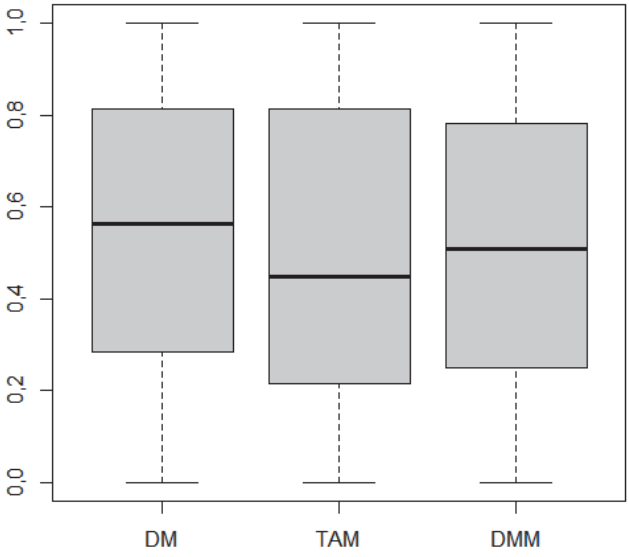
W grupie średnich przedsiębiorstw aż 58 z 88 przebadanych cechuje się co najmniej średnim poziomem dojrzałości cyfrowej, z wartością DDM na poziomie równym bądź wyższym niż 0,4. Przedsiębiorstwa średnie cechują się średnim zróżnicowaniem ze względu na wartość miary dojrzałości cyfrowej. Są w tej grupie przedsiębiorstwa, które uzyskały wynik maksymalny (DDM = 1) oraz takie, dla których miara dojrzałości cyfrowej oscyluje wokół wartości 0. Innymi słowy wśród przedsiębiorstw zatrudniających od 50 do 249 pracowników znaleźli się zarówno liderzy zmian w kierunku przemysłu przyszłości, jak i firmy, które są dopiero na początku drogi związanej z cyfryzacją biznesu. W dobie dynamicznego postępu technologicznego cyfryzacja procesów jest nieunikniona i pozwala przedsiębiorstwom wykorzystującym narzędzia cyfrowe w zarządzaniu procesami biznesowymi na zwiększenie ich efektywności. Cyfryzacja to również lepsze zrozumienie klientów, adaptacja do dynamicznie zmieniającego się otoczenia oraz wzrost konkurencyjności. Świadomość tych korzyści wynikających z cyfryzacji biznesu mają niewątpliwie ci przedsiębiorcy, którzy dokonali lub dokonują transformacji swoich firm. W grupie średnich przedsiębiorstw niemal co druga firma cechuje się wysokim lub bardzo wysokim poziomem dojrzałości cyfrowej, a ponad 15% z nich to liderzy cyfryzacji, z wartością miary dojrzałości na poziomie bliskim wartości maksymalnej równej 1. Wśród liderów cyfryzacji dominują przedsiębiorstwa prowadzące działalność produkcyjną lub produkcyjno-usługową. Zgodnie z danymi przedstawionymi na wykresie 27 średnie przedsiębiorstwa są najbardziej zaawansowane technologicznie i drugie (po przedsiębiorstwach dużych) pod względem realizacji modelu zarządzania opartego na strategii cyfryzacji i transformacji w kierunku Przemysłu 4.0. W grupie średnich przedsiębiorstw znalazło się 88 firm. Dla rozkładu wartości subindeksu DM odnotowano asymetrię ujemną, tzn. że w grupie średnich przedsiębiorstw przeważają liczebnie firmy o wartości miary ucyfrowienia w zarządzaniu wyższej niż średnia. Natomiast dla miary zaawansowania technologicznego zaobserwować można asymetrię dodatnią, czyli w grupie średnich przedsiębiorstw przeważają firmy, dla których TAM ma wartość niższą niż średnia. Najważniejsze statystyki opisowe dla miary agregatowej (DDM) oraz miar cząstkowych DM oraz TAM dla średnich przedsiębiorstw zestawiono w tabeli 6 oraz na rysunku 5.

Tabela 7. Wybrane statystyki opisowe dla grupy średnich przedsiębiorstw

N = 88	Rozstęp	Minimum	Maksimum	Średnia	Mediana	Odchylenie standardowe
DM	1,0000	0,0000	1,0000	0,5194	0,5625	0,3310
TAM	1,0000	0,0000	1,0000	0,4856	0,4475	0,3330
DDM	1,0000	0,0000	1,0000	0,5026	0,5080	0,3103

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 5. Wykres pudełkowy – średnie przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne.

W grupie małych przedsiębiorstw średni wynik DDM = 0,3956 i plasuje je w przedziale średniego poziomu dojrzałości cyfrowej. W tej grupie tylko 12 z 87 firm może poszczycić się bardzo wysokim poziomem dojrzałości cyfrowej. W tej grupie firm przeważają przedsiębiorstwa świadczące usługi. Na przeciwległym biegunie ze względu na wartość miary dojrzałości cyfrowej (DDM mniejsze niż 0,2) znalazło się blisko 30% małych przedsiębiorstw. Innymi słowy niemal co trzecie małe przedsiębiorstwo odnotowało wynik z pierwszego przedziału. W tej grupie przedsiębiorstw najgorzej z procesem cyfryzacji biznesu radzą sobie firmy produkcyjno-usługowe. Małe przedsiębiorstwa znajdują się w trzeciej klasie (poziom średni) zarówno pod względem średniej wartości wskaźnika dojrzałości cyfrowej, jak i wskaźników cząstkowych DM oraz TAM (zob. rysunek 6). W grupie przedsiębiorstw zatrudniających mniej niż 50 pracowników znalazło się 87 firm. Najważniejsze statystyki opisowe dla miary agregatowej (DDM) oraz miar cząstkowych DM oraz TAM dla małych przedsiębiorstw zestawiono w tabeli 7 oraz na rysunku 6. Zarówno w odniesieniu do miary dojrzałości cyfrowej, jak i obu subindeksów – miary ucyfrowienia w zarządzaniu oraz miary zaawansowania technologicznego – zaobserwowano duże rozproszenie wartości miar względem ich średnich. Tym samym w przypadku silnie zróżnicowanej grupy małych przedsiębiorstw nie można uznać średnich wartości za parametry rzetelnie określające tendencję centralną. Ponadto rozkład wartości miary ucyfrowienia w zarządzaniu cechuje się

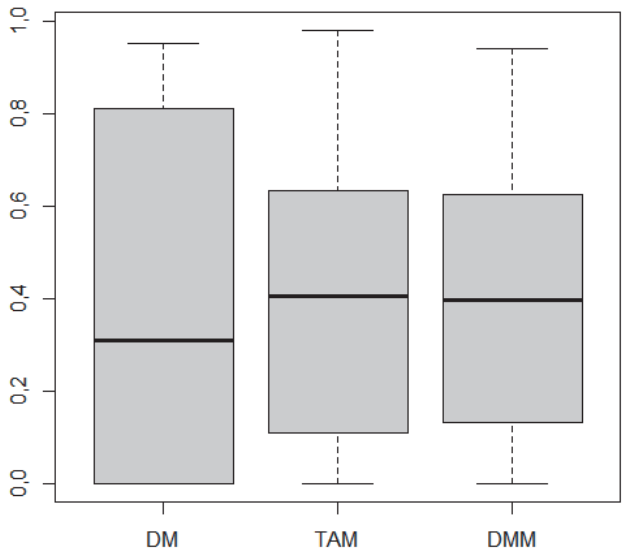
asymetrią dodatnią, tzn. że w grupie małych przedsiębiorstw przeważają firmy o wartościach DM niższych od wartości średniej.

Tabela 8. Statystyki opisowe dla grupy małych przedsiębiorstw

N = 87	Rozstęp	Minimum	Maksimum	Średnia	Mediana	Odchylenie standardowe
DM	0,9500	0,0000	0,9500	0,4085	0,3087	0,3444
TAM	0,9800	0,0000	0,9800	0,3819	0,4064	0,3012
DDM	0,9400	0,0000	0,9400	0,3956	0,3980	0,2929

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 6. Wykres pudełkowy – małe przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne.

W grupie mikroprzedsiębiorstw średnia wartość DDM jest zdecydowanie niższa niż wartości zaobserwowane dla pozostałych grup oraz niższa od średniego wyniku dla całej próby. W grupie mikroprzedsiębiorstw aż 42,4% stanowią firmy najmniej zaawansowane jeśli chodzi o cyfryzację biznesu (DDM o wartości mniejszej niż 0,2). Przeważają wśród nich przedsiębiorstwa usługowe. Najwyższy poziom dojrzałości cyfrowej uzyskało zaledwie pięciu mikroprzedsiębiorców prowadzących działalność produkcyjno-usługową oraz usługową (DDM o wartości co najmniej 0,8). Mikroprzedsiębiorstwa są także najniżej pozycjonowane ze względu na średnią wartość obu wskaźników cząstkowych. Zarówno miara ucyfrowienia

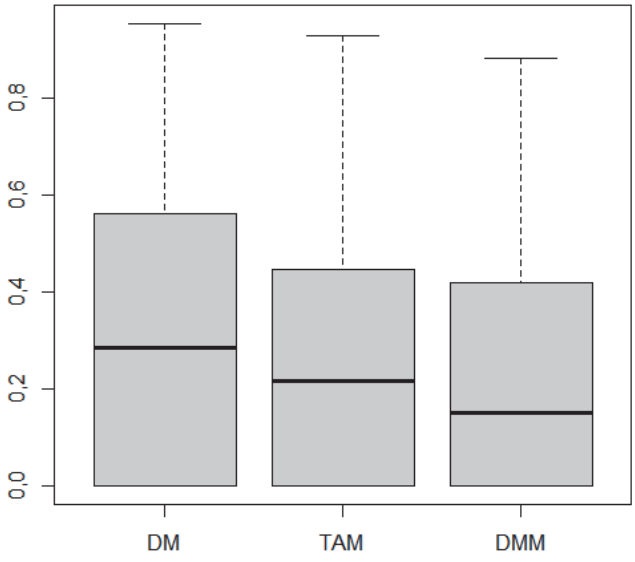
w zarządzaniu, jak i miara zaawansowania technologicznego nie przekroczyły wartości 0,3, co oznacza, że mikroprzedsiębiorstwa znajdują się w drugiej klasie (niski poziom) pod względem wartości obu wskaźników. Mikroprzedsiębiorstwa stanowiły najliczniejszą grupę w ramach próby badawczej. Licząca 92 firmy grupa jest najbardziej zróżnicowana ze względu na miarę agregatową, jak i wskaźniki cząstkowe. Ponadto zarówno w przypadku wskaźnika agregatowego, jak i subindeksu TAM zaobserwowano asymetrię dodatnią, tzn. że w grupie mikroprzedsiębiorstw przeważają firmy o wartościach DDM oraz DM niższych od wartości średnich. Najważniejsze statystki opisowe dla miary agregatowej (DDM) i miar cząstkowych DM oraz TAM dla mikroprzedsiębiorstw zestawiono w tabeli 8 oraz na rysunku 7.

