

Zarządzanie

Technologie transformacji cyfrowej przedsiębiorstw produkcyjnych

Piotr Czerwonka
Grzegorz Podgórski



Technologie transformacji cyfrowej przedsiębiorstw produkcyjnych



WYDAWNICTWO
UNIWERSYTETU
ŁÓDZKIEGO

Zarządzanie

Technologie transformacji cyfrowej przedsiębiorstw produkcyjnych

Piotr Czerwonka
Grzegorz Podgórski

Piotr Czerwonka (0000-0003-1669-8741)
Grzegorz Podgórski (0000-0001-8695-5075)
– Uniwersytet Łódzki, Wydział Zarządzania, Katedra Informatyki,
ul. Matejki 22/26, 90-237 Łódź

RECENZENCI
Helena Dudycz
Jakub Swacha

REDAKTOR INICJUJĄCA
Monika Borowczyk

REDAKCJA
Paulina Szymańczak

SKŁAD I ŁAMANIE
PAJ-Press

KOREKTA TECHNICZNA
Anna Mateusiak

PROJEKT OKŁADKI
efectoro.pl
agencja komunikacji marketingowej
Grafika na okładce: Depositphotos.com/BiancoBlue

© Copyright by Authors, Łódź 2025
© Copyright for this edition by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2025

Publikacja jest udostępniona na licencji Creative Commons
Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 4.0 (CC BY-NC-ND)

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
Wydanie I. W.11798.25.0.K

Ark. wyd. 10,5; ark. druk. 10,5

ISBN 978-83-8331-911-7
e-ISBN 978-83-8331-912-4

<https://doi.org/10.18778/8331-912-4>

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
90-237 Łódź, ul. Matejki 34A
www.wydawnictwo.uni.lodz.pl
e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl
tel. 42 635 55 77

Spis treści

Wstęp	7
1. Chmura obliczeniowa i internet rzeczy w organizacjach produkcyjnych	9
1.1. Szum informacyjny i jego znaczenie w rozwoju technologii sztucznej inteligencji	9
1.1.1. Model cyklu szumu informacyjnego Gartnera	10
1.1.2. Ewolucja technologii sztucznej inteligencji w latach 2020–2024	13
1.1.3. Wpływ szumu informacyjnego według Gartnera na decyzje interesariuszy	17
1.2. Internet rzeczy jako element transformacji cyfrowej	18
1.2.1. Architektura internetu rzeczy – warstwy i komunikacja	18
1.2.2. Zastosowania internetu rzeczy w różnych sektorach	19
1.2.3. Internet rzeczy w Polsce i na świecie – dane i prognozy	21
1.3. Chmura obliczeniowa jako element transformacji cyfrowej	27
1.3.1. Modele chmury obliczeniowej	27
1.3.2. Usługi chmury obliczeniowej na przykładzie scenariusza przetwarzania obrazu w inteligentnej fabryce	29
1.3.3. Architektura środowiska Azure IoT Edge	37
1.3.4. Moduły logiki biznesowej na urządzeniach brzegowych	41
1.3.5. Praca rozłączna	42
1.3.6. Rozwiązania hybrydowe	45
1.3.7. Azure Stack Edge w modelu sprzęt jako usługa	51
1.4. Sensory jako źródło danych w ekosystemie SI	54
1.4.1. Sensory	54
1.4.2. Urządzenia IoT	58
2. Wykorzystanie chmury obliczeniowej w świetle aktualnych badań	63
2.1. Metodyka badania	63
2.2. Wykorzystanie rozwiązań chmury obliczeniowej przez przedsiębiorstwa	66
2.3. Korzyści z wykorzystania rozwiązań chmury obliczeniowej w przedsiębiorstwach	72
2.3.1. Usprawnienie procesów produkcji	74
2.3.2. Szybki dostęp do wiedzy	76
2.3.3. Lepsze wykorzystanie danych do zarządzania wiedzą	77
2.3.4. Rozwój nowych produktów i tworzenie innowacji	79

6 Spis treści

2.3.5. Lepsza komunikacja z otoczeniem	80
2.3.6. Dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji	82
2.4. Główne bariery w korzystaniu z usług w chmurze	84
2.4.1. Bariery związane z bezpieczeństwem	86
2.4.2. Bariery technologiczne	93
2.4.3. Bariery związane z aspektami prawnymi	97
2.4.4. Bariery związane z wiedzą i kompetencjami	101
2.4.5. Bariery związane z zaufaniem do dostawcy i technologii	106
2.4.6. Bariery finansowe	111
2.5. Zmiany o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury	113
2.5.1. Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy	115
2.5.2. Wprowadzenie nowych modeli biznesowych	118
2.5.3. Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji	121
2.5.4. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji	126
2.5.5. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów	131
2.5.6. Wprowadzenie nowych usług dla klientów	134
2.5.7. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami	137
2.5.8. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej	142
2.5.9. Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klientów stosowanych w firmie	145
2.6. Wnioski z badań własnych	148
Zakończenie	155
Bibliografia	157
Spis rysunków	161
Spis wykresów	163
Spis tabel	165

Wstęp

Cyfryzacja stała się dziś jednym z najważniejszych motorów przewagi konkurencyjnej organizacji, wpływając zarówno na ich procesy operacyjne, jak i na całościowe modele biznesowe. Rozwiązania z zakresu chmury obliczeniowej, internetu rzeczy (ang. *internet of things*, IoT) oraz sztucznej inteligencji (SI) umożliwiają automatyzację zadań, uelastyczniają zarządzanie zasobami i przyspieszają podejmowanie decyzji opartych na danych. Jednocześnie ich wdrażanie odbywa się w warunkach rosnącego szumu informacyjnego i siły narracji marketingowych, które mogą zaburzać racjonalną ocenę dojrzałości technologii. W efekcie przedsiębiorstwa muszą nauczyć się odróżniać realną wartość wdrożeniową, i, pomimo kreowanego szumu informacyjnego, świadomie zarządzać ryzykiem inwestycyjnym.

Punktem wyjścia niniejszej pracy jest luka poznawcza dotycząca faktycznego stopnia wykorzystania nowoczesnych technologii przez polskie przedsiębiorstwa produkcyjne oraz czynników, które ten proces wspierają lub hamują. Według raportu „Wykorzystanie zaawansowanych technologii w przemyśle w 2023 r.” (GUS, 2024b) ponad połowa firm z tego sektora wciąż nie korzysta z chmury obliczeniowej, mimo że rozwiązania te postrzegane są jako kluczowe dla utrzymania konkurencyjności. Celem monografii jest określenie poziomu transformacji cyfrowej polskich przedsiębiorstw produkcyjnych ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania nowoczesnych technologii.

W pierwszym rozdziale przeanalizowano zagadnienia związane z dostarczaniem rozwiązań sztucznej inteligencji w świetle najnowszych trendów technologicznych, dostępnej infrastruktury systemowej oraz praktycznych uwarunkowań wdrożeniowych. Rozważania rozpoczynają się od omówienia cyklu szumu informacyjnego Gartnera i jego wpływu na postrzeganie SI, chmury obliczeniowej i internetu rzeczy. Następnie przedstawiono dynamikę rozwoju kluczowych technologii w latach 2020–2024, podkreślając przejście od fazy eksperymentalnej do wdrożeniowej.

Dalsza część rozdziału koncentruje się na sposobach umieszczania rozwiązań SI jak najbliższej procesów produkcyjnych. Kluczową rolę odgrywa tu sprzężenie algorytmów z elastyczną infrastrukturą, która pozwala skalować i dopasowywać

funkcjonalność do specyficznych potrzeb przedsiębiorstwa, dając szerokie spektrum konfiguracji systemowych. Zagadnienia te zilustrowano przykładowym rozwiązaniem: modele SI trenowane w chmurze są cyklicznie aktualizowane i dystrybuowane na urządzenia IoT przy linii produkcyjnej, realizując zaawansowaną analizę obrazu w czasie rzeczywistym. Zaakcentowano również zastosowania IoT w różnych obszarach działalności.

W rozdziale przedstawiono również teoretyczne podstawy trzech głównych modeli dostarczania SI – wdrożeń lokalnych, chmurowych i brzegowych – ze szczegółowym omówieniem platformy Azure IoT Edge oraz linii produktów Azure Stack Edge, które umożliwiają lokalne wnioskowanie i buforowanie danych przy ograniczonej łączności sieciowej. Uzupełnieniem rozdziału jest przegląd przykładowych komponentów sprzętowych – mikrokomputerów, sensorów i serwerów – wspierających implementację SI w organizacjach, zwłaszcza w zakładach produkcyjnych.

Rozdział drugi poświęcony jest opisowi badań własnych na temat „Wykorzystania chmury obliczeniowej w przedsiębiorstwach produkcyjnych” wykonanych w 2023 roku przez pracowników Katedry Informatyki Uniwersytetu Łódzkiego.

Postawiono następujące pytania badawcze:

- Czy firmy produkcyjne wykorzystują nowoczesne technologie w postaci chmury obliczeniowej?
- Jakie są główne korzyści wg przedsiębiorstw korzystania z tych technologii?
- Jakie bariery wynikające z wykorzystania usług w chmurze widzą przedsiębiorstwa?
- Czy wykorzystanie nowoczesnych technologii pozwoliło zaobserwować zmiany o charakterze innowacyjnym?

Jako metodę badawczą wybrano CATI (ang. *Computer-Assisted Telephone Interviewing*). Respondentami były osoby pracujące w działach technologii informacyjnej (ang. *information technology*, IT) firm produkcyjnych posiadające siedzibę i/lub produkcję na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej. Firmy zostały wybrane z bazy Dun & Bradstreet – największej bazy komercyjnej w Polsce. Rekordy z bazy (po spełnieniu zadanych kryteriów) były dobierane w sposób losowy. Kwestionariusz zawierał w większości pytania zamknięte dotyczące zagadnień wykorzystania nowoczesnych usług chmurowych, barier i korzyści z tym związanych, a także zmian o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu usług chmur obliczeniowych. W trakcie badania uzyskano wyniki od 300 respondentów z różnych przedsiębiorstw produkcyjnych.

W zakończeniu opisano cel, zakres, metodykę i wyniki badań oraz przedstawiono wnioski.

1. Chmura obliczeniowa i internet rzeczy w organizacjach produkcyjnych

1.1. Szum informacyjny i jego znaczenie w rozwoju technologii sztucznej inteligencji

Współczesne organizacje funkcjonują w środowisku silnie nasyconym technologią – zarówno w obszarach operacyjnych, jak i strategicznych. W szczególności rozwiązania z zakresu sztucznej inteligencji stały się jednym z głównych motorów cyfrowej transformacji, oferując możliwości automatyzacji, analizy danych, personalizacji usług czy autonomizacji procesów decyzyjnych. Ich obecność nie tylko zmienia modele biznesowe, lecz także wymusza nowe podejścia do architektury systemów i zarządzania danymi.

Z opisanymi zjawiskami łączą się dwa zagadnienia, które warto na początku krótko opisać – sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe.

Sztuczna inteligencja (ang. *artificial intelligence*, AI) to dziedzina nauki i technologii zajmująca się tworzeniem systemów komputerowych zdolnych do realizacji zadań wymagających inteligencji, tradycyjnie przypisywanej człowiekowi. Obejmuje to m.in. umiejętność uczenia się, formułowania wniosków, rozpoznawania wzorców, podejmowania decyzji oraz interpretowania języka naturalnego.

Według klasycznej typologii zaproponowanej przez Russella i Norviga sztuczną inteligencję można definiować na kilka sposobów:

- myślenie jak człowiek – systemy AI naśladują procesy poznawcze człowieka;
- działanie jak człowiek – systemy AI przejawiają inteligentne zachowania zbliżone do ludzkich;
- racjonalne myślenie – systemy AI podejmują decyzje w oparciu o logiczne rozumowanie;
- racjonalne działanie – systemy AI wybierają optymalne decyzje na podstawie dostępnych danych i wiedzy.

Współcześnie największy nacisk kładzie się na aspekt racjonalnego myślenia, rozumiany jako zdolność do doboru optymalnych działań w określonym środowisku poprzez analizę dostępnych informacji oraz prognozowanie skutków przyszłych decyzji (Russell, Norvig, 2021, s. 652).

Uczenie maszynowe (ang. *machine learning*, ML) to poddziedzina sztucznej inteligencji koncentrująca się na tworzeniu algorytmów i modeli, które umożliwiają systemom komputerowym automatyczne uczenie się na podstawie danych oraz doskonalenie swojego działania bez konieczności każdorazowego programowania. W przeciwieństwie do ogólnej sztucznej inteligencji, która obejmuje szersze spektrum zagadnień związanych z naśladowaniem inteligentnych zachowań człowieka, uczenie maszynowe skupia się na budowaniu i trenowaniu modeli matematycznych zdolnych do rozpoznawania wzorców, przewidywania wyników i podejmowania decyzji (Mitchell, 1997, s. 17).

Rozwój i implementacja rozwiązań SI nie zachodzi w próżni technologicznej, przeciwnie – odbywa się w realiach dynamicznego szumu informacyjnego, napędzanego przez media, marketing oraz cykle rozwoju technologii towarzyszące ich rozwojowi. W efekcie percepcja potencjału SI wśród interesariuszy bywa często kształtowana przez emocje, narracje i oczekiwania, a nie przez rzeczywiste dane o dojrzałości i skuteczności rozwiązań.

Zarówno przedsiębiorstwa, jak i instytucje publiczne muszą dziś nie tylko śledzić najnowsze trendy, ale także nauczyć się rozróżniać technologie o faktycznej wartości wdrożeniowej od tych, które chwilowo znajdują się na szczycie medialnego zainteresowania. Umiejętność krytycznej oceny miejsca danej technologii w cyklu jej dojrzewania – np. zgodnie z modelem szumu informacyjnego Gartnera – staje się kluczowa dla unikania kosztownych błędów inwestycyjnych oraz efektywnego zarządzania portfelem projektów cyfrowych.

W rozdziale tym omówiono mechanizmy rządzące percepcją technologii, wpływ szumu informacyjnego na wybory strategiczne oraz konieczność świadomego i systemowego podejścia do dostarczania rozwiązań SI – zarówno od strony technologicznej, jak i organizacyjnej.

1.1.1. Model cyklu szumu informacyjnego Gartnera

Model cyklu szumu informacyjnego Gartnera (ang. *Gartner hype cycle*) składa się z pięciu głównych etapów, przez które przechodzi każda nowa technologia od momentu jej pojawienia się do szerokiej adopcji lub stagnacji.

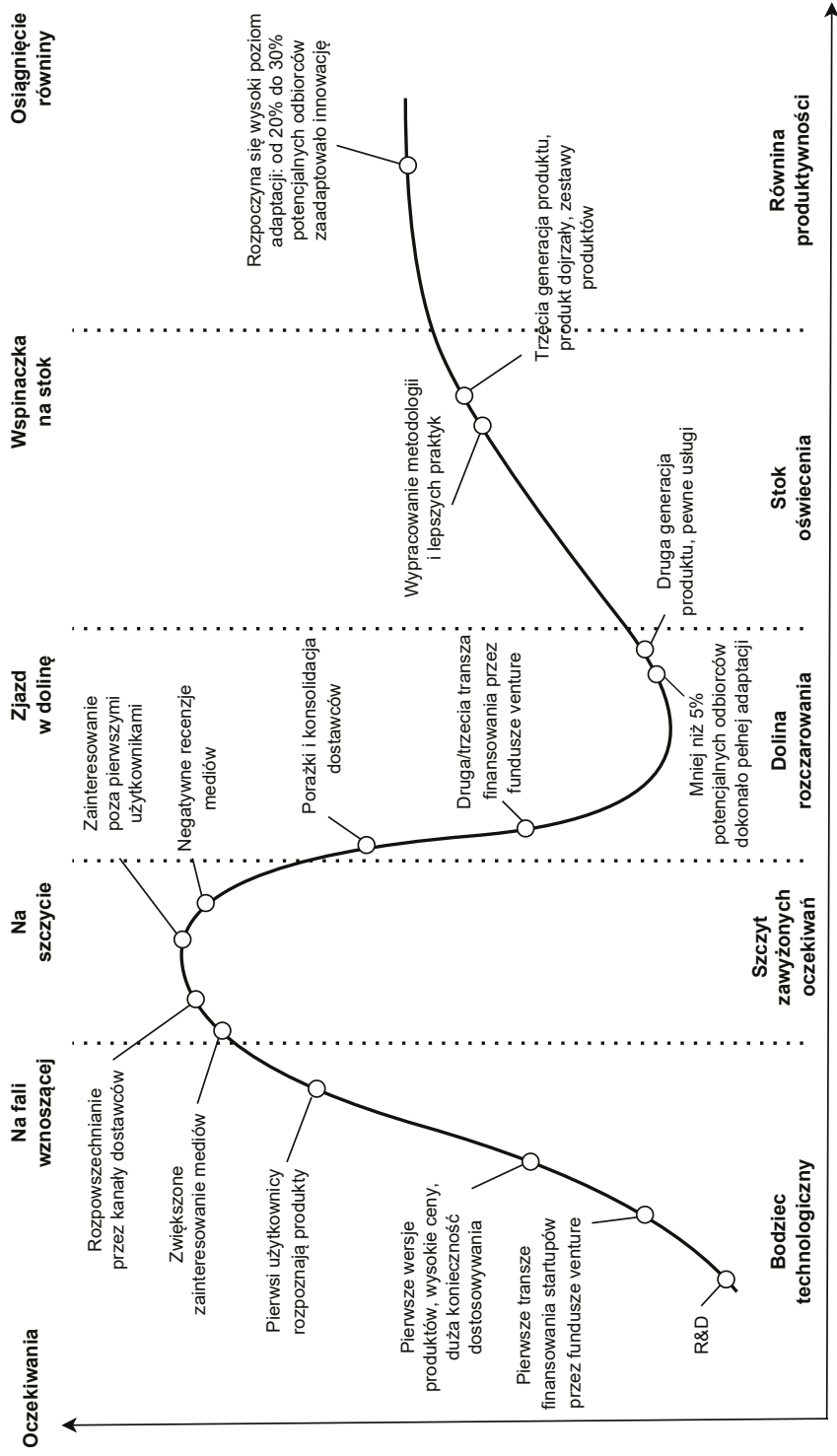
1. **Bodziec technologiczny** (ang. *technology trigger*): Początkowy etap, w którym nowa technologia pojawia się w świadomości rynku. Może to wynikać z przełomowego odkrycia, publikacji badawczej lub innowacji zaprezentowanej przez liderów technologicznych. W tym okresie istnieje niewiele funkcjonalnych implementacji, a większość rozwiązań ma charakter

eksperymentalny. Wzrasta zainteresowanie inwestorów i mediów, ale praktyczne zastosowania technologii są jeszcze ograniczone.

2. **Szczyt zawyżonych oczekiwań** (ang. *peak of inflated expectations*): Na tym etapie zainteresowanie technologią osiąga apogeum. W mediach i wśród liderów branżowych panuje entuzjazm, pojawiają się pierwsze wdrożenia i eksperymentalne zastosowania. Wiele organizacji podejmuje ryzykowne inwestycje, jednak oczekiwania wobec technologii są często nierealistycznie wysokie. Pierwsze sukcesy i spektakularne porażki kształtują percepcję technologii.
3. **Dolina rozczarowania** (ang. *trough of disillusionment*): Po fali entuzjazmu następuje okres sceptycyzmu. Okazuje się, że technologia nie spełnia wszystkich wygórowanych oczekiwań, a niektóre rozwiązania okazują się trudne w implementacji lub nieopłacalne. Wiele firm rezygnuje z dalszego inwestowania, a część projektów upada. Jednak te organizacje, które pozostają przy technologii, koncentrują się na jej faktycznych zaletach i stopniowo rozwijają bardziej efektywne zastosowania.
4. **Stok oświecenia** (ang. *slope of enlightenment*): Technologia zaczyna dojrzewać, a jej zastosowania stają się coraz bardziej zrozumiałe. Firmy, które kontynuowały rozwój, opracowują sprawdzone sposoby wykorzystania nowej technologii. Powstają standardy i dobre praktyki, a coraz więcej organizacji decyduje się na wdrożenie technologii w bardziej realistyczny i praktyczny sposób.
5. **Równina produktywności** (ang. *plateau of productivity*): Na tym etapie technologia osiąga dojrzałość i stabilność. Jej wartość biznesowa jest dobrze udokumentowana, a adopcja staje się powszechna. Wiele organizacji wdraża rozwiązania oparte na tej technologii jako standardowe narzędzia biznesowe. Technologia może nadal ewoluować, ale jej rozwój jest bardziej przewidywalny i stopniowy (Khanna, Kaur, 2020, s. 1687–1762).

Model Gartnera pomaga organizacjom ocenić potencjał nowych technologii i przewidzieć ich przyszły rozwój. Pozwala również unikać nadmiernego entuzjazmu i błędnych inwestycji w technologie, które są jeszcze niedojrzałe. Na rysunku 1.1 przedstawiono etapy opisywanego cyklu.

Podsumowując, powyższy rysunek cyklu szumu informacyjnego Gartnera ilustruje pięcioetapową ścieżkę rozwoju nowych technologii – od momentu ich pojawienia się na rynku, przez okres przesadnych oczekiwań i późniejszego rozczarowania, aż po fazę dojrzałości i stabilnej produktywności. Graficzna forma modelu ukazuje charakterystyczne „wzniesienia i spadki” zainteresowania technologią w czasie, co podkreśla znaczenie realistycznej oceny jej potencjału. Dzięki temu organizacje mogą lepiej zrozumieć dynamikę innowacji, przewidywać ryzyka związane z przedwczesnymi inwestycjami i świadomie planować wdrożenia na etapie, gdy technologia przynosi wymierną wartość biznesową.



Rysunek 1.1. Cykl szumu informacyjnego Gartnera

Źródło: opracowanie własne na podstawie https://en.wikipedia.org/wiki/Gartner_hype_cycle (data dostępu: 28.02.2025).

1.1.2. Ewolucja technologii sztucznej inteligencji w latach 2020–2024

Analizując raporty Gartnera dotyczące technologii wschodzących z lat 2020–2024 (Gartner, 2024b; Lori, 2022, 2023) można zauważyć dynamiczne zmiany w postrzeganiu i adaptacji technologii. Poniżej przedstawiono kluczowe obserwacje z wybranych lat.

W 2020 roku na czoło wysunęły się technologie związane ze sztuczną inteligencją oraz uczeniem maszynowym. Szczególną uwagę zwrócono na ogólną sztuczną inteligencję (ang. *artificial general intelligence*), która znajdowała się na wczesnym etapie rozwoju, z przewidywaniami osiągnięcia dojrzałości w ciągu ponad 10 lat (Gartner, 2024b).

W 2022 roku raport Gartnera skupił się na trzech głównych obszarach: rozwijających się immersyjnych doświadczeniach, przyspieszonej automatyzacji SI oraz optymalizacji dostarczania technologii. Technologie takie jak cyfrowy bliźniak klienta (ang. *digital twin of the customer*, DToC) oraz metaverse zyskały na znaczeniu, obiecując transformację interakcji z klientami i tworzenie nowych modeli biznesowych (Lori, 2022).

W 2023 roku wyróżniono cztery główne tematy: emergentną SI, doświadczenie dewelopera, wszechobecną chmurę oraz bezpieczeństwo i prywatność zorientowane na człowieka. Generatywna SI stała się kluczowym trendem, zdolnym do tworzenia nowych treści na podstawie istniejących danych, z potencjałem do osiągnięcia powszechnej adopcji w ciągu od dwóch do pięciu lat (Lori, 2023).