Tabela 9. Statystyki opisowe dla grupy mikroprzedsiębiorstw

N = 92	Rozstęp	Minimum	Maksimum	Średnia	Mediana	Odchylenie standardowe
DM	0,9500	0,0000	0,9500	0,2813	0,2837	0,2788
TAM	0,9300	0,0000	0,9300	0,2554	0,2161	0,2876
DDM	0,8800	0,0000	0,8800	0,2684	0,1502	0,2560

Źródło: opracowanie własne.

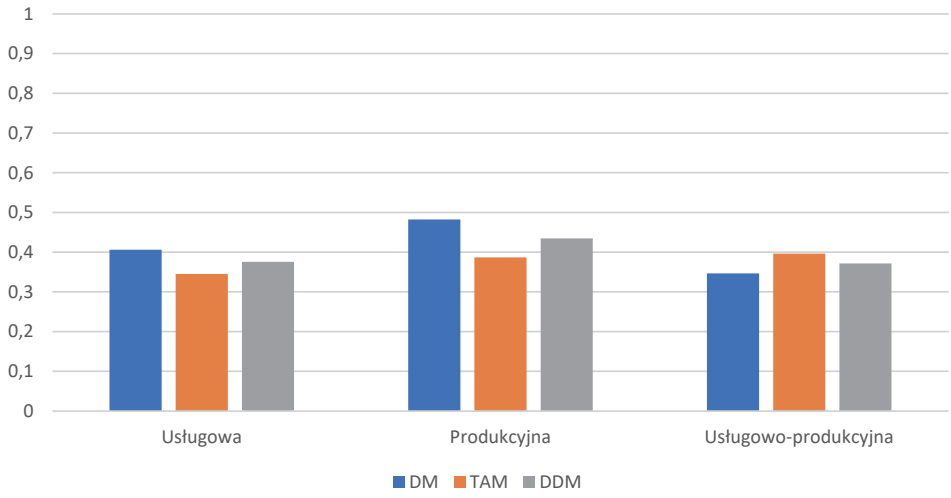
Rysunek 7. Wykres pudełkowy – mikroprzedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne.

Analizując wartości średnie wskaźnika agregatowego dla przedsiębiorstw pogrupowanych według rodzaju działalności, zaobserwowano niemal taki sam wynik dla dwóch grup przedsiębiorstw: usługowych oraz usługowo-produkcyjnych (wykres 28). Niemniej jednak zarówno w przypadku firm usługowych, usługowo-produkcyjnych, jak i przedsiębiorstw zajmujących się produkcją jest to wynik oscylujący wokół wartości 0,4 i pozwalający uznać badane firmy za średnio zaawansowane pod względem dojrzałości cyfrowej. Najwyższym poziomem ucyfrowienia w zarządzaniu cechują się firmy produkcyjne, natomiast najwyższy poziom zaawansowania technologicznego cechuje przedsiębiorstwa usługowo-produkcyjne (wykres 28).

Wykres 28. Średnie wartości DM, TAM oraz DDM dla grup przedsiębiorstw wyodrębnionych ze względu rodzaj działalności



Źródło: opracowanie własne.

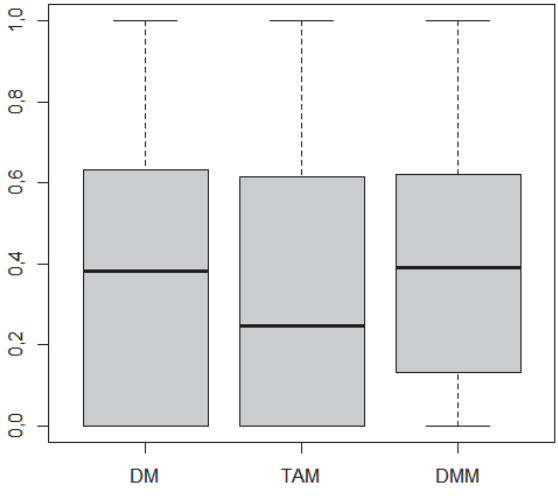
Najliczniejszą grupę stanowiły przedsiębiorstwa usługowe, najmniej liczną – firmy zajmujące się produkcją. Wszystkie trzy grupy przedsiębiorstw cechuje duże rozproszenie wartości miary dojrzałości cyfrowej. W przypadku wskaźników cząstkowych również zaobserwowano duże zróżnicowanie. Tym samym do opisu tendencji centralnej powinno się wykorzystać medianę zamiast wartości średniej. Najważniejsze statystyki opisowe dla miary agregatowej (DDM) oraz miar cząstkowych DM oraz TAM dla poszczególnych grup przedsiębiorstw wyodrębnionych ze względu na rodzaj działalności zestawiono w tabeli 9 oraz na rysunkach 8–10.

Tabela 10. Statystyki opisowe dla poszczególnych grupy przedsiębiorstw wyodrębnionych ze względu na rodzaj działalności

	Rozstęp	Minimum	Maksimum	Średnia	Mediana	Odchylenie standardowe
Działalność usługowa (*N* = 119)						
DM	1,0000	0,0000	1,0000	0,4062	0,3827	0,3178
TAM	1,0000	0,0000	1,0000	0,3451	0,2457	0,3196
DDM	1,0000	0,0000	1,0000	0,3756	0,3893	0,2945
Działalność produkcyjna (*N* = 72)						
DM	1,0000	0,0000	1,0000	0,4823	0,5712	0,3492
TAM	1,0000	0,0000	1,0000	0,3867	0,3261	0,3361
DDM	1,0000	0,0000	1,0000	0,4345	0,4348	0,3200
Działalność usługowo-produkcyjna (*N* = 83)						
DM	1,0000	0,0000	1,0000	0,3463	0,2837	0,3260
TAM	1,0000	0,0000	1,0000	0,3964	0,4064	0,3106
DDM	1,0000	0,0000	1,0000	0,3714	0,3450	0,2883

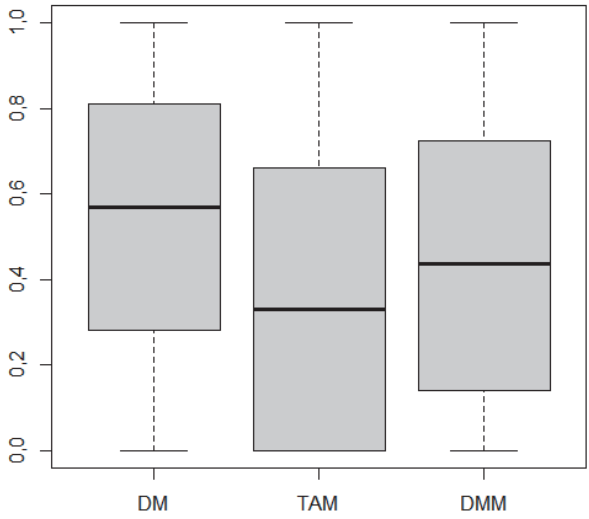
Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 8. Wykres pudełkowy – działalność usługowa



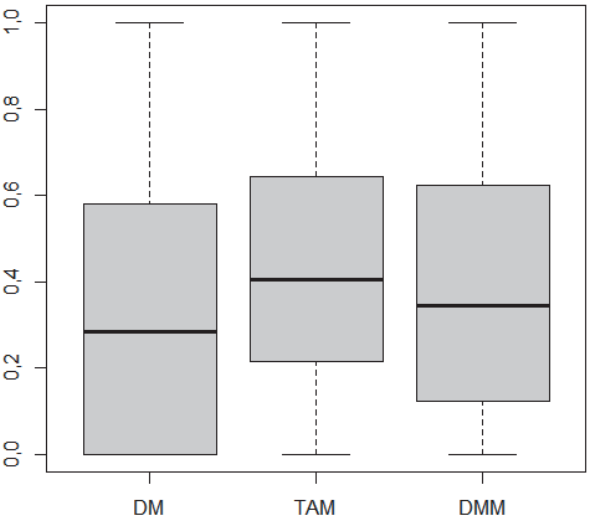
Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 9. Wykres pudełkowy – działalność produkcyjna



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 10. Wykres pudełkowy – działalność usługowo-produkcyjna



Źródło: opracowanie własne.

6.

Przykłady dobrych praktyk transformacji cyfrowej w Polsce

Opisane w rozdziale przykłady dobrych praktyk pochodzą z zasobów Fundacji Platformy Przemysłu Przyszłości.

Dobra praktyka nr 1

Nazwa firmy: Polska Fabryka Stellantis
Branża: motoryzacyjna
Charakter zmiany: automatyzacja procesów
Korzyści: mniejszy koszt wdrożeń, podnoszenie kompetencji pracowników

Opis transformacji:

Wdrażanie automatyzacji w fabryce Stellantis realizowane jest na trzy sposoby. Pierwszy sprowadza się do wyboru profesjonalnego integratora, szczególnie gdy jego wpływ na produkt, czyli samochody, a także na produkcję, jest bardzo duży. Jeśli chodzi o drugą metodę, to polega ona na wejściu w interakcję z integratorem. Firma Stellantis pomaga wykonywać najprostsze czynności, co przekłada się na znaczną redukcję kosztów. W ostatnim trybie chodzi o samodzielne wykonywanie prostej automatyzacji.

W zakresie współpracy z firmami Stellantis stara się działać z organizacjami pobliskimi, czego przykładem jest SEW Eurodrive – przedsiębiorstwo, które dostarczyło wszystkie komponenty do wózka AGV (*automated guided vehicle*), mogącego przewozić ładunki o masie 1500 kilogramów. Dzięki temu, na podstawie rozwiązania Max Solution, powstał nowy transporter. Po stronie Stellantis zaś było zbudowanie wszystkich konstrukcji mechanicznych, zagwarantowanie pól odkładczych (miejsc załadunku i rozładunku detali), oprogramowanie sterowników

nadrzędnych, parametryzacja bezpieczeństwa, dzięki czemu sporo się nauczyliśmy. Wśród działań SEW było przygotowanie deklaracji zgodności.