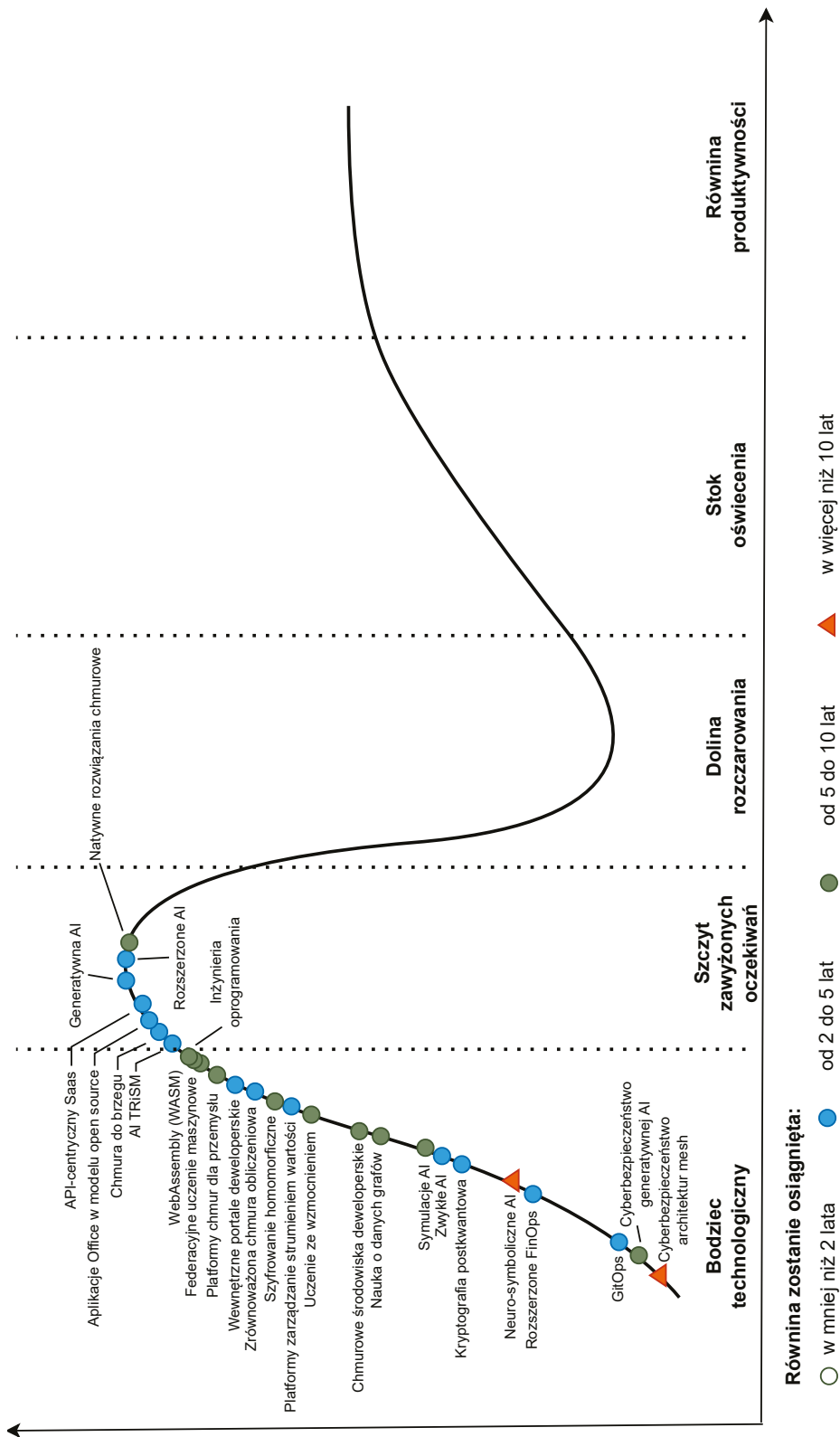
Na przestrzeni tych lat można zaobserwować przesunięcie uwagi od ogólnych koncepcji SI w 2020 roku do bardziej konkretnych i praktycznych zastosowań, takich jak generatywna SI i metaverse w 2022 i 2023 roku. Technologie te ewoluowały z fazy wstępnych oczekiwań do etapów intensywnego rozwoju i wdrażania, odzwierciedlając rosnącą dojrzałość i zrozumienie ich potencjału w przemyśle i społeczeństwie. Na rysunku 1.2 przedstawiono wykres cyklu dla roku 2023.

Raport za rok 2024 (Chandrasekaran, 2024) jako kluczowe trendy i zagadnienia ważne dla technologicznego wsparcia biznesu wskazuje inteligentne systemy wspierane autonomiczną SI, produktywność zespołów programistycznych, udoskonalenie doświadczenia klienta i zaufanie cyfrowe.

Autonomiczna sztuczna inteligencja to jedna z najbardziej zaawansowanych form SI. Jest ona gotowa do zrewolucjonizowania całych branż nie tylko poprzez swoje możliwości, ale przede wszystkim dzięki zdolności do działania z minimalną lub zerową ingerencją człowieka. Systemy autonomicznej SI dążą do zrozumienia swojego otoczenia, podejmowania decyzji i wykonywania zadań.

Technologie związane z tym trendem obejmują:

- **superkomputery SI** – zapewniają ogromne zasoby obliczeniowe niezbędne do trenowania zaawansowanych modeli SI, w tym dużych modeli akcji, które są kluczowe dla przełomów możliwości sztucznej inteligencji;



Rysunek 1.2. Cykl szumu informacyjnego Gartnera na rok 2023

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Lori, 2023).

- **autonomicznych agenci** – to systemy, które osiągają określone cele bez interwencji człowieka. Wykorzystują różne techniki SI do identyfikowania wzorców w swoim otoczeniu, podejmowania decyzji, realizowania sekwencji działań i generowania wyników;
- **humanoidalne roboty pracujące** – roboty naśladowujące ludzkie ciało i wyposażone w „mózg” oparty na SI. Kolejna generacja humanoidalnych robotów roboczych będzie łączyć świadomość sensoryczną z mobilną manipulacją i dynamiczną lokomocją, aby wykonywać produktywną pracę wcześniej przeznaczoną tylko dla ludzi.

Drugim trendem wskazanym w raporcie jest wsparcie zespołów programistycznych i utrzymanie „stanu przepływu” (ang. *flow state*) – uczucia pełnego skupienia, zaangażowania i satysfakcji – które ma być kluczowe dla doświadczenia i produktywności programistów. Kilka nowych technologii maksymalizuje korzyści, poprawiając satysfakcję deweloperów, współpracę i ich stan przepływu, a jednocześnie pozwala dostarczać wysokiej jakości produkty w krótszym czasie.

Technologie związane z tym trendem obejmują:

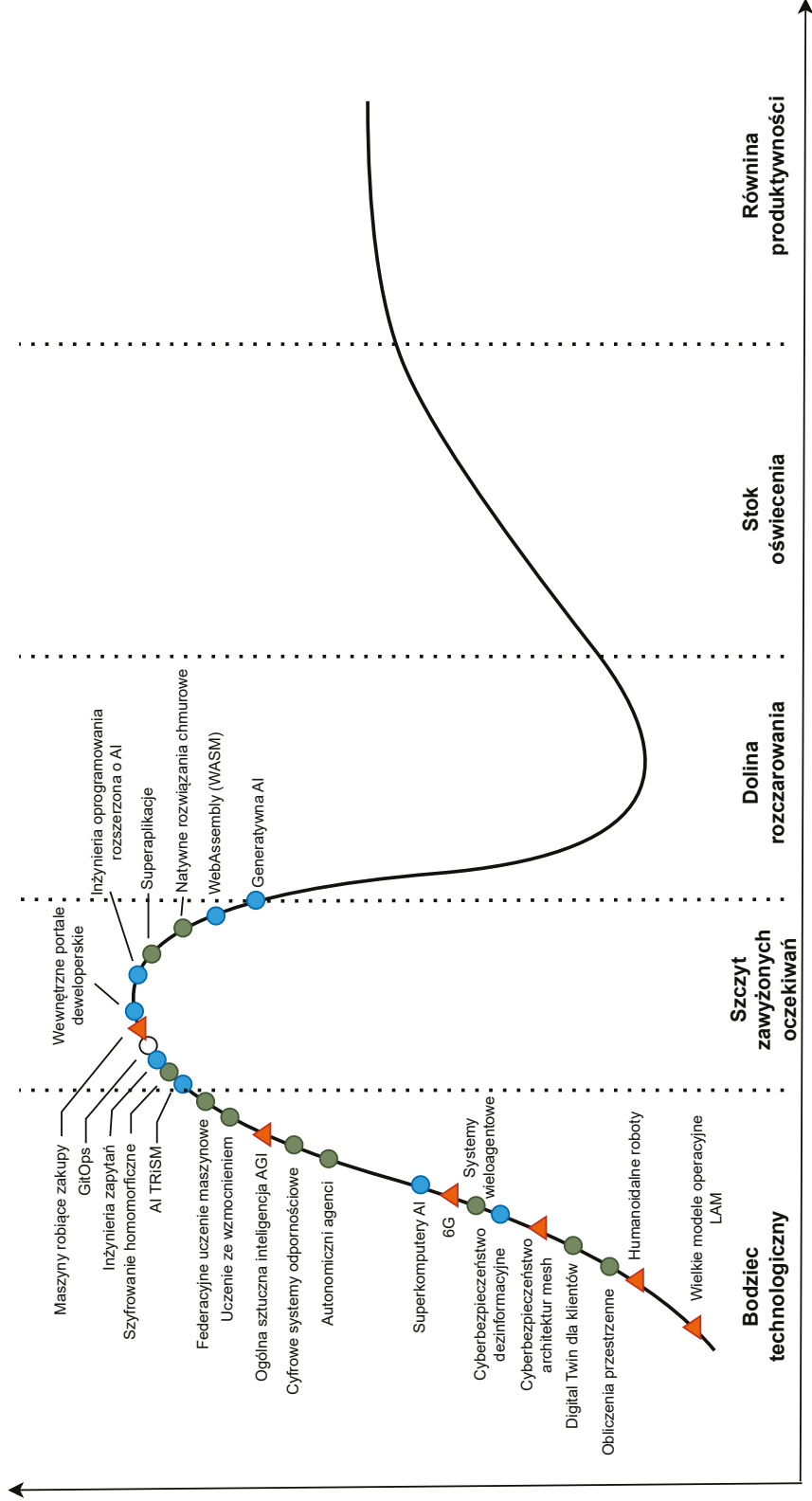
- **inżynierię oprogramowania wspomaganą SI** – wykorzystuje narzędzia SI do automatyzacji procesów kodowania, testowania i wdrażania, usprawniając przepływ pracy deweloperów;
- **technologie natywne dla chmury obliczeniowej** – umożliwiają organizacjom budowanie i uruchamianie skalowalnych aplikacji w środowiskach chmurowych, często opartych na dynamicznej orkiestracji i mikrousługach w kontenerach;
- **inżynierię promptów** – dziedzina zajmująca się tworzeniem zoptymalizowanych wejść tekstowych lub graficznych dla generatywnych modeli SI (GenAI), aby precyzyjnie określać i ograniczać zakres ich odpowiedzi.

Trzecim trendem jest zwiększenie zaangażowania uczestników przestrzeni cyfrowej poprzez technologię całkowitego zaangażowania (ang. *total experience*), która łączy doświadczenia klientów, pracowników i użytkowników, zwiększając ich satysfakcję i lojalność. Dzięki stworzeniu zunifikowanego ekosystemu można jednocześnie poprawiać doświadczenia wszystkich interesariuszy.

Technologie związane z tym trendem obejmują:

- **6G** – następna generacja łączności bezprzewodowej, rozwijająca się poza 5G, oferująca ultraszybkie prędkości, niskie opóźnienia i ulepszoną łączność dla zaawansowanych zastosowań, takich jak immersyjne AR/VR i interakcje SI w czasie rzeczywistym;
- **cyfrowego bliźniaka klienta** – dynamiczny model wirtualny symulujący zachowania i preferencje klientów. Symulacje te pozwalają firmom na lepszą personalizację interakcji, optymalizację usług i przewidywanie potrzeb klientów;
- **obliczenia przestrzenne** – integrują środowiska fizyczne i cyfrowe, umożliwiając użytkownikom interakcję z treściami cyfrowymi w przestrzeni 3D.

Ostatnim z kluczowych zagadnień poruszanych w raporcie jest budowanie zaufania w cyfrowym świecie poprzez bezpieczeństwo i prywatność skoncentrowaną na człowieku. Tradycyjne podejścia do cyberbezpieczeństwa często zakładają,



Równina zostanie osiągnięta:

○ w mniej niż 2 lata ● od 2 do 5 lat ● od 5 do 10 lat ▲ w więcej niż 10 lat

Rysunek 1.3. Cykl szumu informacyjnego Gartniera za rok 2024
Źródło: opracowanie własne na podstawie (Gartner, 2024a).

że ludzie będą działać racjonalnie i zgodnie z zasadami. W rzeczywistości jednak błędy ludzkie oraz priorytetyzowanie realizacji celów biznesowych nad bezpieczeństwem często prowadzą do naruszeń. Model bezpieczeństwa i prywatności skoncentrowany na człowieku integruje praktyki zabezpieczeń i ochrony danych w cyfrową strukturę organizacji, kształtując kulturę wzajemnego zaufania i świadomości ryzyka w procesach decyzyjnych.

Technologie związane z tym trendem obejmują:

- **zaufanie, ryzyko i zarządzanie bezpieczeństwem SI** (ang. *artificial intelligence trust, risk and security management*, AI TRiSM) – ramy zaprojektowane w celu zapewnienia odpowiedzialnego i bezpiecznego stosowania SI poprzez zarządzanie ryzykiem, wspieranie zgodności i zwiększanie zaufania do systemów SI;
- **siatkową architekturę cyberbezpieczeństwa** (ang. *cybersecurity mesh architecture*, CSMA) – elastyczne, zintegrowane podejście do cyberbezpieczeństwa oparte na modułowej architekturze, która zapewnia centralny nadzór nad zabezpieczeniami w zróżnicowanych i rozproszonych środowiskach;
- **bezpieczeństwo przed dezinformacją** – zestaw technologii zapobiegających dezinformacji, pomagających firmom ocenić wiarygodność treści, chronić markę i zabezpieczać swoją obecność online. Technologie w tej kategorii obejmują wykrywanie deepfake'ów, zapobieganie podszywaniu się oraz ochronę reputacji.

Rysunek 1.3 przedstawia stan cyklu według raportu za rok 2024.

1.1.3. Wpływ szumu informacyjnego według Gartnera na decyzje interesariuszy

Na podstawie analizy raportów Gartnera z lat 2020–2024 (Gartner, 2020; Lori, 2022, 2023) można jednoznacznie stwierdzić, że technologie związane ze sztuczną inteligencją są niezmiennie najbardziej wyczekiwanymi, intensywnie rozwijającymi się i emocjonalnie odbieranymi trendami w przestrzeni technologicznej. Niezależnie od roku raporty te podkreślają kluczową rolę SI – od ogólnych koncepcji sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego, przez generatywną SI, aż po zaawansowaną, autonomiczną SI zdolną do działania bez ingerencji człowieka.

W szczególności to technologie SI konsekwentnie dominują w każdym etapie cyklu szumu informacyjnego – od fazy wstępnych oczekiwań po fazę adaptacji – przyciągając uwagę nie tylko decydentów technologicznych, ale także szerokiego grona użytkowników końcowych, inwestorów i mediów. Równolegle rozwijają się także powiązane z SI obszary, takie jak: inżynieria oprogramowania wspomagana SI, cyfrowi bliźniacy, doświadczenia immersyjne czy bezpieczeństwo cyfrowe skoncentrowane na użytkowniku. Wszystko to świadczy o dynamicznej ekspansji SI do kluczowych obszarów życia i biznesu.

Szczególnie istotne jest nie tylko opracowywanie nowych rozwiązań opartych na SI, ale także efektywne ich dostarczanie i integracja z istniejącą infrastrukturą technologiczną. W tym kontekście chmura obliczeniowa odgrywa kluczową rolę jako fundament ekosystemu usług SI – umożliwia skalowalność, dostępność i elastyczność modeli SI w różnych środowiskach, zarówno lokalnych, jak i rozproszonych.

Dodatkowo, rosnące znaczenie zyskuje internet rzeczy jako jedno z najważniejszych narzędzi do serwowania i wdrażania rozwiązań SI w czasie rzeczywistym, blisko źródła danych. Urządzenia brzegowe i sensory IoT stają się nie tylko dostawcami danych, ale również platformami, na których można wykonywać operacje SI bezpośrednio „na brzegu” sieci, minimalizując opóźnienia i zwiększając responsywność systemów.

W świetle powyższych obserwacji, w dalszej części pracy konieczne jest szczegółowe omówienie nie tylko możliwości samej sztucznej inteligencji, ale przede wszystkim:

- sposobów jej wdrażania i dostarczania,
- znaczenia chmury obliczeniowej jako infrastruktury wspierającej SI
- oraz roli IoT jako kluczowego kanału udostępniania inteligentnych usług.

Tylko uwzględnienie tych powiązanych elementów pozwoli na pełne zrozumienie potencjału SI jako kompleksowego systemu wspierającego nowoczesne modele biznesowe i społeczne.

1.2. Internet rzeczy jako element transformacji cyfrowej

1.2.1. Architektura internetu rzeczy – warstwy i komunikacja

IoT to koncepcja technologiczna umożliwiająca integrację urządzeń fizycznych z globalnymi sieciami teleinformatycznymi. Kluczowym elementem IoT jest zdolność urządzeń do zbierania, przetwarzania oraz wymiany danych bez bezpośredniej ingerencji człowieka. IoT działa jako interfejs między światem fizycznym a cyfrowym, wykorzystując czujniki i siłowniki do monitorowania i zmiany stanów obiektów. Dzięki temu systemy te znajdują zastosowanie w wielu sektorach (Khanna, Kaur, 2020, s. 1687–1762).

Architektura internetu rzeczy to wielowarstwowe ramy zaprojektowane w celu ułatwienia integracji i komunikacji różnych urządzeń oraz systemów. Zazwyczaj obejmuje ona kilka warstw, z których każda pełni określone funkcje, przyczyniając się do ogólnego działania systemów IoT. Od strony architektonicznej w literaturze występuje kilka propozycji warstw struktury IoT m.in.:

- **model trzywarstwowy** – uproszczona architektura składająca się z warstw percepcji (czujniki i urządzenia), sieci (komunikacja) i aplikacji (interfejsy użytkownika i aplikacje);
- **model czterowarstwowy** – składa się z warstwy percepcji, warstwy komunikacyjnej (transmisja danych), warstwy wsparcia (przetwarzanie i zarządzanie danymi) oraz warstwy aplikacyjnej;
- **model pięciowarstwowy** – dodaje większą szczegółowość, obejmując np. warstwę pośrednią (Xing, 2024, s. 63–69).

IoT opiera się na różnych technologiach komunikacyjnych, które umożliwiają połączenie oraz wymianę danych między urządzeniami. Technologie te można ogólnie podzielić na bezprzewodowe i przewodowe, z których każda ma unikalne cechy i zastosowania.

Bezprzewodowe technologie komunikacyjne:

- **Wi-Fi** – powszechnie stosowane w celu szybkiego dostępu do internetu, odpowiednie dla urządzeń wymagających intensywnej transmisji danych;
- **Bluetooth** – idealne do komunikacji na krótkie odległości, często wykorzystywane w urządzeniach ubieralnych i inteligentnych systemach domowych;
- **Zigbee i Z-Wave** – niskomocowe protokoły przeznaczone do automatyki domowej, umożliwiające komunikację na krótkie dystanse przy minimalnym zużyciu energii;
- **LoRaWAN** – technologia dalekiego zasięgu i niskiego poboru energii, stosowana w inteligentnym rolnictwie i monitorowaniu środowiska;
- **NB-IoT, LTE-M** – technologia komórkowa, zapewniająca szeroki zasięg, są wykorzystywane w aplikacjach wymagających niezawodnej łączności na dużych dystansach (Soni, 2024, s. 31–44).

Do protokołów internetu rzeczy zalicza się:

- **MQTT i CoAP** – lekkie protokoły komunikacyjne, które umożliwiają efektywną wymianę danych w ograniczonych środowiskach;
- **HTTP i AMQP** – bardziej tradycyjne protokoły wspierające szerokie zastosowania, ale wymagające większych zasobów (Soni, 2024, s. 31–44; Sreenivasappa, 2023, s. 10–34).

1.2.2. Zastosowania internetu rzeczy w różnych sektorach

IoT stał się jednym z kluczowych czynników napędzających rozwój gospodarki cyfrowej, znajdując coraz szersze zastosowania w wielu sektorach społeczno-gospodarczych. Jego potencjał wykracza poza pojedyncze rozwiązania technologiczne, wpływając na kształtowanie nowych modeli zarządzania, poprawę jakości życia oraz zwiększenie efektywności procesów biznesowych. Poniżej omówiono wybrane obszary zastosowań IoT, które ilustrują jego wszechstronność oraz znaczenie w praktyce.

- **Inteligentne miasta** (ang. *smart cities*) – zastosowanie IoT usprawnia zarządzanie energią, transportem, monitorowanie środowiska oraz bezpieczeństwem publicznym, a także pomaga łączyć świat fizyczny z wirtualnym, czyniąc obszary miejskie bardziej efektywnymi i zrównoważonymi (Dharshini i in., 2022, s. 179–204). Przykłady zastosowania IoT w inteligentnych miastach to inteligentne sieci energetyczne zwiększające efektywność energetyczną, inteligentne systemy transportowe redukujące korki oraz systemy zarządzania odpadami (Rao i in., 2024, s. 56–64).
- **Opieka zdrowotna** – zastosowanie IoT umożliwia tworzenie spersonalizowanych planów leczenia, analizę danych zdrowotnych w czasie rzeczywistym oraz zdalne monitorowanie pacjentów. Urządzenia, takie jak smartwatche i smartfony, zbierają dane w celu poprawy opieki nad pacjentami i wspierania procesów decyzyjnych w medycynie (Li i in., 2024, s. 127017; Ahmad i in., 2021). Zastosowanie IoT w medycynie pozwala na monitorowanie tętna, poziomu glukozy, a także zarządzanie sztucznymi zastawkami serca i rozrusznikami. Technologie te umożliwiają szybkie interwencje oraz dostarczanie spersonalizowanych rozwiązań medycznych (Ambroziak i in., 2021, s. 221–252).
- **Energetyka i przemysł** – zastosowanie IoT odgrywa kluczową rolę w systemach energii odnawialnej, takich jak generacja energii wiatrowej, oraz w automatyzacji przemysłowej. Usprawniają monitorowanie i zarządzanie, co prowadzi do oszczędności energii oraz zwiększenia wydajności napędów elektrycznych (Ioannides i in., 2024, s. 565–570). W przemyśle IoT wspiera koncepcję Przemysłu 4.0, przekształcając tradycyjne fabryki w inteligentne systemy, optymalizując zarządzanie łańcuchem dostaw oraz umożliwiając predykcyjną konserwację. Mówimy wtedy o Przemysłowym Internecie Rzeczy (ang. *industrial internet of things*, IIoT) (Rao i in., 2024, s. 56–64).
- **Inteligentne domy** – zastosowanie IoT zwiększa bezpieczeństwo, efektywność energetyczną oraz wygodę. Urządzenia, takie jak inteligentne termostaty, systemy oświetlenia i kamery bezpieczeństwa, są zintegrowane, tworząc połączone środowisko domowe (Huang, 2021, s. 218–221; Cvitić i in., 2021, s. 167–180). Technologie te wspierają osoby starsze i z niepełnosprawnościami poprzez automatyzację codziennych zadań oraz poprawę dostępności (Huang, 2021, s. 218–221).
- **Bioinformatyka translacyjna** – zastosowanie IoT wspomaga zbieranie i analizę danych biologicznych w badaniach nad chorobami. To zastosowanie wspiera zdalne monitorowanie pacjentów oraz działanie urządzeń medycznych, przyczyniając się do bardziej spersonalizowanej opieki zdrowotnej (Ahmad i in., 2021).
- **Rolnictwo** – zastosowanie IoT odnosi się do integracji technologii internetu rzeczy w celu zwiększenia efektywności, produktywności i zrównoważonego rozwoju w uprawach. Kluczowe zastosowania obejmują rolnictwo precyzyjne, zautomatyzowane nawadnianie, monitorowanie gleby i kontrolę szkodników. Wykorzystują one dane w czasie rzeczywistym oraz zaawansowaną

analizę. Technologie te umożliwiają inteligentnym systemom podejmować decyzje, które optymalizują wykorzystanie zasobów i poprawiają plony (Pawar, 2024, s. 3388–3390).

Przedstawione przykłady potwierdzają, że IoT odgrywa coraz większą rolę w transformacji współczesnych sektorów – od inteligentnych miast i opieki zdrowotnej, przez energetykę i przemysł, aż po rolnictwo i bioinformatykę. IoT sprzyja budowaniu inteligentnych ekosystemów, które integrują dane, ludzi i urządzenia w sposób zrównoważony i skalowalny.

1.2.3. Internet rzeczy w Polsce i na świecie – dane i prognozy

IoT jest jednym z kluczowych elementów transformacji cyfrowej, obejmującym szeroki zakres zastosowań w przemyśle, infrastrukturze miejskiej, medycynie oraz gospodarstwach domowych. Szacowana liczba urządzeń IoT wykorzystywanych na świecie dynamicznie rośnie, co wynika z rosnącej dostępności technologii komunikacyjnych, takich jak sieci 5G, oraz postępującej miniaturyzacji układów elektronicznych.