Kolejnym rozwiązaniem przygotowanym we współpracy z inną firmą i wpisującym się w obecne trendy automatyzacji jest zrobotyzowana stacja nakładania primera, przygotowana z firmą RBS Robotics. W tym przypadku wykorzystano część sprzętu przechowywanego w magazynie Stellantis – dwa roboty C5G i stoły centrujące, które pamiętają czasy Fiata Pandy. W ten sposób znacznie ograniczono wydatki na tę inwestycję. RBS Robotics, na bazie przekazanych przez Stellantis urządzeń, zaprojektowało stację i przygotowało symulacje, co było podstawą do działań Stellantis, czyli mechanicznego montażu, wykonania podłączeń elektrycznych i wykończenia budowy stacji.

Poza widocznymi oszczędnościami automatyzacja w przypadku firmy Stellantis oznacza także rozwój kompetencji. Szukając utalentowanych osób wśród pracowników produkcji, firma Stellantis próbuje ich przy okazji uczyć. Ci z większym doświadczeniem przekazują swoją wiedzę następnym – pokazują, jak budować instalacje elektryczne, uczą projektowania schematów elektrycznych czy metod zabudowy szafy elektrycznej. Ćwiczą poprzez wielokrotną budowę tych samych urządzeń. Trenowane są takie umiejętności, jak spawanie, standaryzowane są rozwiązania mechaniczne, cała elektronika podlega unifikacji, a dzięki temu, że nie powiększany jest stan magazynowy, obniżane są koszty.

Dobra praktyka nr 2

Nazwa firmy: Fabryka mebli w Zbąszynku
Branża: meblarska
Charakter zmiany: wdrożenie przemysłowego Internetu rzeczy
Korzyści: uwolnienie czasu pracowników utrzymania ruchu, mniejsza liczba postojów, łatwiejsze planowanie napraw i krótki czas zwrotu z inwestycji

Opis transformacji:

Główny odbiorca mebli z fabryki w Zbąszynku zwrócił się o pomoc w przygotowaniu rozwiązań w związku z zacieraniem się łożysk napędów wentylatorów wyciągowych trocin. Awaria tych modułów skutkuje zatrzymaniem produkcji, a ponadto w okresie poprzedzającym nieodwracalne uszkodzenie powstaje zagrożenie pożarowe, ponieważ w wyniku zacierania wzrasta temperatura.

Przedsiębiorstwo radziło sobie z problemem m.in. poprzez obchodowe inspekcje, natomiast to wiązało się z dużym zaangażowaniem służb utrzymania ruchu. Rozwiązanie było bardzo proste: należało zainstalować czujnik wibracji ze zintegrowanym pomiarem temperatury. Takie urządzenia dają możliwość

ciągłego monitorowania pracy zespołu wentylatorów. Zdecydowano się na wybór bezprzewodowej wymiany danych z dwóch powodów: pierwszym były wysokie koszty wykonania nowej infrastruktury, a drugim brak możliwości wykorzystania starej – użycie istniejących warstw teleinformatycznych budzi obawy związane z cyberbezpieczeństwem, stąd firmy niechętnie zgadzają się na integrację. W związku z tym bezprzewodowość była najlepszym rozwiązaniem. Bezpieczeństwo zastosowanego rozwiązania gwarantuje software Turck for Maintenance – oprogramowanie podpowiada progi i alarmuje o sytuacjach mogących z czasem doprowadzić do nieodwracalnych zniszczeń i zatrzymania produkcji.

Całość wdrożenia nie polegała na prostej decyzji o zamontowaniu czujników i obserwowaniu przesyłanych przez nie danych. Potrzebny był plan, liczyło się także podejście do problemu, bo oprócz hardware'u ważny jest audyt, a zatem należało posiłkować się wiedzą ekspercką, żeby powiedzieć, które parametry mierzyć, na jakim napędzie, gdzie dokładnie zamontować czujniki, aby otrzymywać realne dane. Kolejne etapy to instalacja, konfiguracja, uruchomienie hardware'u i oprogramowania. Po nich konieczne było przeszkolenie, bo zmiana z planowanego na prewencyjne utrzymanie ruchu wiąże się również z przekształceniami organizacyjnymi w służbach UR. Dodatkowo, w ostatnim kroku, po około miesiącu znowu odbyło się spotkanie z klientem i wykonano tzw. *fine-tuning*, czyli dostrojenie progów.

Feedback od zamawiającego jest pozytywny – osiągnięto założony efekt: działa ciągły monitoring, który nie absorbuje zespołu utrzymania ruchu. Dzięki temu pracownicy mogą być przesunięci do innych zadań, choćby do pomocy przy projektowaniu lub produkcji, szczególnie w okresach, gdy każda para rąk jest na wagę złota. Dodatkowo zmniejszyła się liczba postojów i wykonywanych prac serwisowych, a samo planowanie konserwacji jest dużo łatwiejsze. Następną zaletą była poprawa bezpieczeństwa: połączenie trocin i wysokiej temperatury niesie zagrożenie, a pełny monitoring pozwala rzetelnie reagować i dbać o nieprzerwane funkcjonowanie zakładu. Warto wziąć pod uwagę również krótki czas zwrotu z inwestycji – w pierwszym okresie eksploatacji systemu zapobieżono kilku awariom, co spłaciło system.

Dobra praktyka nr 3

Nazwa firmy: Polskie Zakłady Volkswagen
Branża: motoryzacyjna
Charakter zmiany: automatyzacja procesów, robotyzacja i analityka big data
Korzyści: usprawnienie utrzymania ruchu, eliminowanie błędów i awarii

Opis transformacji:

W Polskich Zakładach Volkswagen Przemysł 4.0 jest rozumiany przede wszystkim jako wykorzystanie danych, połączeń pomiędzy urządzeniami w sieci, identyfikowanie i komunikacja maszyn, ale też samodoskonalenie się obiektów. To dużo więcej niż instalacja robotów – mówimy o erze Internetu oraz używania informacji dostępnych w sieciach i urządzeniach. Patrząc na filary Przemysłu 4.0, wszystkie można znaleźć w fabryce Volkswagen. Przykładem jest druk 3D, stosowany w budowie pojazdów prototypowych czy produkcji spersonalizowanych części. To bardzo szybka technologia i jednocześnie efektywna, szczególnie w przypadku rozwiązań, które trzeba przetestować natychmiast. Fabryka korzysta też z robotów, big data i Internetu rzeczy. Celem firmy jest poprawa efektywności procesowej i kosztowej, większa elastyczność w reagowaniu na potrzeby klienta oraz wdrażanie samosterowalności, czyli eliminowanie podejmowania decyzji tam, gdzie da się je zautomatyzować.

W związku z postawionymi w VW celami oczekiwania są następujące: poprawa wyników finansowych, cyfryzacja niezdigitalizowanych jeszcze procesów i usprawnienie działań planistycznych. Poza tym firma dąży do wyeliminowania nieergonomicznych miejsc pracy i pozbywania się papierowych dokumentów.

Potrzebne rozwiązania już częściowo funkcjonują. Jeśli chodzi o współpracę ludzi z maszynami, stosowane są m.in. samodzielnie poruszające się wózki transportowo-montażowe, zatrzymujące się automatycznie, kiedy na ich trasie stanie człowiek. Innym przykładem jest obszar dostaw logistycznych, po którym przejeżdżają roboty i odbierają od pracowników części podłogi dla pojazdów. Najbardziej wyrazistą ilustracją współpracy ludzi z maszynami jest linia montażowa, gdzie po lewej stronie działa pracownik, a po prawej funkcjonuje cobot, używający wkrętarki. W tym przypadku nie potrzeba specjalnych osłon czy systemów wspierających bezpieczeństwo pracownika.

Fabryka dysponuje jedną linią produkcyjną wielkości boiska piłkarskiego z 30 robotami, którą w całości zarządza jeden pracownik. Do tej pory informacje o stanie linii były wyświetlane na ekranach umieszczonych przy maszynach. Wadą była konieczność nieustannego nadzorowania tablic oraz fakt, że w przypadku zatrzymania jednego robota dopiero po jakimś czasie widzieliśmy, że inne również przestały działać. To powodowało, że w przypadku pojedynczych awarii traciliśmy niemało czasu.

Pojawił się pomysł wykorzystania rozwiązania, które wszyscy znamy z codziennego życia – smartwatchy. W tej chwili w fabrykach, w szczególności w zakładzie we Wrześni, w obszarze karoserii praktycznie wszyscy operatorzy obsługujący takie stacje mają inteligentne zegarki i na nie dostają informacje o awariach. Po drodze mogą podejrzeć, jakiego dokładnie robota dotyczy

problem i wezwać kolegów z utrzymania ruchu, którzy wesprą interwencję. Osoby z utrzymania ruchu mają smartfony z czytnikami, więc przyjeżdżając do awarii, mogą zeskanować kod kreskowy z części zamiennej i po drodze zamówić w magazynie element do wymiany. W ten sposób znacznie usprawniono procesy, ale system nadal jest rozwijany. Ciekawostką jest, że zdemontowano wszystkie duże ekrany z hali, bo pracownicy po pierwsze nie chcieli na nie patrzeć, a po drugie mają potrzebne informacje w urządzeniach mobilnych i już przyzwyczaili się do takiego modelu. Pomysł ze smartwatchami powstał w Volkswagen Poznań i ma być teraz wykorzystywany również w innych fabrykach.

Jeżeli mówimy o cyfrowych asystentach, inteligentne zegarki są tylko jednym z przykładów cyfrowych zastosowań w firmie Volkswagen. Inny to wizualizacja w HoloLens – wdrożona w procesie projektowania pojemników logistycznych, która umożliwia sprawdzenie wszystkich elementów działań planistycznych i pokazanie wizualizacji działowi produkcji na linii, a jednocześnie pozwala na skrócenie procesu projektowania pojemników.

Następny przykład pochodzi z linii montażowej i dotyczy odpowiedniego wybierania części. Kamery zamontowane nad pracownikami śledzą ich ruchy i analizują, czy wzięli właściwe elementy. Jeśli właściwe – na ekranie wyświetla się zielona kontrolka, jeśli niewłaściwe – czerwona, a system blokuje przejście do następnego kroku. Dzięki temu wyeliminowano błędy, które pojawiały się przy złożonych kombinacjach i później kosztowały sporo dodatkowego czasu.

W lakierni zastosowano wizualizację miejsc, które muszą być osłonięte. Karoserie mają dużą liczbę kołków spawalniczych, które częściowo trzeba osłonować. Dzięki wizualizacji odpowiednimi projektorami pracownik wie, gdzie założyć osłonę, a jeśli zrobi to w nieodpowiednim miejscu – od razu dostaje informację o popełnionym błędzie.

Podstawowym źródłem informacji w fabryce są różnego rodzaju systemy komputerowe, które wspomagają pracę działów (np. finansów, produkcji, logistyki). To klasyczne aplikacje, oparte na systemach pełniących funkcje baz danych, w VW działa ich ponad 400. Kolejne źródło to roboty, których jest coraz więcej – obecnie ponad 1200. Zwykle są to duże maszyny, wykonujące takie czynności jak: zgrzewanie, spawanie, klejenie czy przenoszenie karoserii. Oprócz robotów wykorzystywane są układy sterujące pracami grup maszyn i częścią linii produkcyjnej – podobnych układów jest 650. W końcu są urządzenia, które również działają na liniach i są dostarczycielami danych, np. wkrętarki sterowane numerycznie – ponad 700 sztuk. Powyższy katalog nie wyczerpuje wszystkich źródeł informacji, oprócz nich fabryka dysponuje także zalewarkami czy sensorami.

Dobra praktyka nr 4

Nazwa firmy: MB Pneumatyka
Branża: motoryzacyjna
Charakter zmiany: zmniejszenie kosztu montażu złączy hamulcowych
Błędy i wnioski z wprowadzonej zmiany: firma nie uwzględniła kompetencji pracowników, które okazały się niezbędne do wyboru najlepszego rozwiązania. Trzeba brać pod uwagę wskaźniki, kompetencje miękkie zespołu, a także mieć project managera, który od początku do końca przeprowadzi zmianę.

Opis transformacji:

MB Pneumatyka na co dzień produkuje złącza odpowiadające za bezpieczeństwo wszystkich samochodów, dzięki którym samochód hamuje. Okazało się, że w firmie był jeden, podstawowy problem, polegający na tym, że złącza są montowane albo ręcznie, albo półautomatycznie. Celem było znalezienie oszczędności w tym procesie. Do wspólnych prac zaproszono grupę inżynierów, którzy mieli za zadanie znaleźć efektywne kosztowo rozwiązanie. Grupa specjalistów zaproponowała rozwiązania technologiczne, jednak problemem okazała się komunikacja i wybranie w ramach zespołu wspólnej ścieżki i dalszej drogi. Do prac zespołu zaangażowano nawet mediatora, który pomógł połączyć kilka rozwiązań w jedno optymalne i przeprowadził proces komunikacji w zespole. Ważne było ustalenie trzech kwestii: czy dostępne są wszystkie dane do planowania zmiany, czy jest potrzebne podejście interdyscyplinarne i trzecia rzecz: jak sprawdzać efekty. Finalnie zrobiono bardzo dobre urządzenie do automatyzacji procesu montażu, składające się z podawania o-ringów, było tam mnóstwo robotyki i automatyki. Całość oparto na bardzo dobrych firmach i urządzeniach tych firm. Problemem okazało się nieskupienie na kompetencjach miękkich pracowników i na menedżerze, który byłby w stanie przeprowadzić taką zmianę.

Podstawowy wniosek jest następujący: jeżeli wprowadzana jest automatyzacja i usprawnienia, należy brać pod uwagę kompetencje miękkie pracowników. W zespole muszą być ludzie, którzy potrafią się komunikować. Project manager musi potrafić wyznaczyć priorytety, a ludzie powinni mieć umiejętności, aby przetrwać i przejść negocjacje na temat wyboru rozwiązania. I najważniejsze: jeżeli jest lider projektu lub project manager, on musi być w pełni świadomy, od jakich wskaźników się zaczyna i do jakich wskaźników docelowych się dąży.

Dobra praktyka nr 5

Nazwa firmy: Polpharma
Branża: przemysł farmaceutyczny
Charakter zmiany: wprowadzenie technologii rozszerzonej rzeczywistości

Opis transformacji:

Polpharma działa m.in. w Polsce i Kazachstanie, jest obecna również w Rosji. Firma funkcjonuje od 85 lat, ma 7 zakładów produkcyjnych, z których 5 pracuje w Polsce. Przedsiębiorstwo zatrudnia 7790 osób, z czego ponad 4500 w krajowych zakładach. Polpharma prowadzi 240 projektów rozwojowych, wśród których jest wdrożenie AR (*Augmented Reality* – rzeczywistość rozszerzona). Sam pomysł wprowadzenia rozwiązań rozszerzonej rzeczywistości powstał kilka lat temu, natomiast wdrożenie rozpoczęto w tamtym roku i trwało około sześciu miesięcy, więcej czasu zajęło przygotowywanie się do niego. Przez pewien okres Polpharma nie posiadała dostępu do gogli HoloLens 2, które pojawiły się dopiero na początku tego roku, więc wdrażanie systemu było realizowane na pierwszej wersji urządzeń.

W dziale utrzymania ruchu są dwa egzemplarze gogli, a ogólnie w Polpharmie – cztery. Jeśli chodzi o liczbę użytkowników, w przypadku działu utrzymania ruchu jest około 40 osób, które mają swoje konta w systemie, do tego 100 zatrudnionych przy produkcji leków. Używanie rozszerzonej rzeczywistości jest możliwe w przestrzeniach zamkniętych, bez pokrycia sieci, jednak trzeba mieć przy sobie punkt dostępowy. Standardowo w zakładzie korzysta się z *access pointów*, które są rozmieszczone w obszarze produkcyjnym, i to z nimi HoloLensy łączą się automatycznie.

Pracownicy mogą korzystać z modułu szkoleń w rozszerzonej rzeczywistości. Jest on przeznaczony przede wszystkim dla nowych członków załogi, biorących udział w instruktażach z goglami HoloLens 2. W ramach takiego kursu zapoznają się z niezwykle istotnymi w Polpharmie dokumentami Good Manufacturing Practice, wymaganymi na ich stanowiskach. Procedurę szkoleniową można w każdej chwili uruchomić, zatrzymywać i zapisywać postępy. Po zakończeniu przygotowywany jest automatycznie raport z przebiegu działań. Dokument wysyłamy do opiekuna kursów przygotowawczych, który ma także możliwość bieżącego śledzenia kolejnych kroków. Przydzielanie instruktaży jest realizowane w systemie nadrzędnym – poprzez zalogowanie się do serwera z poziomu przeglądarki internetowej. Materiały do nauki udostępniane są w formatach tekstowych, jak i graficznych, a decyzję o nich podejmuje zarządzający systemem. Moduł zapewnia dostęp do bazy wiedzy wszystkim użytkownikom systemu i to oni wybierają, z którym dokumentem chcą się zapoznać. Osoba używająca gogli w każdej chwili może

połączyć się z drugą, bardziej doświadczoną i mającą większą wiedzę, która wyjaśni trudne zagadnienia.

Moduł przezbrojeń umożliwia dostosowanie maszyny do obróbki danego asortymentu. Procedurę wcześniej musi przygotować uprawniony pracownik, trzeba ją przetestować i zatwierdzić, aby nie zawierała błędów, gdy zostanie zlecona do wykonania. Oprogramowanie oparto na modelu Single Minute Exchange of Die, czyli szybkie przezbrojenie, aby maksymalnie skracać przestój maszyn i urządzeń. Przezbrojenie w systemie wirtualnej rzeczywistości jest podzielone na etapy. W fazie przygotowania operator ma dostęp do listy potrzebnych części i narzędzi. W następnych – w jego polu widzenia pojawiają się dokumenty, zdjęcia i filmy dokładnie omawiające, co ma zrobić. Po lewej stronie wyświetlanego obrazu widoczna jest lista pokazująca, ile czynności pozostało do końca zadania. Każdą z nich należy zatwierdzić, aby przejść do kolejnej. W razie potrzeby, i gdy dana czynność nie wpływa na poprzednią, można wrócić do wcześniejszych etapów. Przezbrojenie można zatrzymać i później je kontynuować, może być również przejęte przez kogoś innego, np. w momencie przejścia na drugą zmianę, jeśli na pierwszej zabraknie czasu. Po przezbrojeniu tworzy się raport, wyszczególniający wykonane i niewykonane kroki oraz czas każdej czynności, więc osoba nadzorująca może wszystko dokładnie sprawdzić. Analiza informacji ułatwia zmiany i poprawę efektywności operacji.

Następny jest moduł wsparcia umożliwiający komunikację audiowizualną. Użytkownik, z którym pracownik prowadzi rozmowę, może przekazywać informacje za pomocą obiektów graficznych, czyli strzałek, wskaźników albo zdjęć, pozwalających na modyfikowanie przez zaznaczanie na nich istotnych elementów bądź przez wprowadzanie tekstu. Rozmówca wysyła też dokumenty z bazy wiedzy. Oprogramowanie pozwala nawiązywać połączenia z osobami, które znajdują się poza terenem zakładów i używają smartfonów lub komputerów. Uruchomiona aplikacja daje znać, kto jest dostępny w danej chwili. Moduł ułatwia komunikację z serwisami zewnętrznymi za pomocą aplikacji. Połączenie inicjuje osoba w goglach AR, nie da się wykonać połączenia ze smartfonu, co wprowadzono celowo, żeby pracownik w okularach nie zajmował się wyłącznie odbieraniem rozmów. Moduł pozwala podzielić użytkowników na grupy i wówczas pracownik ma szansę zadzwonić do automatyków, mechaników czy działu utrzymania ruchu.

Wprowadzenie opisanych wyżej zmian daje szereg korzyści: unifikuje wszystkie szkolenia i tworzy spójne środowisko działań przezbrojeniowych. Polpharma jest także w trakcie wprowadzania kolejnych procedur do systemu, aby jak najbardziej skrócić czas wykonywanych czynności. System pozwala uniknąć błędów, które zdarzają się przy modyfikowaniu urządzeń bez wsparcia technicznego. Istotny jest dostęp do wiedzy i uporządkowanej dokumentacji, to również eliminuje ryzyka pomyłek, bo mamy pewność, że każdy dysponuje tą samą wersją materiałów.

Dobra praktyka nr 6

Nazwa firmy: Microsoft i Airbus
Branża: przemysł lotniczy
Charakter zmiany: wprowadzenie technologii mieszanej rzeczywistości do procesów produkcyjnych.

Opis transformacji:

Firmy Microsoft i Airbus rozpoczęły kooperację w listopadzie 2015 roku. Wtedy, po przetestowaniu HoloLens, czyli gogli do mieszanej rzeczywistości, dostarczonych przez amerykańskiego producenta, w europejskim przedsiębiorstwie powstał zespół specjalistów zajmujących się Augmented Reality i Mixed Reality. Współpraca umożliwiła Airbusowi dostęp do urządzeń Microsoftu jeszcze przed ich komercyjną premierą – w konsekwencji koncern lotniczy mógł wcześnie rozpocząć przygotowania do stworzenia aplikacji. Jeden z pierwszych scenariuszy użycia Mixed Reality zakładał rzutowanie wyposażenia kabiny pilota w realnym pustym wnętrzu. Inaczej niż w przypadku wirtualnej rzeczywistości, to rozwiązanie umożliwiało osobie w goglach HoloLens przejście przez pokład fizycznego samolotu.