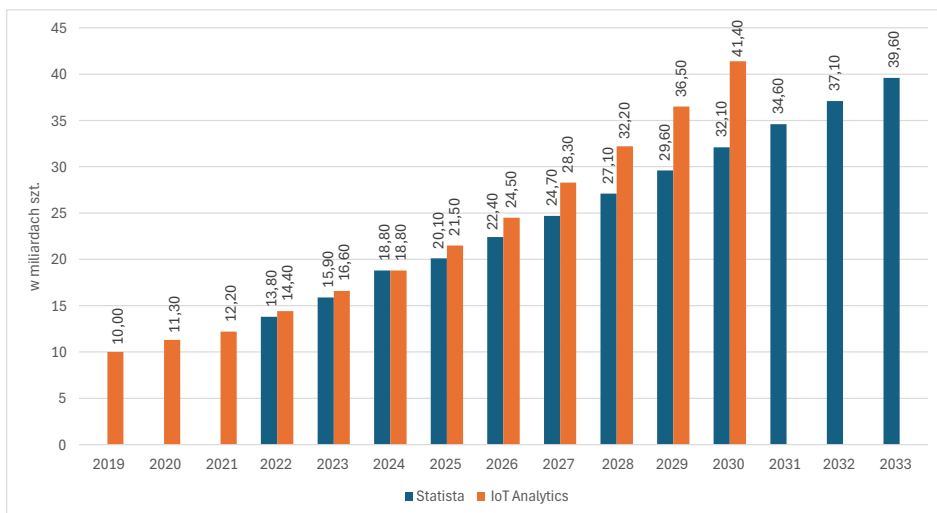
Według Statisty liczba podłączonych urządzeń IoT podwoi się w roku 2030 – 32,1 miliardy – w stosunku do roku 2023 – 15,9 miliardów (Statista, 2024a). W roku 2033 największa liczba urządzeń będzie ulokowana w Chinach z liczbą około 8 miliardów. Według raportu w 2025 roku za 60% urządzeń odpowiadał sektor konsumencki. Natomiast raport przeprowadzony przez IoT Analytics w roku 2023 wskazywał, że liczba aktywnych urządzeń IoT wynosiła około 16,6 miliarda (Sinha, 2024). Prognozy na kolejne lata wskazują na dalszy wzrost – do 21 miliardów w roku 2025 oraz około 41 miliardów do roku 2030. Różnice w prognozach mogą wynikać z metodologii badawczej oraz tempa adopcji nowych technologii w różnych sektorach gospodarki. Należy też zaznaczyć, że dokładne oszacowanie liczby urządzeń IoT jest trudnym zadaniem ze względu na dynamiczny rozwój technologii oraz różnorodność definicji stosowanych w analizach rynkowych. Ponadto kwestie związane z bezpieczeństwem danych oraz interoperacyjnością systemów mogą mieć istotny wpływ na przyszłe tempo wzrostu tej technologii. Prognozy odnośnie liczby urządzeń zostały przedstawione na wykresie 1.1.

Dodatkowo analiza danych rynkowych przeprowadzona przez IoT Analytics wykazała, że wielkość rynku IoT dla przedsiębiorstw wzrosła w 2023 roku o 15% – do 269 miliardów dolarów w ujęciu rok do roku. Jest to niższy wzrost niż 18% odnotowany w 2022 roku zgodnie z danymi z Globalnego Panelu Wydatków na IoT dla Przedsiębiorstw firmy IoT Analytics, który został zaktualizowany w czerwcu 2024 roku. Panel obejmuje analizę wydatków na IoT w podziale na regiony, sektory i technologie, a także przegląd ponad 100 firm. (Paraskevopoulos i in., 2024). Prognozy dotyczące wartości IoT dla przedsiębiorstw przedstawiono na wykresie 1.2.

W 2024 roku IoT Analytics przewidywało dalsze spowolnienie wzrostu do 12%, a wartość rynku IoT miała osiągnąć 301 miliardów dolarów.

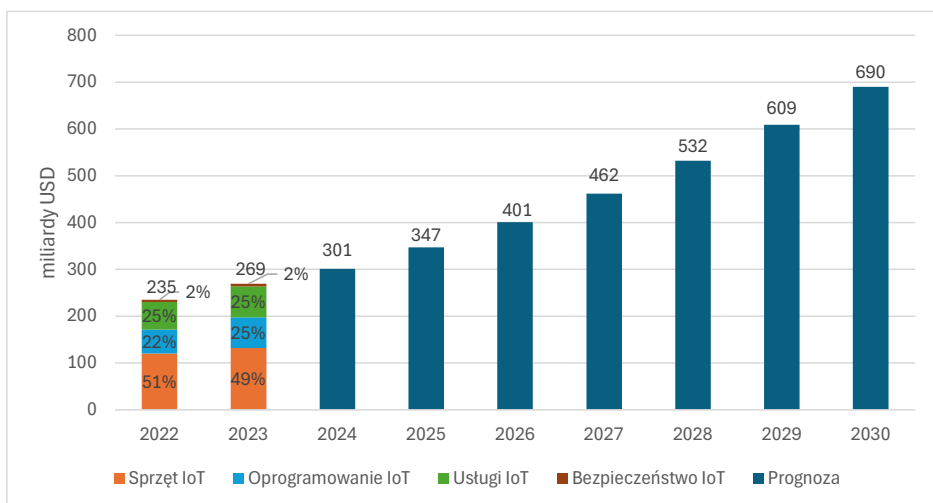
22 Technologie transformacji cyfrowej przedsiębiorstw produkcyjnych

Wydatki na IoT dla przedsiębiorstw wykazują oznaki odbudowy tempa wzrostu od 2025 roku, a prognozowana średnioroczna stopa wzrostu (CAGR) do 2030 roku wynosi 15%.



Wykres 1.1. Liczba podłączonych urządzeń IoT do 2023 roku i prognoza na lata 2024–2033 według Statista i IoT Analytics

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Sinha, 2024) i <https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/> (dostęp: 28.02.2025).



Wykres 1.2. Wydatki na korporacyjne technologie IoT

Źródło: <https://iot-analytics.com/iot-market-size> (dostęp: 28.02.2025).

Kontekst wykorzystania nowoczesnych technologii na terenie Polski – w tym IoT – pojawia się w badaniach przeprowadzonych na zlecenie Ministerstwa Cyfryzacji na przełomie 2022 i 2023 roku (Kargul i in., 2023; Baryła-Zapała i in., 2023). Dotyczyły one dojrzałości cyfrowej Spółek Skarbu Państwa oraz Małych i Średnich Przedsiębiorstw. W przypadku tych pierwszych 78,00% badanych spółek wykazywała już w swojej działalności przynajmniej jedno rozwiązanie, które można zaliczyć do grupy nowych technologii cyfrowych (np. SI, IoT, big data, itp.). Ponad połowa badanych podmiotów (55,00%) wskazała na obecnie prowadzone prace wdrożeniowe z zakresu nowych technologii cyfrowych. Natomiast 70,00% deklaruje gotowość i plany do rozpoczęcia takich działań. Z kolei w sektorze małych i średnich przedsiębiorstw inwestycje w technologie cyfrowe planuje 51,10% firm. Co druga badana firma deklaruje, że inwestycje te zrealizuje w ciągu najbliższych 12 miesięcy, a nieco ponad 40,00% w czasie nie dłuższym niż 3 lata. Co więcej rozwiązania związane z IoT już dziś wykorzystuje 22,50% małych i średnich przedsiębiorstw, a 14,40% planuje je wdrożyć w swojej firmie w ciągu kolejnych 3 lat.

Również Główny Urząd Statystyczny prowadzi regularnie badania określające poziom wykorzystania nowoczesnych technologii przez polskie przedsiębiorstwa i gospodarstwa domowe. W badaniu „Wykorzystanie zaawansowanych technologii w przemyśle w 2023 r.” (GUS, 2024b) przeprowadzono analizę wykorzystania zaawansowanych technologii zawężoną do przedsiębiorstw przemysłowych. Według GUS (Główny Urząd Statystyczny) przedsiębiorstwo korzystające z zaawansowanych technologii to takie, które w badanym okresie wykorzystywało przynajmniej jedną z zaawansowanych technologii objętych badaniem, tj. chmurę obliczeniową, IoT, analizy danych typu big data lub sztuczną inteligencję. W 2023 roku odsetek przedsiębiorstw przemysłowych korzystających z zaawansowanych technologii wyniósł 44,90%, z czego największy odsetek stanowiły przedsiębiorstwa należące do sekcji *Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną, gorącą wodę i powietrze do układów klimatyzacyjnych* (70,90%). Analizując wielkość przedsiębiorstwa, najczęściej podmiotów korzystających z zaawansowanych technologii stanowiły przedsiębiorstwa o liczbie pracujących powyżej 249 osób (94,20% przedsiębiorstw przemysłowych).

Przedsiębiorstwa przemysłowe korzystające z zaawansowanych technologii objętych badaniem wskazywały poszczególne cele, w jakich wykorzystywały dane technologie. Wśród podmiotów, które w swojej działalności korzystały z chmury obliczeniowej, najczęściej oczekiwanym efektem było podniesienie poziomu bezpieczeństwa systemów informatycznych firmy (44,00% przedsiębiorstw). Ponad połowa przedsiębiorstw wykorzystujących IoT, jako główny cel korzystania z tej technologii wskazała integrację procesów (np. produkcyjnych, magazynowych i logistycznych), a 48,80% – na podniesienie wydajności produkcji/procesu świadczenia usług. Przedsiębiorstwa korzystające ze sztucznej inteligencji najczęściej wykorzystywały ją w celu podniesienia wydajności produkcji/procesu świadczenia usług (46,00%) (GUS, 2024b). Całe zestawienie zostało przedstawione w tabeli 1.1.

24 Technologie transformacji cyfrowej przedsiębiorstw produkcyjnych

Tabela 1.1. Przedsiębiorstwa przemysłowe korzystające z wybranych zaawansowanych technologii w 2023 roku według celu ich wykorzystania (w % przedsiębiorstw korzystających z danej technologii)

Cele	Przedsiębiorstwa korzystające z		
	chmury obliczeniowej	internetu rzeczy	sztucznej inteligencji
Marketing, reklama	22,50	18,10	22,90
Skalowalność produkcji	8,20	19,40	16,60
Integracja procesów (np. produkcyjnych, magazynowych i logistycznych)	36,60	50,80	28,10
Podniesienie wydajności produkcji/procesu świadczenia usług	23,30	48,80	46,00
Podniesienie wydajności procesów projektowania i/lub symulacji komputerowych wyrobu/usługi	11,60	–	–
Podniesienie poziomu bezpieczeństwa systemów informatycznych firmy	44,00	30,20	19,30
Zwiększenie poziomu elastyczności w reagowaniu na potrzeby klientów	21,40	19,50	20,50
Generowanie nowych strumieni przychodów i nowych modeli biznesowych	5,30	5,80	14,40
Wymiana informacji bezpośrednio z odbiorcami produktów/usprawnienia procesu komunikacji z kontrahentami/klientami	38,30	18,10	6,80
Uzyskanie lepszej informacji na różnych poziomach organizacyjnych przedsiębiorstwa	–	28,80	6,90
Uzyskanie lepszej informacji na różnych poziomach organizacyjnych przedsiębiorstwa, możliwości śledzenia bieżącego stanu pracy	35,40	–	–
Możliwość śledzenia (w tym także szpiegowania) bieżącego stanu pracy wyrobu lub usługi	–	25,50	24,00
Wdrożenie nowych modeli serwisowych wyrobu i/lub usługi	–	10,50	–
Inne	9,00	4,90	10,20

Źródło: (GUS, 2024b).

Przedsiębiorstwa określiły również, jakie korzyści przyniosło im wykorzystanie zaawansowanych technologii. W przypadku podmiotów korzystających w swojej działalności z chmury obliczeniowej największą korzyścią z jej stosowania była poprawa bezpieczeństwa danych, na którą wskazało 72,20% przedsiębiorstw wykorzystujących chmurę obliczeniową. Podmioty korzystające z Internetu rzeczy jako najistotniejsze korzyści wynikające z jego wykorzystywania podawały skrócenie czasu produkcji/procesu świadczenia usług, redukcję czasów przestojów (61,50%) oraz zwiększenie produktywności (60,00%). Przedsiębiorstwa wykorzystujące analizy danych typu big data jako największe korzyści wskazywały na poprawę jakości wytworzonych produktów (76,50% firm przetwarzających takie dane) oraz na zwiększenie produktywności (76,00%). Poprawa jakości wytworzonych produktów była także bardzo istotna dla przedsiębiorstw wykorzystujących sztuczną inteligencję – wskazało na nią 51,00% z nich, jednak największą korzyścią dla firm stosujących tę technologię było zwiększenie produktywności, a odsetek takich przedsiębiorstw wyniósł 55,50% (GUS, 2024b). Całe zestawienie zostało przedstawione w tabeli 1.2.