Współpraca tych firm polega m.in. na wykorzystaniu okularów HoloLens 2 w szkoleniach, projektowaniu i produkcji w lotnictwie. Według kierownictwa firmy mieszana rzeczywistość poprawia jakość i bezpieczeństwo, a jednocześnie ogranicza błędy ludzi. Stażyści w firmie mogą uczyć się swoich obowiązków bez dostępu do rzeczywistego samolotu lub do części, z jakich jest zbudowany. Trójwymiarowe, cyfrowe środowisko zapewnia im to, co zwyczajne szkolenie. Projektanci Airbusa używają MR, żeby sprawdzić, czy koncepcje są gotowe do wykorzystania. W ten sposób, jak szacuje firma, są w stanie zaoszczędzić w trakcie trwania projektu około 80 procent czasu. Natomiast pracownicy produkcji używają gogli, żeby uzyskać najważniejsze informacje bez konieczności przerywania tego, co akurat robią. Instrukcje i diagramy są nakładane na widok prawdziwych urządzeń, technologia MR pomaga w ten sposób w złożonych zadaniach i docieraniu do trudno dostępnych miejsc. Airbus przekonuje, że dzięki HoloLens czas produkcji skrócił się o jedną trzecią, a dodatkowo konstruowane elementy mają teraz wyższą jakość. Gogle służą też elektrykom do sprawdzania wirtualnej wiązki przewodów nałożonej na rzeczywisty samolot, dzięki czemu specjaliści montują układ o 25 procent szybciej niż tradycyjną metodą. W Airbusie HoloLens używają również działy HR, wprowadzając nowych pracowników do firmy bardziej atrakcyjną i angażującą metodą. Łącznie koncern znalazł ponad 300 scenariuszy wykorzystania u siebie mieszanej rzeczywistości.

Jednym z przykładów udostępniania technologii na zewnątrz jest współpraca Airbusa z Japońskimi Liniami Lotniczymi. Firmy opracowały razem aplikację

służącą do prowadzenia szkoleń w mieszanej rzeczywistości. Poza goglami pracownicy Japan Airlines mieli dostęp do zestawów słuchawkowych, dzięki czemu mogli równocześnie słuchać komunikatów o procedurach wykonywanych w samolotach. Zbędny w tym przypadku był nie tylko samolot, ale i trener – bo software proponuje holograficznego nauczyciela.

Dzięki danym CAD inżynierowie koncernu używają również wirtualnej rzeczywistości, która służy do oglądania trójwymiarowych modeli, interakcji z nimi i regulowania parametrów. Wszystko dzieje się na etapie projektowania, jeszcze zanim pierwsza część trafi do produkcji. To ułatwia prowadzenie symulacji w znormalizowanym środowisku, realne testy byłyby nie tylko bardzo kosztowne i skomplikowane, ale też niebezpieczne. VR wyświetla dane i szczegóły projektowe, żeby pomagać w procesach konstruowania oraz kontroli urządzeń. Czujniki śledzą otoczenie i ruchy użytkownika, przesyłają materiały wideo łączące cyfrowy i fizyczny obraz. Taka metoda sprawia, że inspekcja wsporników – sprawdzenie 60 tysięcy elementów w kadłubie Airbusa A380 – trwa nie 3 tygodnie, jak wcześniej, ale raptem 3 dni.

7.

Wyniki pilotażowego badania wśród amerykańskich przedsiębiorców

W celu poszerzenia kontekstu badania w Polsce, zdecydowano się na przeprowadzenie pilotażowego badania w Stanach Zjednoczonych. Objęto nim 6 przedsiębiorców.

Zastosowano identyczne metody badawcze i to samo narzędzie (kwestionariusz ankiety online). Zaprezentowane poniżej wyniki nie powinny być jednak wprost porównywane z polskimi wynikami badania, gdyż pochodzą one z zupełnie odmiennego kontekstu społecznego, kulturowego, jak i gospodarczego.

Połowa z badanych przedsiębiorstw zadeklarowała, że stopniowo wprowadza usprawnienia procesów organizacyjnych w kierunku inteligentnego zarządzania, opartego na wykorzystaniu nowych technologii cyfrowych i rozwiązań z zakresu Przemysłu 4.0. Dwie z badanych firm przyznały, że wciąż realizują tradycyjny model organizacyjny, oparty na osobistym zarządzaniu zespołem i bieżącym delegowaniu zadań.

PYTANIE 1. Jak określił(a)by Pan/Pani model zarządzania realizowany w Państwa firmie?

Nasza firma realizuje tradycyjny model organizacyjny, oparty na osobistym zarządzaniu zespołem i bieżącym delegowaniu zadań.	2
Nasza firma stopniowo wprowadza usprawnienie procesów organizacyjnych w kierunku inteligentnego zarządzania, opartego na wykorzystaniu nowych technologii cyfrowych i rozwiązań z zakresu Przemysłu 4.0.	3
Nasza firma bazuje na w pełni zautomatyzowanych i elastycznych procesach organizacyjnych, niewymagających bezpośredniej ingerencji człowieka.	1

Próba: przedsiębiorstwa amerykańskie, *N* = 6

Badane przedsiębiorstwa amerykańskie są również na przejściowym etapie, jeśli chodzi o poziom zaawansowania technologicznego. Jedna z badanych firm zadeklarowała, że korzysta jedynie z podstawowych rozwiązań technologicznych i bazowego oprogramowania. Połowa firm używa inteligentnych rozwiązań tylko w wybranych obszarach działalności, a zaawansowane technologie zdolne do podejmowania autonomicznych decyzji obecne są w dwóch badanych przedsiębiorstwach.

PYTANIE 2. Jak ocenił(a)by Pan/Pani poziom zaawansowania technologicznego Państwa firmy?

Nasza firma korzysta z podstawowych rozwiązań technologicznych i bazowego oprogramowania, które umożliwia utrzymanie ciągłości linii produkcyjnej/ciągłości usług.	1
Nasza firma wykorzystuje podstawową infrastrukturę i systemy oprogramowania, ale w wybranych obszarach wprowadzane są już inteligentne rozwiązania i systemy autonomiczne, umożliwiające przewidywanie i diagnozowanie potencjalnych odchyleń w procesie produkcyjnym/usługowym.	3
W naszej firmie stosowane są zaawansowane rozwiązania technologiczne, zdolne do podejmowania autonomicznych i inteligentnych decyzji, w celu optymalizacji wydajności i efektywności wykorzystania zasobów.	2

Próba: przedsiębiorstwa amerykańskie, *N* = 6

Jeśli chodzi o politykę przetwarzania i analizy danych, tu także respondenci deklarowali, że znajdują się na etapie przejściowym: pomiędzy tradycyjnymi a zaawansowanymi sposobami gromadzenia i przetwarzania informacji. W jednym z badanych przypadków dane gromadzone na różnych etapach produkcji są przetwarzane i analizowane wybiórczo na potrzeby poszczególnych działów i obszarów produkcji/usług (zintegrowana analiza danych nie jest stosowana). Połowa ankietowanych firm wdrożyła częściowo inteligentne technologie analizy danych, a w dwóch firmach gromadzone dane są kompleksowo zintegrowane z powiązanymi narzędziami i systemami cyfrowymi – ich analiza (również w czasie rzeczywistym) pozwala na systemowe podejmowanie autonomicznych decyzji i szybsze reagowanie na trendy popytowe na rynku.

PYTANIE 3. Które z poniższych stwierdzeń najlepiej opisuje politykę przetwarzania i analizy danych stosowaną w Państwa firmie:

Dane gromadzone w naszej firmie na różnych etapach produkcji są przetwarzane i analizowane wybiórczo na potrzeby poszczególnych działów i obszarów produkcji/usług. Nie stosujemy zintegrowanej analizy danych.	1
W naszej firmie częściowo są już wdrożone inteligentne technologie do przetwarzania i analizy danych w celu optymalizacji istniejących procesów produkcyjnych/usługowych oraz tworzenia nowych inteligentnych systemów.	3
Dane gromadzone w naszej firmie są kompleksowo zintegrowane z powiązanymi narzędziami i systemami cyfrowymi, a ich analiza (również w czasie rzeczywistym) pozwala na systemowe podejmowanie autonomicznych decyzji i szybsze reagowanie na trendy popytowe na rynku.	2

Próba: przedsiębiorstwa amerykańskie, $N = 6$

Jeśli chodzi o strategie działania badanych firm, tu także zaobserwować można tendencje przejściowe i zrównoważone. Połowa badanych przedsiębiorstw zadeklarowała, że ich strategia przewiduje rozwój i dostosowanie produkcji do założeń idei Przemysłu 4.0, choć wizja ta nie jest jeszcze spójna i obejmuje tylko wybrane obszary funkcjonowania firmy. Dla jednej z badanych firm głównym celem jest przetrwanie i utrzymanie się na rynku, więc nie ma w planach transformacji w kierunku Przemysłu 4.0. Pozostałe przedsiębiorstwa przeszły już tę przemianę, a ich model zarządzania jest dostosowany do wspomnianej idei.

PYTANIE 4. Które z poniższych stwierdzeń najlepiej opisuje przyjętą w Państwa firmie strategię rozwoju przedsiębiorstwa w kierunku idei Przemysłu 4.0?

Głównym celem naszej firmy jest dziś przetrwanie i utrzymanie się na rynku, więc przyjęta przez kadrę zarządzającą strategia obejmuje przede wszystkim działania doraźne i proaktywne poszukiwanie nowych kierunków rozwoju. Nie myślimy jeszcze o transformacji w kierunku Przemysłu 4.0.	1
Strategia naszej firmy przewiduje rozwój i dostosowanie produkcji do założeń Przemysłu 4.0, choć wizja ta nie jest jeszcze spójna i obejmuje tylko wybrane obszary funkcjonowania firmy.	3
Działalność naszej firmy bazuje na strategii cyfryzacji i transformacji w kierunku Przemysłu 4.0, a model zarządzania jest odpowiednio dostosowany i opiera się na założeniach Przemysłu 4.0.	2

Próba: przedsiębiorstwa amerykańskie, *N* = 6

Współpraca z wyspecjalizowaną organizacją, która pomaga we wdrażaniu transformacji cyfrowej i rozwiązań Przemysłu 4.0, także nie jest powszechna wśród badanych firm. Cztery na sześć z nich w ogóle nie prowadzi takiej współpracy. Z usług takich podmiotów korzysta tylko jedna z badanych firm.