Tabela 1.2. Przedsiębiorstwa przemysłowe korzystające z wybranych zaawansowanych technologii w 2023 roku według korzyści z ich wykorzystania (w % przedsiębiorstw korzystających z danej technologii)

Korzyści	Przedsiębiorstwa korzystające z			
	chmury obliczeniowej	internetu rzeczy	analiz danych typu big data	sztucznej inteligencji
Redukcja kosztów	28,90	52,00	68,50	47,30
Skrócenie czasu produkcji/procesu świadczenia usług, redukcja czasów przestojów	29,90	61,50	61,30	47,10
Zwiększenie produktywności	41,10	60,00	76,00	55,50
Poprawa jakości wytworzonych produktów	29,50	56,60	76,50	51,00
Poprawa bezpieczeństwa i higieny pracy	–	53,40	37,10	37,30
Wygenerowanie wartości dodanej	–	26,40	40,30	–
Poprawa bezpieczeństwa danych	72,20	–	–	–
Inne	4,00	1,10	5,00	2,60

Źródło: (GUS, 2024b).

W tabeli 1.3 przedstawiono wpływ wykorzystania zaawansowanych technologii przez przedsiębiorstwa produkcyjne na zmiany kadrowe.

Tabela 1.3. Przedsiębiorstwa przemysłowe, w których w 2023 roku w związku z wykorzystaniem wybranej zaawansowanej technologii zaszyły określone zmiany kadrowe (w % przedsiębiorstw korzystających z danej technologii)

Zmiany kadrowe	Przedsiębiorstwa korzystające z			
	chmury obliczeniowej	internetu rzeczy	analiz danych typu big data	sztucznej inteligencji
Redukcja liczby etatów w niektórych działach przedsiębiorstwa	2,00	3,70	5,00	5,40
Wzrost liczby etatów w niektórych działach przedsiębiorstwa	3,40	5,40	13,40	4,50
Zatrudnienie nowych, wysoko wykwalifikowanych specjalistów	3,80	5,20	7,50	4,70

Źródło: (GUS, 2024b).

Dane GUS wskazują na rosnące znaczenie IoT w polskim przemyśle oraz wśród gospodarstw domowych. Przedsiębiorstwa dostrzegają liczne korzyści płynące z wdrożenia IoT, takie jak zwiększenie efektywności operacyjnej, poprawa jakości produktów oraz bezpieczeństwa pracy. Jednocześnie badania wśród gospodarstw domowych pokazują rosnącą adaptację inteligentnych urządzeń, co świadczy o postępującej cyfryzacji społeczeństwa.

Według najnowszych raportów firmy Gartner IoT stanowi kluczowy element transformacji cyfrowej w przemyśle. Zastosowanie IoT pozwala na optymalizację operacji, poprawę doświadczeń klientów oraz wdrażanie innowacyjnych usług. Gartner (2024a, 2024b) przewiduje, że do 2025 roku ponad 50,00% przedsiębiorstw przemysłowych zdecyduje się na inwestycje w platformy Industrial IoT. Ich celem będzie usprawnienie procesów produkcyjnych, zarządzanie aktywami oraz zwiększenie efektywności operacyjnej.

Integracja IoT w przemyśle z technologiami sztucznej inteligencji staje się standardem. Ponad 80,00% wdrożeń IoT będzie zawierać elementy SI, co umożliwi bardziej zaawansowaną analizę danych i automatyzację procesów decyzyjnych. Umożliwi to predykcyjne utrzymanie ruchu w zakładach produkcyjnych, optymalizację zużycia energii oraz poprawę jakości produktów.

Jednym z kluczowych wyzwań związanych z IoT w przemyśle jest rosnące ryzyko cyberataków. Gartner szacuje, że do 2025 roku około 25,00% ataków na przedsiębiorstwa będzie dotyczyć urządzeń IoT. W związku z tym konieczne jest wdrażanie odpowiednich zabezpieczeń, takich jak segmentacja sieci, szyfrowanie danych oraz monitorowanie ruchu w czasie rzeczywistym.

W 2024 roku Gartner po raz kolejny umieścił firmę Software AG w gronie liderów w raporcie „Magic quadrant for global Industrial IoT platforms”. To potwierdza rosnące znaczenie zaawansowanych platform umożliwiających monitorowanie i zarządzanie infrastrukturą przemysłową na dużą skalę (Software AG, 2024).

Podsumowując, raporty Gartnera wskazują na dynamiczny rozwój IoT w sektorze przemysłowym. Kluczowe znaczenie ma integracja IoT z SI, zwiększenie nakładów na cyberbezpieczeństwo oraz implementacja zaawansowanych platform IIoT.

1.3. Chmura obliczeniowa jako element transformacji cyfrowej

1.3.1. Modele chmury obliczeniowej

Pojęcie chmury obliczeniowej (ang. *cloud computing*) zaczęło być szerzej stosowane pod koniec XX wieku wraz z rosnącą dostępnością internetu i usług mobilnych. Przechowywanie oraz przetwarzanie danych w chmurze stało się naturalnym elementem codziennego korzystania z technologii, szczególnie w kontekście serwisów społecznościowych i multimedialnych. Dynamiczny wzrost wolumenu danych w XXI wieku oraz potrzeba zapewnienia ciągłości działania usług przyczyniły się do intensywnego rozwoju branży IT opartej na modelach chmurowych.

Według NIST (National Institute of Standards and Technology) można ją określić jako sposób dostępu poprzez sieć komputerową do współdzielonych i łatwo konfigurowalnych zasobów obliczeniowych (sieci, serwerów, magazynów danych, aplikacji i usług), które na żądanie, dynamicznie mogą być przydzielane i zwalniane, przy równoczesnym minimalnym zaangażowaniu serwisów technicznych (Mell, Grance, 2011, s. 2–3).

Wymagania definiujące funkcjonowanie chmury obliczeniowej zostały opisane przez NIST i stanowią podstawę jej praktycznego wdrożenia. Do kluczowych cech tego modelu należą:

- **korzystanie ze współdzielonych pul zasobów** – infrastruktura obliczeniowa usługodawcy jest organizowana w dynamicznie konfigurowane pule, obejmujące elementy fizyczne i wirtualne, z których jednocześnie korzysta wielu użytkowników. Klient nie ma wiedzy o fizycznej lokalizacji danych i usług, co zapewnia tzw. niezależność miejsca ich przechowywania;
- **automatyzacja alokacji i wdrażania usług** – przydzielanie zasobów, takich jak moc obliczeniowa czy przestrzeń dyskowa, odbywa się samodzielnie przez użytkownika, bez konieczności angażowania wsparcia technicznego;

- **elastyczność i skalowalność** – system umożliwia szybkie dostosowanie zasobów do zmieniających się potrzeb, zarówno w zakresie zwiększania, jak i ograniczania mocy obliczeniowej czy pamięci masowej;
- **szeroka dostępność sieciowa** – usługi chmurowe są dostępne poprzez standardowe protokoły sieciowe z wykorzystaniem różnorodnych urządzeń końcowych, takich jak smartfony, tablety, komputery przenośne czy stacje robocze;
- **adaptacja parametrów pracy systemów** – konfiguracja środowiska może być dostosowana do bieżących wymagań użytkowników w ramach dostępnych zasobów sprzętowych;
- **monitorowanie i kontrola** – platforma chmurowa udostępnia mechanizmy obserwacji i raportowania, pozwalające na śledzenie wydajności i optymalizację wykorzystania usług zarówno przez dostawcę, jak i klienta (Mell, Grance, 2011, s. 2–3).

Sposób udostępniania zasobów w chmurze zależy od przyjętego modelu jej realizacji. Zgodnie z definicją NIST wyróżnia się trzy podstawowe podejścia:

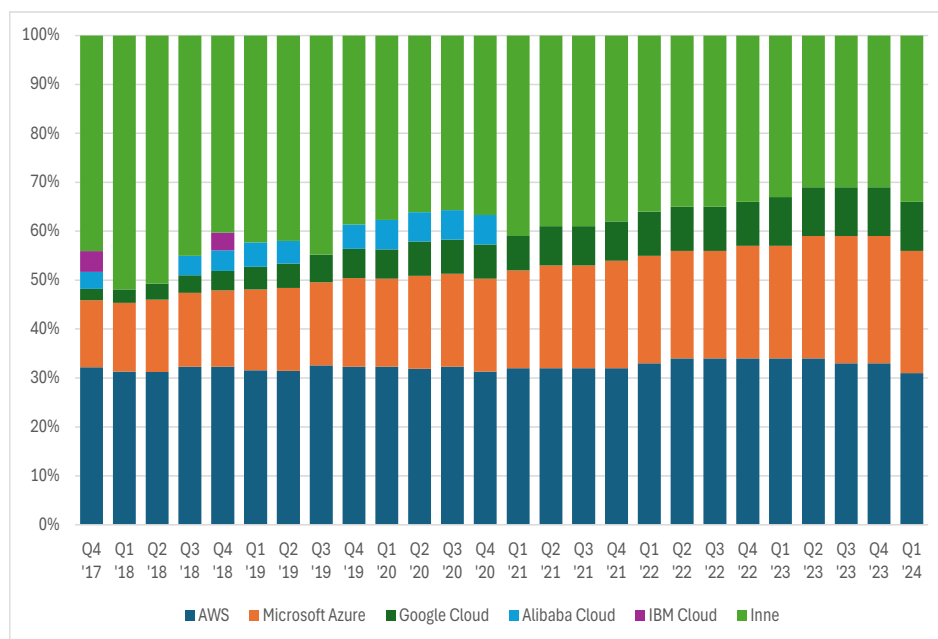
- **oprogramowanie jako usługa** (ang. *Software as a Service, SaaS*) – w tym wariantcie dostawca udostępnia użytkownikowi gotowe aplikacje, które można wykorzystać bez konieczności znajomości infrastruktury sprzętowej czy systemowej. Klienta interesuje wyłącznie funkcjonalność oprogramowania, a konfiguracja po jego stronie ogranicza się zazwyczaj do podstawowych ustawień początkowych. Model ten cieszy się największą popularnością wśród użytkowników indywidualnych, ale stanowi również atrakcyjne rozwiązanie dla małych firm, które chcą uniknąć kosztów zakupu i utrzymania własnych serwerów oraz systemów;
- **platforma jako usługa** (ang. *Platform as a Service, PaaS*) – dostawca udostępnia środowisko programistyczne, obejmujące zestaw aplikacji i narzędzi zintegrowanych w ramach spójnego interfejsu. Dostęp zazwyczaj realizowany jest poprzez przeglądarkę internetową, co umożliwia korzystanie z platformy na różnych urządzeniach i systemach. PaaS ułatwia tworzenie, testowanie i rozwijanie aplikacji, a także pozwala na budowanie rozwiązań skalowalnych w oparciu o infrastrukturę usługodawcy;
- **infrastruktura jako usługa** (ang. *Infrastructure as a Service, IaaS*) – ten model koncentruje się na udostępnianiu zasobów sprzętowych wraz z oprogramowaniem systemowym i usługami administracyjnymi. Klient może w nim instalować własne aplikacje, a odpowiedzialność za zarządzanie środowiskiem może być podzielona pomiędzy niego i dostawcę. Choć istnieją możliwości tworzenia prywatnych infrastruktur chmurowych, dominującą rolę w tym obszarze odgrywają publiczni dostawcy IaaS (Mell, Grance, 2011, s. 2–3).

W punkcie 1.3.8 zostanie szczegółowo przedstawiony jeszcze jeden sposób udostępniania zasobów w ramach chmury obliczeniowej – sprzęt jako usługa (ang. *Hardware as a Service, HaaS*).

1.3.2. Usługi chmury obliczeniowej na przykładzie scenariusza przetwarzania obrazu w inteligentnej fabryce

Obecnie oferowane usługi teleinformatyczne charakteryzują się dużą złożonością i często składają się z wielu współpracujących ze sobą komponentów. Wynika to z jednej strony z rosnącej popularności platform chmurowych typu PaaS, umożliwiających budowę kompletnych systemów z gotowych modułów, a z drugiej – z upowszechnienia nowoczesnych podejść do architektury oprogramowania, takich jak mikroserwisy, które zapewniają wysoką skalowalność, elastyczność i dostępność usług.

Ze względu na tę złożoność autorzy zdecydowali się zaprezentować wybrane rozwiązania w kontekście przykładowej architektury, przedstawionej w formie zaprojektowanego scenariusza dostarczającego rozwiązanie SI w fabryce. Usługi tworzone w modelu PaaS mogą być wdrażane przy użyciu szerokiej gamy platform oferowanych przez różnych dostawców, z których większość zapewnia zbliżony zestaw funkcjonalności – takich jak bazy danych, usługi komunikacyjne, narzędzia monitorujące czy rozwiązania bezpieczeństwa. Opisywane scenariusze można więc zaadaptować do różnych środowisk chmurowych, z uwzględnieniem różnic w nazewnictwie produktów i implementacyjnych detalach.