PYTANIE 5. Czy współpracujecie z wyspecjalizowaną organizacją, która pomaga we wdrażaniu transformacji cyfrowej i rozwiązań Przemysłu 4.0?

Nie współpracujemy.	4
Kontaktujemy się, ale współpraca nie ma stałego charakteru.	1
Współpraca ma charakter stały, systematyczny i można wskazać jej konkretne rezultaty.	1

Próba: przedsiębiorstwa amerykańskie, *N* = 6

Jeśli chodzi o poziom zaawansowania rozwoju przedsiębiorstwa w kierunku Przemysłu 4.0, to można zaobserwować pewną polaryzację. Wszystkie badane firmy zadeklarowały, iż proces transformacji cyfrowej się toczy. Najczęstsza odpowiedź (cztery wskazania) pokazywała, iż firma jest na jego początkowym etapie, natomiast dwie z badanych instytucji zadeklarowały, iż ich transformacja w kierunku idei Przemysłu Przyszłości jest zaawansowana – co oznacza, że została wypracowana i wprowadzona jasna strategia w tym obszarze.

PYTANIE 6. Jak określił(a)by Pan/Pani poziom zaawansowania rozwoju Państwa firmy w kierunku Przemysłu 4.0?

Nasza firma nie rozpoczęła jeszcze transformacji w kierunku idei Przemysłu 4.0 – póki co skupiamy się na podtrzymaniu działalności na dotychczasowych zasadach.	0
Nasza firma w niektórych obszarach wprowadziła już zmiany w kierunku Przemysłu 4.0, ale wciąż jesteśmy na początkowym etapie transformacji.	4
Transformacja naszej firmy w kierunku idei Przemysłu Przyszłości jest już na średnio zaawansowanym etapie, jesteśmy na średnim etapie transformacji.	0
Transformacja naszej firmy w kierunku idei Przemysłu Przyszłości jest już na zaawansowanym etapie – mamy jasną strategię i konsekwentnie wprowadzamy ją we wszystkich obszarach działalności.	2

Próba: przedsiębiorstwa amerykańskie, *N* = 6

Wśród najważniejszych trudności w procesie rozwoju ankietowanych przedsiębiorstw w kierunku Przemysłu 4.0 najczęściej wymieniano: brak środków finansowych potrzebnych do przeprowadzenia zmiany, brak kompetencji kadry kierowniczej potrzebnych do przeprowadzenia zmiany w firmie oraz opór po stronie pracowników.

PYTANIE 7. Co według Pana/Pani jest największą trudnością w procesie rozwoju Państwa firmy w kierunku idei Przemysłu Przyszłości?

Brak środków finansowych potrzebnych do przeprowadzenia zmiany w firmie	3
Brak kompetencji kadry kierowniczej potrzebnych do przeprowadzenia zmiany w firmie	2
Opór po stronie pracowników/personelu	2
Brak doświadczenia w procesie transformacji cyfrowej przedsiębiorstw	1
Brak wiary w powodzenie transformacji firmy w kierunku Przemysłu 4.0	1
Brak przemyślanej strategii transformacji firmy w kierunku Przemysłu Przyszłości	1
Brak potrzeby zmiany organizacyjnej w firmie	1

Próba: przedsiębiorstwa amerykańskie, *N* = 6, możliwe było wskazane więcej niż jednej odpowiedzi

Kolejnym zagadnieniem w badaniu było zdefiniowanie stopnia cyfrowego zaawansowania produktów lub usług wytwarzanych i dostarczanych przez badane przedsiębiorstwa. Jak wynika z zebranych danych, większość przedstawicieli firm zadeklarowała, iż wytwarzane przez nich produkty posiadają swój cyfrowy odpowiednik, tzn. że ma miejsce kompleksowa integracja i analiza danych, pozwalająca na podejmowanie autonomicznych decyzji przez systemy wbudowane w produkt. W przypadku usług w trzech z sześciu przypadków stwierdzono, że świadczone usługi są monitorowane przez narzędzia pomiarowe umożliwiające zbieranie i analizę danych w czasie rzeczywistym.

PYTANIE 8. Proszę wskazać zdanie, które najtrafniej opisuje specyfikę produktową w Państwa firmie:

Wytwarzane przez nas towary/usługi są produktami skończonymi, niewymagającymi implementacji zaawansowanych rozwiązań technologicznych. Ze względu na ich specyfikę nie zawierają sensorów ani czujników do gromadzenia danych.	1
Oferowane przez naszą firmę produkty są wyposażone w czujniki oraz wbudowane systemy umożliwiające zbieranie i analizę danych z etapu użytkowania produktu (również w czasie rzeczywistym).	2
Świadczone przez naszą firmę usługi są monitorowane przez narzędzia pomiarowe umożliwiające zbieranie i analizę danych w czasie rzeczywistym.	3
Wytwarzane przez nas produkty posiadają swój cyfrowy odpowiednik zintegrowany z danymi płynącymi z wbudowanych czujników, a kompleksowa integracja i analiza danych pozwala na podejmowanie autonomicznych decyzji przez systemy wbudowane w produkt.	4

Próba: przedsiębiorstwa amerykańskie, $N = 6$

Badanie pokazało również, że w połowie przedsiębiorstw amerykańskich prowadzone są kompleksowe programy szkoleniowe, dostosowane do zmieniających się warunków na rynku pracy, mające na celu rozwój wiedzy, kompetencji i umiejętności pracowników. W dwóch z badanych firm nie są w ogóle prowadzone programy szkoleniowe w tym zakresie i zadania związane z rozwojem kompetencji pozostawione są w pełni w gestii pracowników.

PYTANIE 9. W jaki sposób przygotowujecie Państwo pracowników do wdrażania idei Przemysłu 4.0 w Państwa firmie?

W naszej firmie nie prowadzimy programów szkoleniowych dla naszych pracowników, zostawiamy kwestie zdobywania kompetencji w ich gestii.	2
W firmie prowadzimy programy szkoleniowe dla wybranych zespołów i/lub pracowników, szczególnie gdy jest to niezbędne dla zachowania ciągłości produkcyjnej i organizacyjnej firmy.	1
W naszej firmie prowadzone są kompleksowe programy szkoleniowe, dostosowane do zmieniających się warunków na rynku pracy, mające na celu rozwój wiedzy, kompetencji i umiejętności naszych pracowników.	3

Próba: przedsiębiorstwa amerykańskie, *N* = 6

W celu dalszej eksploracji tematu związanego z potrzebami szkoleniowymi w przedsiębiorstwach, respondenci zostali poproszeni o wskazanie, w których obszarach widzą największą potrzebę szkoleń, zarówno dla kadry zarządzającej, jak i dla regularnych pracowników. W przypadku szkoleń dla kadry menedżerskiej najwięcej wskazań otrzymały obszary dotyczące:

- zarządzania i planowania strategii biznesowej – 5 wskazań,
- zaawansowanych kompetencji cyfrowych – 3 wskazania,
- gromadzenia i analizy danych – 2 wskazania,
- komunikacji wewnętrznej – 2 wskazania.

Bardzo podobne obszary zostały wskazane przez respondentów jako szkolenia, które uważają za najbardziej potrzebne dla pracowników pochodzących spoza kadry zarządzającej. Trzy najczęściej wybierane to szkolenia dotyczące:

- zaawansowanych kompetencji cyfrowych – 4 wskazania,
- gromadzenia i analizy danych – 2 wskazania,
- obsługi konkretnych narzędzi cyfrowych – 2 wskazania,
- komunikacji wewnętrznej – 2 wskazania,

- pracy w zespołach rozproszonych – 2 wskazania.

Respondentów zapytano także, jakie inne zadania mogłyby ich zdaniem wspomóc rozwój przedsiębiorstwa w kierunku zaawansowanej transformacji cyfrowej. Większość badanych wskazała 3 działania:

- mentoring kadry zarządzającej w kontekście zmian organizacyjnych i procesowych,
- dostęp do sprofilowanych materiałów informacyjnych i poradników dla kadry zarządzającej (online),
- spotkania networkingowe, jako przestrzeń wymiany doświadczeń i pomysłów w gronie przedstawicieli innych firm.

8.

Podsumowanie

Główną cechą Przemysłu 4.0 jest nie tylko zastosowanie najnowocześniejszych technologii cyfrowych, ale przede wszystkim to, jak bardzo te technologie są zintegrowane na poziomie całej organizacji w celu uzyskania jak najdalej posuniętej automatyzacji procesów w firmie. Ten poziom integracji i automatyzacji świadczy o dojrzałości cyfrowej firmy. Większość pytań ankietowych w badaniu głównym opierała się na trójstopniowej skali: poziom pierwszy to funkcjonowanie procesów w formie podstawowej; poziom drugi to funkcjonowanie procesów w formie częściowo zintegrowanej; poziom trzeci to funkcjonowanie procesów w formie w pełni zintegrowanej. Dokonując ogólnej syntezy otrzymanych wyników, należy stwierdzić, że badane polskie firmy plasują się głównie na drugim poziomie. W wielu przypadkach widać dążenie do dostosowania się firm do wymogów Przemysłu 4.0, ale w zdecydowanej większości rozwiązania w nich stosowane nie wykazują satysfakcjonującego poziomu integracji procesów organizacyjnych, produkcyjnych czy usługowych. Poziom tej integracji, a co za tym idzie poziom dojrzałości cyfrowej zaobserwowany w przebadanych amerykańskich firmach jest wyższy.

Biorąc to pod uwagę, a także wyniki badania DESI oraz pozycję Polski w Global Innovation Index opisane w rozdziale pierwszym, należy stwierdzić, że poziom dojrzałości cyfrowej polskich firm, choć w części przypadków obiecujący, w ogólnej masie nie daje nam znaczącej przewagi konkurencyjnej na globalnej arenie międzynarodowej. Wyniki badań zawartych w tej publikacji powinny posłużyć jako punkt startowy do ogólnokrajowej debaty nad dalszymi pracami oraz sposobami wspierania polskich przedsiębiorstw w dostosowywaniu się do wymogów Przemysłu 4.0 oraz światowych trendów, wynikających z konieczności przejścia transformacji cyfrowej.

Bibliografia

Acemoglu, D., Restrepo, P. (2019). Artificial Intelligence, Automation, and Work. [In:] *The Economics of Artificial Intelligence*, red. A. Agrawal, J. Gans, A. Goldfarb. Chicago: University of Chicago Press.