Wykres 1.3. Udział w rynku platform chmurowych
Źródło: (Vailshery, 2024b).

Na wykresie 1.3 przedstawiono udział rynkowy największych dostawców platform PaaS. Dominującą pozycję zajmują Amazon Web Services (AWS) oraz Microsoft Azure. Inni dostawcy, tacy jak Google, IBM, Oracle czy VMware, odgrywają mniejszą rolę w tym segmencie rynku. W dalszej części opracowania autorzy koncentrują się na opisywaniu zagadnienia z wykorzystaniem usług platformy Microsoft Azure.

Jednym z opisanych przypadków jest scenariusz zastosowania sztucznej inteligencji w środowisku produkcyjnym. W pełni zautomatyzowane „inteligentne fabryki” (ang. *smart factories*) wykorzystują techniki sztucznej inteligencji oraz uczenia maszynowego do analizy danych, utrzymania systemów oraz optymalizacji procesów przemysłowych. W scenariuszu są wykorzystywane różne metody dostarczania zasobów obliczeniowych, przy czym ważne jest zaznaczenie, że mogą być one uruchamiane bezpośrednio w chmurze obliczeniowej, czyli na serwerach zlokalizowanych w jednym z centrów danych, lub „na brzegu” – czyli blisko źródła danych (np. w fabryce, magazynie, szpitalu, na skrzyżowaniu ulic).

W zaprezentowanym przykładzie kluczową rolę odgrywa zautomatyzowana analiza obrazu realizowana bezpośrednio na taśmie produkcyjnej. Kamery – różniące się typem i zakresem widma (światło widzialne, ultrafioletowe, podczerwone) – przesyłają obrazy do urządzenia brzegowego IoT (ang. *IoT edge device*), na którym uruchomiony jest wyspecjalizowany model ML do analizy wizualnej.

Model ten przetwarza dane w czasie rzeczywistym, identyfikuje incydenty i przekazuje wyniki wnioskowania do innych urządzeń brzegowych lub do chmury obliczeniowej w celu dalszej analizy. Istotnym elementem tego procesu pozostaje udział człowieka – odpowiedzialnego za trenowanie i doskonalenie modelu, co ma kluczowe znaczenie dla jego skuteczności i poziomu „inteligencji”.

Niezależnie od celu konkretnego zadania, za które odpowiada model uczenia maszynowego, cały proces jego utrzymywania ma charakter cykliczny – składa się z powtarzających się etapów trenowania (ang. *training*), testowania (ang. *testing*), dostrajania (ang. *tuning*) i weryfikowania (ang. *validating*) algorytmu uczenia maszynowego.

Proces produkcyjny może być wzbogacony poprzez wykorzystanie systemów wizyjnych IoT (ang. *IoT computer vision*) na różne sposoby. Opisywany scenariusz może wykorzystywać zautomatyzowane systemy wizyjne, np.:

- wykrywając skazy i defekty produktów, takie jak rysy, uszkodzenia czy nierówności powierzchni;
- zapewniając zgodność finalnego produktu z normami produkcyjnymi i wytycznymi, np. w zakresie właściwego opakowania czy etykietowania;
- zwiększając bezpieczeństwo poprzez ciągłe i automatyczne monitorowanie obszarów fabryki oraz kontroli wejść;
- dbając o bezpieczeństwo pracowników, np. wykrywając brak niezbędnego wyposażenia ochronnego lub nieprzestrzeganie zasad BHP, takich jak przebywanie w niedozwolonych *miejscach podczas pracy maszyn*.

W opisywanym scenariuszu przedstawiono mechanizm wykorzystujący jedynie system wizyjny. Jednak w inteligentnych fabrykach mogą być oczywiście

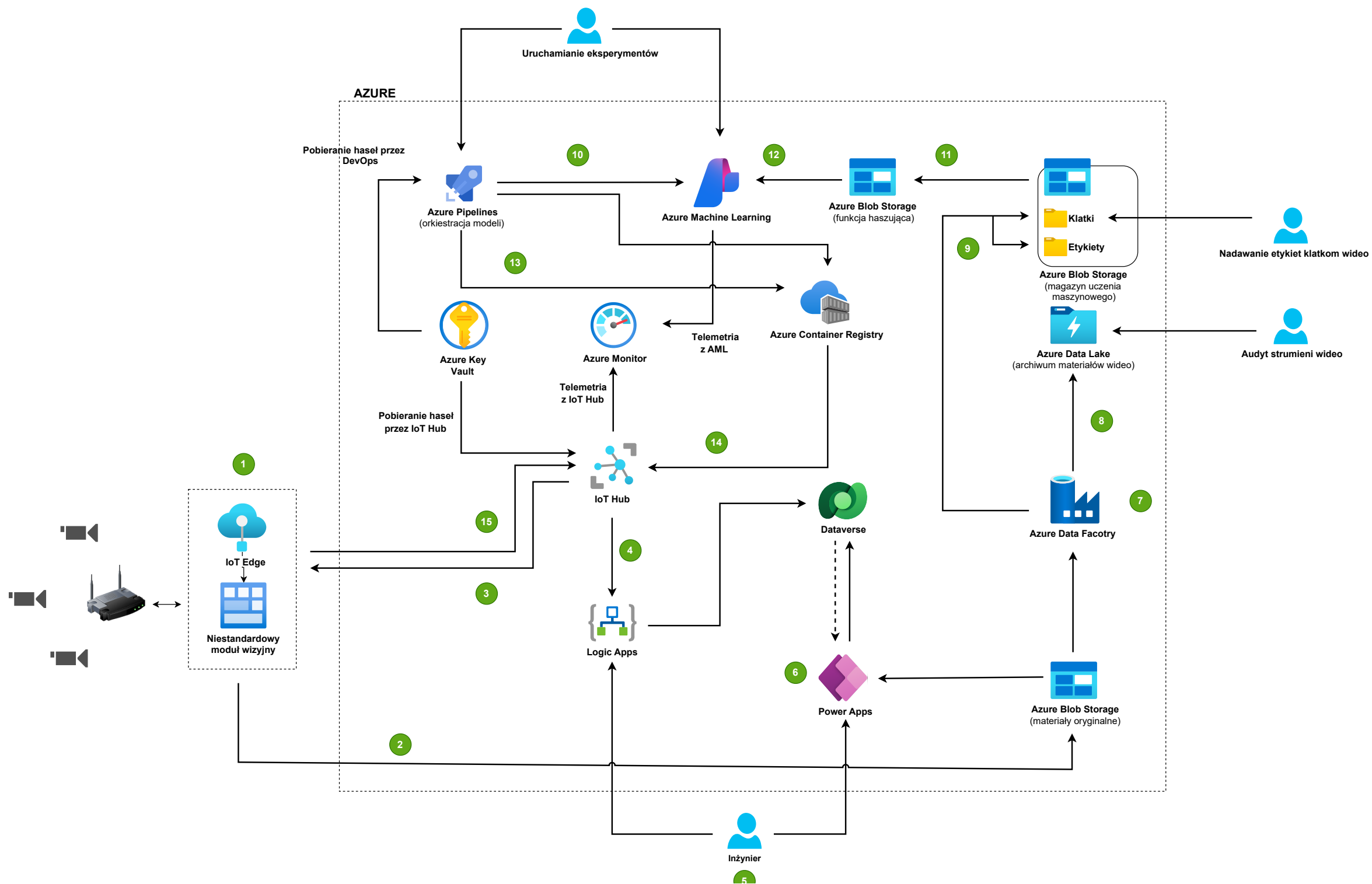
stosowane również inne sensory oraz modele uczenia maszynowego, które umożliwią realizację szerokiego zakresu zadań. Opisywany scenariusz ma dać pełny obraz obiegu danych i procesów zaangażowanych w funkcjonowanie rozwiązania. W punktach 1.3.3–1.3.7 zostaną przedstawione szczegóły konfiguracji usług i potencjalne warianty decyzyjne związane z dostarczaniem zadań obliczeniowych bliżej źródła danych. W podrozdziale 1.4 zostaną zaprezentowane przykłady sensorów i urządzeń, które odpowiadają za ich funkcjonowanie.

Za funkcjonowanie opisywanego scenariusza na rysunku 1.4 odpowiada kilka nacięć komponentów. Są to usługi o różnym stopniu skomplikowania, elastyczności konfiguracyjnej (kastomizacji) i skalowalności.

- **Brzegowe IoT** (ang. *Azure IoT Edge*) – usługa wykorzystująca urządzenia IoT do lokalnej analizy danych na specjalnych urządzeniach wyposażonych w sensory bezpośrednio w miejscu ich zbierania. Ogranicza to konieczność przesyłania dużych ilości danych do chmury obliczeniowej. Przeniesienie procesu analitycznego i decyzyjnego na urządzenia IoT pozwala na szybsze podejmowanie decyzji oraz reagowanie na zdarzenia, nawet w warunkach słabego połączenia sieciowego. Przykładowo: brzegowe IoT może analizować strumień wideo i generować sygnały decyzyjne.
- **Centrum IoT** (ang. *Azure IoT Hub*) – usługa zapewniająca bezpieczną i niezawodną dwukierunkową komunikację między urządzeniami IoT a zapleczem obliczeniowym w chmurze. Centrum IoT to skalowalna usługa, która może obsłużyć od kilku do milionów zarejestrowanych urządzeń. Pełni rolę bramy pomiędzy światem urządzeń IoT a chmurą obliczeniową, umożliwiając efektywne i bezpieczne zarządzanie danymi z sensorów. Zapewnia mechanizmy uwierzytelniania, konfiguracji urządzeń oraz przesyłania danych do odpowiednich usług w chmurze.
- **Środowisko aplikacyjne Azure Logic Apps** – usługa umożliwiająca tworzenie i uruchamianie aplikacji w ekosystemie chmury Azure. Jest to rozwiązanie bezserwerowe, które eliminuje konieczność konfiguracji infrastruktury i pozwala na szybkie wdrażanie aplikacji. Umożliwia projektowanie zautomatyzowanych przepływów pracy (ang. *workflow*), które integrują dane, aplikacje i usługi. Dzięki szerokiej gamie konektorów do usług Azure, rozwiązań on-premise oraz aplikacji firm trzecich użytkownicy mogą tworzyć zaawansowane przepływy danych w środowisku graficznym low-code. W opisywanym scenariuszu aplikacja stworzona w Azure Logic Apps odpowiada za wysyłanie powiadomień o incydentach do inżynierów za pomocą wiadomości SMS i e-mail.
- **Aplikacje Power Apps** – środowisko do szybkiego tworzenia aplikacji webowych i mobilnych, obejmujące platformę danych Dataverse oraz zestaw usług i konektorów. W opisywanym scenariuszu aplikacja Power Apps służy jako interfejs dostępny na urządzeniach mobilnych, umożliwiający wymianę danych o incydencie między inżynierem a systemem.
- **Dataverse** – chmurowa platforma danych dla aplikacji Power Apps. Wszelkie dane wykorzystywane przez użytkowników systemu, takie jak metadane

incydentów, komentarze inżynierów, powiadomienia i adnotacje, są przechowywane w Dataverse.