Adamczewski, P. (2016a). Organizacje inteligentne w zintegrowanym rozwoju gospodarki. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, *46*(2).

Adamczewski, P. (2016b). ICT Solutions in Intelligent Organizations as Challenges in a Knowledge Economy. *Management*, *20*(2).

Adamczewski, P. (2017). Organizacje inteligentne wobec wyzwań transformacji cyfrowej. *Ekonomiczne Problemy Usług*, 2017, 126 (t. 1): 9–18.

Alafif, T., Tehame, A. M., Bajaba, S., Barnawi, A., Zia, S. (2021). Machine and Deep Learning Towards COVID-19 Diagnosis and Treatment: Survey, Challenges, and Future Directions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(3).

Aljarrah, A., Ababneh, M., Karagozlu, D., & Ozdamli, F. (2021). Artificial intelligence techniques for distance education: A systematic literature review. *Tem Journal – Technology Education Management Informatics*. *10*(4): 1621–1629. https://doi:10.18421/TEM104-18

Becker, J., Knackstedt, R., Poppelbus, J. (2009). Developing Maturity Models for IT Management. *Business & Information Systems Engineering*, *1*(3): 213–222.

Belk, R. W. (2013). Extended Self in a Digital World. *Journal of Consumer Research*, *40*(3).

Berbeka, J. (2016). Wirtualna i rozszerzona rzeczywistość a zachowania konsumentów. *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, 303.

Benyon, D. (2019). *Designing User Experience. A Guide to HCI, UX and Interaction Design*. London: Pearson.

Berman, S. J. (2012). Digital Transformation. Opportunities to Create New Business Models. *Strategy & Leadership*, *40*(2).

Big data: bringing competition policy to the digital era. Directorate for Financial and Enterprise Affairs, Competition Committee, 26 April 2017, https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20210211STO97614/big-data-definicja-korzysci-wyzwania-infografika [dostęp: 15.07.2021]

Buła, P., Schroeder, T. (2020). Wpływ wybranych aspektów czwartej rewolucji przemysłowej na zmiany w ekosystemie biznesu. [W:] *Wyzwania społeczne i technologiczne a nowe trendy w zarządzaniu współczesnymi organizacjami*, red. M. Urbaniak, A. Tomaszewski (s. 33–45). Warszawa: Szkoła Główna Handlowa.

Cieśliński, W. (2020). Cyfrowa dojrzałość organizacji – założenia poznawczo-metodologiczne. [W:] *Zarządzanie strategiczne w dobie cyfrowej gospodarki sieciowej*, red. S. Gregorczyk, G. Urbanek. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. http://dx.doi.org/10.18778/8220-335-6.19

Collin, J., Hiekkanen, K., Korhonen, J., Halen, M., Itälä, T., Helenius, M. (eds.). (2015). *IT Leadership in Transition. The Impact of Digitalization on Finnish Organizations*. Aalto University publication series SCIENCE + TECHNOLOGY, 7, Helsinki.

Dacko-Pikiewicz, Z. (2019). Building a family business brand in the context of the concept of stakeholder-oriented value. *Forum Scientiae Oeconomia, 7*(2).

Dacko-Pikiewicz, Z. (2022). *Reputation Management and Family Business, Routledge Studies in Management, Organizations and Society*. New York: Taylor & Francis Group.

Dorner, K., Edelman, D. (2015). *What 'digital' really means*. https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/what-digital-really-means

Dutta, S., Lanvin, B., León. L., Wunsch-Vincent, S. (2022). *Global Innovation Index. What is the Future of Innovation-Driven Growth?* Geneva: World Intellectual Property Organization. https://www.globalinnovationindex.org/gii-2022-report

European Commission (2022). *Digital Economy and Society Index (DESI 2022). Shaping Europe's digital future*. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022

Feldman, M. P. (2002). The Internet Revolution and the Geography of Innovation. *International Social Science Journal*, *54*(171).

Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., Welch, M. (2014). Embracing Digital Technology. A New Strategic Imperative. *MIT Sloan Management Review*, *55*(2).

Gajdzik, B., Grabowska, S. (2018). Modele biznesowe w przedsiębiorstwach 4.0 – próba identyfikacji założeń użytych do wyznaczenia nowych modeli biznesu. *Zarządzanie Przedsiębiorstwem*, *21*(3).

Gladwin, L. A. (1984). The impact of artificial intelligence on training. *Training & Development Journal*, *38*(12): 46–47.

Górka, M. (2017). Technologia informacyjna w obszarze cyberbezpieczeństwa państwa i społeczeństwa. *Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji*, *6*(5).

Gray, P., El Sawy, O. A., Asper, G., Thordarson, M. (2013). Realizing Strategic Value Through Center-edge Digital Transformation in Consumer-Centric Industries. *Revista do CEAM*, *3*(1).

Grodner, M., Kokot, W., Kolenda, P., Krejtz, K., Legoń, A., Rytel, P., Wierzbiński, R. (2015). Czym jest Internet Rzeczy, [w:] *Internet Rzeczy w Polsce – raport* (s. 8–11). Warszawa: IAB. https://www.iab.org.pl/wp-content/uploads/2016/05/Raport-Internet-Rzeczy-w-Polsce.pdf [dostęp: 15.07.2021].

Grzeszak, J., Sarnowski, J., Supera-Markowska, M. (2019). *Drogi do przemysłu 4.0. Robotyzacja na świecie i lekcje dla Polski.* Warszawa: Polski Instytut Ekonomiczny.

Harvey, W. (1985). *Designing educational software for tomorrow*. SRI International, Menlo Park, California.

Hess, T., Matt, C., Benlian, A. (2016). Options for Formulating Digital Transformation Strategy. *MIS Quarterly Executive*, *15*(2): 123–139.

Husby, O. (1990). Library automation. *Higher Education Management*, *2*(3): 299–309.

Kane, G., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., Buckley, N. (2015). Strategy not Technology. Drives Digital Transformation. *MIT Sloan Management Review,* 14. Deloitte University Press.

Kądzielawski, G. (2023). The State of Development of Artificial Intelligence in Polish Industry: Opinions of Employees. *International Journal of Contemporary Management*, *59*(1): 12–25.

Korzeniewska, E., Krawczyk, A., Łada-Tondyra, E., Plewako, J. (2019). Technologia 5G jako etap rozwoju komunikacji bezprzewodowej. *Przegląd Elektrotechniczny*, *95*(12).

Kotelska, J., Gajdzik, B. (2021). Restrukturyzacja sektorowa przemysłów górniczego i hutniczego – retrospekcja zmian z perspektywy wdrożenia koncepcji Przemysłu 4.0. [W:] R. Knosala (red.), *Inżynieria zarządzania,* Rozdział 1. *Cyfryzacja produkcji i przedsiębiorstw*, *Aktualności badawcze* 3. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

Kotelska, J., Lis, M. (2022). *Model restrukturyzacji systemu wykonawczego przedsiębiorstwa górnictwa węgla kamiennego w relacji z interesariuszami*. Dąbrowa Górnicza: Akademia WSB.

Kotelska, J., Lis, M. (2023a). Czynniki determinujące rozwój zawodowy przedsiębiorców. [W:] *Zrównoważony rozwój organizacji*, red. M. Lis, M. Kot-Radojewska, E. Popławska. Dąbrowa Górnicza: Wydawnictwo Naukowe Akademii WSB.

Kotelska, J., Lis, M. (2023b). Analysis and assessment of relationship management exemplified by bituminous coal companies in Poland. [In:] *INNOVATION and ENTREPRENEURSHIP, Theory and practice*, red. Z. Dacko-Pikiewicz, K. Szczepańska-Woszczyna, K. Poznańska. Dąbrowa Górnicza: WSB University.

Liebowitz, J., Prerau, D. S. (1995). *Worldwide intelligent systems: Approaches to telecommunications and network management*. IOS Press.

Lis, M. (2021). *Kształtowanie relacji uczelni z przedsiębiorstwami w warunkach transformacji cyfrowej*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Lis, M. (2023). *Higher Education Institutions and Digital Transformation. Building University and Enterprise Collaborative Relationships*, New York and London: Routledge.

Lis, M., Bhatt, D., Danalakshmi, D., Hariharasudan, A., Grabowska, M. (2021). Forecasting of Energy Demands for Smart Home Applications. *Energies*, *14*(4), 1045. https://doi.org/10.3390/en14041045

Lis, M., Kotelska, J. (2022). *Restrukturyzacja górnictwa węgla kamiennego w Polsce w perspektywie oceny interesariuszy*. Dąbrowa Górnicza: Wydawnictwo Akademii WSB.

Liu, D. Y., Chen, S. W., Chou, T. C. (2011). Resource fit in digital transformation: Lessons learned from the CBC Bank global e-banking project. *Management Decision*, *49*(11): 1728–1742.

Liu, Q. (2022). Analysis of collaborative driving effect of artificial intelligence on knowledge innovation management. *Scientific Programming*, Article 8223724: 1–8. https://doi:10.1155/2022/8223724

Mazurek, G. (2019). *Transformacja cyfrowa – perspektywa marketingu*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Mazurek, G. (2020). *Transformacja cyfrowa. Perspektywa marketingu*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Mazurek, G., Tkaczyk J. (red.). (2016). *The Impact of the Digital World on Management and Marketing*. Warszawa: Poltext.

McAfee, A., Brynjolfsson, E. (2012). Big Data: The Management Revolution. *Harvard Business Review*, *90*(10).

McKeown, I., Philips, G. (2003). Business Transformation, Information Technology and Competitive Strategies – Learning to Fly. *International Journal of Information Management*, *23*(1).

Matt, C., Hess, T., Benlian, A. (2014). Digital Transformation Strategies. *Business & Information Systems Engineering*, *57*(5): 339–343.

Organisation of Economic Cooperation and Development (2004). *The OECD–JRC Handbook on Practices for Developing Composite Indicators*. Paris: OECD Publishing.

Organisation of Economic Cooperation and Development (2019). *Future World Skills 2020 Report*. Paris: OECD.

Parvianen, P., Kaarianen, J., Tihinen, M. (2017). Tackling the digitalization challenge: how to benefit from digitalization in practice. *Intern. Journal of Information Systems and Project Management*, *5*(1): 66.

Pelton, J. N. (1990). *Technology and education: Friends or foes?* (ED330302). ERIC.

Piech, K. (red.). (2016). Leksykon pojęć na temat technologii blockchain i kryptowalut. [online] https://www.gov.pl/documents/31305/0/leksykon_pojec_na_temat_technologii_blockchain_i_kryptowalut.pdf/77392774-1180-79ab-4dd5-089f-fab37602 [dostęp: 15.07.2021]

Pieriegud, J. (2016). Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa – wymiar globalny, europejski i krajowy. [W:] *Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa. Szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych*, red. J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud. Gdańsk: Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową – Gdańska Akademia Bankowa.

Porter, M. E. (2006). *Przewaga konkurencyjna. Osiąganie i utrzymywanie lepszych wyników*. Gliwice: Wydawnictwo Helion.

Poznańska, K., Szczepańska-Woszczyna, K., Michałek, J. (2022). *Innovation and entrepreneurship. Theory and practice*. Dąbrowa Górnicza: Wydawnictwo Naukowe Akademii WSB.

Priffti, L., Knigge, M., Kienegger, H., & Kremar, H. (2017). A Competency Model for "Industrie 4.0" Eployees. [In:] J. M. Leimeister & W. Brenner (eds.), *Proceedings der 13. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik*, St. Gallen, 12–15 February.

Schallmo, D. R. A., Williams, A. (2018). *Digital Transformation Now! Guiding the Successful Digitalization of Your Business Model*. Series Springerbriefs in Business, 2191–5482.

Schwab, K. (2015). The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond. *Foreign Affairs*. https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution

Schuchmann, D., Seufert, S. (2015) Corporate Learning in Times of Digital Transformation: A Conceptual Framework and Service Portfolio for the Learning Function in Banking Organizations. *Intern. Journal of Automation and Computing*, *8*(1): 31–40.

Shi, W., Cao, J., Zhang, Q, Li, Y., & Xu, L. (2016). Edge Computing: Vision and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, *3*(5).

Skórska, H. (2017). Systemy i zastosowania rzeczywistości rozszerzonej. *Przegląd Mechaniczny*, 7–8: 46–50.

Skrzypek, E. (2017). Sieciowość jako cecha nowej gospodarki. *Studia Informatica*, *2*(44).

Stevens, S. S. (1946). On the Theory of Scales of Measurement. *Science*, *103*(2684): 677–680.

Szczepańska-Woszczyna, K. (2020). *Management Theory, Innovation and Organisation: A Model of Managerial Competencies*. Routledge.

Szczepańska-Woszczyna, K., Dacko-Pikiewicz, Z., Lis, M. (2015). Responsible leadership: a real need or transient curiosity. *Procedia – Social and Behavioral Sciences,* 213: 546–551.

Szczepańska-Woszczyna, K., Muras, W., Pikiewicz M. (2021). Shareholders in creating the value of IT sector companies by shaping organisational culture in the context of the digital economy. [In:] *Sustainability, Technology and Innovation 4.0*, red. Z. Makieła, M. Stuss, R. Borowiecki. Routledge.

Szymański, G., Józwiak, P. (2018). Chatbot – modelowanie i aplikacje. *Informatyka Ekonomiczna*, *2*(48).

Śledziewska, K., Włoch, R. (2020). *Gospodarka cyfrowa – jak nowe technologie zmieniają świat.* Warszawa: Wydawnictwo UW.

Śledziewska, K., Włoch, R. (2021). *The Economics of Digital Transformation. The Disruption of Markets, Production, Consumption, and Work.* London and New York: Routledge.

Tapscott, D. (1995). *The Digital Economy: Rethinking Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence*. McGraw-Hill.

Tapscott, D. (2008). *Grown Up Digital. How the Net Generation is Changing Your World.* Boston: McGraw-Hill Education.

Walesiak, M. (1996). *Metody analizy danych marketingowych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Walesiak, M. (2004). Metody porządkowania liniowego. [W:] E. Gatnar & M. Walesiak (red.), *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych* (s. 351–368). Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.

Walesiak, M. (2016). *Uogólniona miara odległości GDM w statystycznej analizie wielowymiarowej z wykorzystaniem programu R*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Westerman, G., Calméjane, C., Bonnet, D., Ferraris, P., McAfee, A. (2011). *Digital Transformation. A Roadmap for Billion-Dollar Organizations*. Capgemini Consulting & MIT Center for Digital Business, Paris & Cambridge, MA.

World Bank (2019). *Merchandise Exports Report*. World Bank.

Voorsluys, W., Broberg, J., Buyya, R. (2011). Introduction to Cloud Computing. [In:] *Cloud Computing: Principles and Paradigms*, eds. R. Buyya, J. Broberg, A. Goscinski. Hoboken: John Wiley & Sons.

Wysocki, F. (2010). *Metody taksonomiczne w rozpoznawaniu typów ekonomicznych rolnictwa i obszarów wiejskich*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Qi, J., Wu, F., Li, L., Shu, H. (2007). Artificial intelligence applications in the telecommunications industry. *Expert Systems*, *24*(4): 271–291. https://doi:10.1111/j.1468-0394.2007.00433.x

Zawiła-Niedźwiecki, J. (2018). Imperfect Knowledge i zmienność motywami rozwoju zarządzania. [W:] *Wspomaganie zarządzania z wykorzystaniem technologii IT*, red. L. Kiełtyka, A. Wrzalik. Częstochowa: Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej.

Xun, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *28*(1): 75–86.

Spis tabel

Tabela 1.
Możliwości rozwoju przedsiębiorstw w oparciu o Przemysł 4.0 ..... **23**

Tabela 2.
Formuły agregacji zmiennych cząstkowych stosowane w metodach bezwzorcowych **65**

Tabela 3.
Formuły agregacji zmiennych cząstkowych stosowane w metodach wzorcowych **66**

Tabela 4.
Zmienne cząstkowe zastosowane w budowie miary DM **69**

Tabela 5.
Zmienne cząstkowe zastosowane w budowie miary TAM **70**

Tabela 6.
Wybrane statystyki opisowe dla grupy dużych przedsiębiorstw **74**

Tabela 7.
Wybrane statystyki opisowe dla grupy średnich przedsiębiorstw **75**

Tabela 8.
Statystyki opisowe dla grupy małych przedsiębiorstw **77**

Tabela 9.
Statystyki opisowe dla grupy mikroprzedsiębiorstw **78**

Tabela 10.
Statystyki opisowe dla poszczególnych grupy przedsiębiorstw wyodrębnionych ze względu na rodzaj działalności **80**

Spis wykresów

Wykres 1.
Polska w rankingu DESI **16**

Wykres 2.
Procentowy udział firm mikro, małych, średnich i dużych w próbie badawczej **35**

Wykres 3.
Ocena modelu zarządzania w badanych firmach **38**

Wykres 4.
Realizowane modele zarządzania w zależności od wielkości firmy ... **38**

Wykres 5.
Realizowane modele organizacyjne w zależności od rodzaju działalności **39**

Wykres 6.
Ocena poziomu zaawansowania technologicznego przedsiębiorstw przez uczestników badań **40**

Wykres 7.
Zróżnicowanie zaawansowania technologicznego w zależności od wielkości przedsiębiorstwa **41**

Wykres 8.
Wykorzystanie rozwiązań technologicznych i oprogramowania w zależności od typu prowadzonej działalności **42**

Wykres 9.
Polityka przetwarzania i analizy danych **43**

Wykres 10.
Deklarowane analizy danych i stosowane rozwiązania w zależności od wielkości przedsiębiorstwa 44

Wykres 11.
Polityka analizy i przetwarzania danych w zależności od typu działalności 45

Wykres 12.
Strategia rozwoju przedsiębiorstw w kierunku idei Przemysłu 4.0 46

Wykres 13.
Strategia i rozwój w kierunku Przemysłu 4.0 zależnie od wielkości firmy 47

Wykres 14.
Strategie i modele zarządzania z podziałem na branże 48

Wykres 15.
Współpraca z organizacjami pomagającymi we wdrażaniu transformacji cyfrowej 49

Wykres 16.
Deklarowana współpraca we wdrażaniu rozwiązań Przemysłu 4.0 w zależności od wielkości firmy 50

Wykres 17.
Deklarowana współpraca z organizacjami pomagającymi we wdrażaniu transformacji cyfrowej w zależności od rodzaju działalności 51

Wykres 18.
Poziom zaawansowania rozwoju firmy w kierunku Przemysłu 4.0 w ocenie badanych 52

Wykres 19.
Poziom zaawansowania transformacji w zależności od wielkości przedsiębiorstwa 53

Wykres 20.
Ocena zaawansowania transformacji cyfrowej w zależności od rodzaju prowadzonej działalności 54

Wykres 21.
Najważniejsze trudności w rozwoju firm w kierunku idei Przemysłu Przyszłości wskazane przez całą badaną próbę 55

Wykres 22.
Specyfika produktowa przedsiębiorstw wskazana przez badanych ... 56

Wykres 23.
Szkolenia pracowników w kontekście wprowadzania idei Przemysłu 4.0 57

Wykres 24.
Wskazania respondentów dotyczące programów szkoleniowych dla kadry menedżerskiej 58

Wykres 25.
Wskazania respondentów dotyczące programów szkoleniowych dla pracowników 59

Wykres 26.
Inne wskazania respondentów uznane za wartościowe i pożądane formy wsparcia rozwoju ich firmy w kierunku idei Przemysłu 4.0 60

Wykres 27.
Średnie wartości DM, TAM oraz DDM dla grup przedsiębiorstw wyodrębnionych ze względu na wielkość przedsiębiorstwa 73

Wykres 28.
Średnie wartości DM, TAM oraz DDM dla grup przedsiębiorstw wyodrębnionych ze względu rodzaj działalności 79

Spis rysunków

Rysunek 1.
Próba badawcza w podziale na województwa **33**

Rysunek 2.
Próba badawcza w podziale na makroregiony **34**

Rysunek 3.
Etapy budowy miar agregatowych **63**

Rysunek 4.
Wykres pudełkowy – duże przedsiębiorstwa **74**

Rysunek 5.
Wykres pudełkowy – średnie przedsiębiorstwa **76**

Rysunek 6.
Wykres pudełkowy – małe przedsiębiorstwa **77**

Rysunek 7.
Wykres pudełkowy – mikroprzedsiębiorstwa **78**

Rysunek 8.
Wykres pudełkowy – działalność usługowa **80**

Rysunek 9.
Wykres pudełkowy – działalność produkcyjna **81**

Rysunek 10.
Wykres pudełkowy – działalność usługowo-produkcyjna **81**

Akademia WSB
Dąbrowa Górnicza, Kraków, Cieszyn, Żywiec, Olkusz, Gliwice, Tychy

WSB University

Wydawnictwo Naukowe Akademii WSB
ul. Cieplaka 1c, 41-300 Dąbrowa Górnicza
www.wsb.edu.pl

ISBN 978-83-67673-42-6