- **Magazyn danych Azure Blob Storage** – wysoce skalowalny magazyn do przechowywania nieustrukturyzowanych danych. Może pełnić różne role, np. jako archiwum danych, repozytorium dla uczenia maszynowego czy wsparcie dla obliczeń o wysokiej wydajności (ang. *high performance computing*, HPC). W opisywanym scenariuszu magazyn Azure Blob Storage jest wykorzystywany do etykietowania materiałów wideo pochodzących z kamer. Ze względu na wysokie wymagania wydajnościowe, zastosowano wersję Premium.
- **Magazyn Azure Data Lake Storage** – magazyn danych zoptymalizowany pod kątem zadań analitycznych o wysokich wymaganiach wydajnościowych. Choć droższy niż Azure Blob Storage, oferuje większą elastyczność konfiguracji i obsługę różnych typów danych (ustrukturyzowanych, częściowo ustrukturyzowanych i nieustrukturyzowanych). W opisywanym scenariuszu jest wykorzystywany jako centralne repozytorium metadanych oraz oryginalnych materiałów wideo. Obsługuje natywne formaty plików, umożliwiając dostęp klientom poprzez ich systemy operacyjne np. jako zmapowany dysk sieciowy.
- **Azure Data Factory (ADF)** – usługa transferu i transformacji danych. W przeciwieństwie do innych usług tego typu, ADF jest rozwiązaniem hybrydowym, które może współpracować zarówno z danymi on-premise, jak i w chmurze. Środowisko ADF umożliwia graficzne projektowanie potoków danych obejmujących procesy ETL (ang. *extract, transform, load*). W opisywanym scenariuszu ADF odpowiada za automatyczne rozbijanie materiałów wideo na klatki, przypisywanie metadanych, wstępne etykietowanie danych oraz organizację plików na potrzeby trenowania modeli uczenia maszynowego.
- **Azure Machine Learning** – usługa umożliwiająca projektowanie i wdrażanie modeli uczenia maszynowego. Oferuje zarówno gotowe rozwiązania SI (np. rozpoznawanie obrazu i mowy), jak i narzędzia dla zaawansowanych użytkowników. Pozwala na automatyczne generowanie modeli ML, a także ręczne projektowanie potoków uczenia maszynowego w środowisku graficznym lub poprzez kod w Jupyter Notebooks. Azure Machine Learning zarządza również zasobami obliczeniowymi wykorzystywanymi do trenowania i wdrażania modeli.
- **Azure Pipelines** – komponent usługi Azure DevOps umożliwiający tworzenie potoków CI/CD (ciągłej integracji i dostarczania). Jest wykorzystywany w projektach o dużej dynamice, gdzie kluczowe jest automatyczne testowanie, monitorowanie i wdrażanie zmian. W kontekście uczenia maszynowego Azure Pipelines wspiera procesy dostarczania nowych próbek treningowych, kompilowania i walidacji modeli oraz generowania skonteneryzowanych obrazów ML gotowych do wdrożenia.



Rysunek 1.4. Przetwarzanie obrazu na brzegu
Źródło: opracowanie własne na podstawie Azure Machine Learning Studio.

- **Rejestr kontenerów** (ang. *Azure Container Registry*) – zarządzalne repozytorium kontenerów Docker, w którym przechowywane są skonteneryzowane obrazy modeli uczenia maszynowego.
- **Azure Monitor** – usługa zbierająca dane telemetryczne z zasobów Azure. Umożliwia monitorowanie wydajności systemu, identyfikację wąskich gardeł oraz optymalizację skalowania infrastruktury.

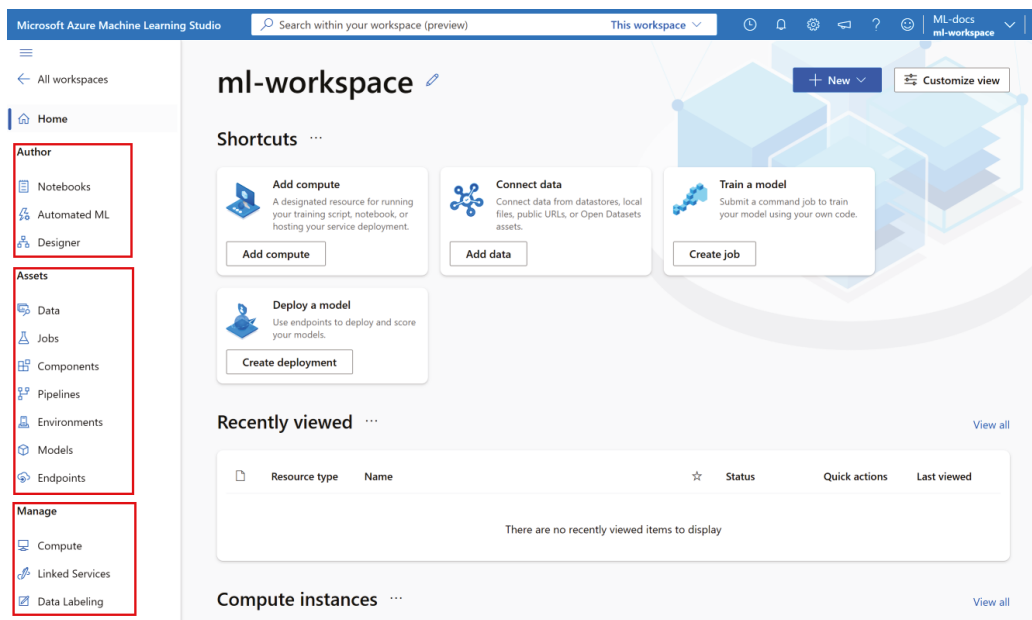
Schemat komponentów oraz cykl życia procesu związanego z przepływem danych i czynnościami wykonywanymi na każdym etapie, które również są przedstawione na rysunku 1.4. Załóżmy, że głównym zadaniem opisanego rozwiązania jest automatyczne wykrywanie skaz produktu na taśmie produkcyjnej. Każdy punkt odpowiada odpowiedniemu etapowi przedstawionemu na rysunku.

1. Do brzegowego urządzenia IoT podłączona jest kamera, która w czasie rzeczywistym przechwytuje obraz z taśmy produkcyjnej, rozkłada go na poszczególne klatki i przesyła do modułu wnioskowania uczenia maszynowego w urządzeniu IoT. Model uczenia maszynowego analizuje przesłane zdjęcia, identyfikuje obiekt produktu i szacuje prawdopodobieństwo wystąpienia incydentu (np. skazy na powierzchni produktu).
2. Brzegowe urządzenie IoT wykorzystuje również SDK (ang. *software development kit*) mechanizmów magazynowania Azure lub API (ang. *Application Programming Interface*) magazynu obiektów, czyli Azure BLOB (ang. *binary large object*), do przesyłania oryginalnych plików wideo z kamer do chmury (w tym przypadku do usługi Azure Storage). Rolą tego magazynu jest przechowywanie „surowych danych”. Nie musi on oferować szerokiego zakresu funkcjonalności klienckich – powinien być szybki, niezawodny i tani.
3. W przypadku wykrycia incydentu brzegowy moduł IoT wysyła rezultaty wnioskowania modelu ML oraz inne metadane (np. numer kamery, nazwę oryginalnego strumienia wideo, datę i czas wystąpienia incydentu, numer produktu, analizowane zdjęcie) do chmurowego centrum IoT. Centrum IoT pełni rolę komponentu umożliwiającego podłączenie urządzeń IoT do chmury oraz zapewnia dwukierunkową komunikację między zasobami. Dane o incydencie są umieszczane w kolejce usługi.
4. Kolejki centrum IoT mogą być monitorowane przez różne komponenty w celu reakcji na pojawiające się informacje o incydencie. W opisywanym przypadku usługą monitorującą kolejkę jest instancja aplikacji *Logic Apps*. Po pojawieniu się informacji o incydencie aplikacja pobiera zdarzenie z kolejki i przesyła dane do usługi Microsoft Dataverse.
5. Ta sama aplikacja powiadamia inżyniera fabryki odpowiedzialnego za proces produkcyjny o incydencie. Powiadomienie może być realizowane za pomocą wiadomości SMS oraz e-mail. Inżynier dokonuje inspekcji produktu i przy pomocy aplikacji mobilnej opartej na Power Apps aktualizuje dane dotyczące incydentu. Aplikacja łączy dane o incydencie z oryginalnym materiałem wideo przechowywanym w magazynie blokowym. W ten sposób

- inżynier ma pełny obraz sytuacji – może porównać dane o incydencie przesłane z urządzenia IoT ze stanem faktycznym i potwierdzić wadliwość produktu lub zaklasyfikować incydent jako fałszywy alarm (ang. *false positive*).
6. Aplikacja Power Apps aktualizuje dane o incydencie w usłudze Dataverse, dołączając informacje przekazane przez inżyniera w punkcie piątym. Rola człowieka na tym etapie jest kluczowa w ciągłym procesie walidacji i ulepszania modelu ML.
 7. Każda informacja o incydencie i jego rozwiązaniu jest istotna dla jakości modelu ML. Na tym etapie kontynuowany jest proces przygotowywania danych do trenowania modelu. Powiązane z incydem fragmenty oryginalnego materiału wideo są przygotowywane do dalszej obróbki. W opisywanym scenariuszu odpowiada za to uniwersalna usługa ETL w ADF.
 8. Usługa ADF przesyła fragmenty oryginalnego materiału wideo związane z incydem z pierwszego magazynu obiektowego oraz metadane z Dataverse do magazynu Azure Data Lake, który pełni funkcję archiwum incydentów. Ten magazyn musi zapewniać większą funkcjonalność kliencką i elastyczniejszą kontrolę dostępu.
 9. Usługa ADF dzieli oryginalny materiał wideo na poszczególne klatki, ekstrahuje etykiety z rezultatów wnioskowania ML i umieszcza je w drugim magazynie obiektowym, który będzie wykorzystywany jako główny magazyn do trenowania modeli uczenia maszynowego.
 10. Zmiany w kodzie modelu ML powodują automatyczne uruchomienie potoku orkiestracji modelu w usłudze Azure Pipelines. Dodatkowo uruchamiany jest proces trenowania i walidacji modelu w Azure Machine Learning.
 11. Usługa Azure Machine Learning rozpoczyna proces trenowania modelu, weryfikując dane w drugim magazynie obiektowym. Nowe klatki wraz z etykietami są przesyłane do szybszego magazynu Azure Premium Blob Storage, który zapewnia odpowiedni poziom buforowania danych dla efektywnego trenowania modelu.
 12. Usługa Azure Machine Learning wykorzystuje zestaw danych (ang. *dataset*) w buforze Azure Premium Blob Storage do trenowania modelu, oceny jego efektywności i walidacji nowej wersji. Nowa wersja modelu jest umieszczana w rejestrze modeli Azure Machine Learning registry.
 13. Orkiestrator Azure Pipelines ocenia wydajność nowej wersji modelu i weryfikuje, czy jest ona lepsza od poprzednich. Jeśli nowa wersja modelu okazuje się lepsza, usługa pobiera ją z rejestru i przeprowadza proces kompilacji modułu wnioskowania ML. Następnie moduł jest publikowany w rejestrze.
 14. Kiedy nowy moduł wnioskowania jest gotowy, orkiestrator wdraża kontener z modułem do IoT Edge w centrum IoT.
 15. Centrum IoT aktualizuje moduły wnioskowania zarejestrowanych urządzeń IoT. W prezentowanym scenariuszu istotną rolę pełnią również ludzie. Dla jakości rozwiązania pojawiają się w wielu kluczowych etapach opisywanego cyklu.

Jakie role występują w zaprojektowanym scenariuszu?

- **Inżynier w fabryce** (ang. *site engineer*) – otrzymuje powiadomienie o incydencie za pośrednictwem wiadomości SMS oraz e-maila wysyłanego przez aplikację (punkt piąty). Następnie dokonuje inspekcji komponentu lub sytuacji, która wywołała incydent (np. system zaklasyfikował produkt na taśmie jako wadliwy), weryfikując poprawność decyzji modelu predykcyjnego ML. Za pomocą aplikacji mobilnej aktualizuje dane dotyczące incydentu, sprawdza wynik klasyfikacji zwrócony przez model (z jakim prawdopodobieństwem produkt został oznaczony jako „wadliwy”), porównuje zdjęcie wykonane przez kamerę z rzeczywistym stanem produktu. W przypadku poprawnej klasyfikacji potwierdza trafność predykcji w aplikacji. Jeśli jednak produkt okaże się nieuszkodzony, oznacza incydent jako błędnie sklasyfikowany i uzupełnia dokumentację o niezbędny opis, czyli możliwą przyczynę błędu modelu, np. chwilowe problemy z oświetleniem, nieprawidłowe ułożenie produktu na taśmie, zabrudzenie obiektywu kamery.
- **Osoby etykietujące dane** (ang. *data labelers*) – w przypadku modeli uczenia maszynowego klasyfikujących obiekty zestawy danych muszą być odpowiednio oznaczone, co nazywa się procesem etykietowania. W opisywanym scenariuszu pracownicy odpowiedzialni za etykietowanie przypisują do zdjęć produktów etykietę „uszkodzony” i ustawiają jej wartość na „tak” lub „nie”. Proces ten jest kluczowy dla poprawnego działania modelu ML, zwłaszcza w przypadku klasyfikacji obrazów. W omawianym przypadku usługa ETL Azure Data Factory automatycznie dzieli ramki incydentów na te faktycznie uszkodzone oraz błędnie sklasyfikowane jako uszkodzone. Taki wstępny podział ułatwia pracę etykietującym.
- **Naukowiec zajmujący się danymi** (ang. *data scientist*) – wykorzystuje zestawy danych z etykietami do projektowania zadań uczenia maszynowego. Do biera odpowiednie algorytmy i konfiguruje ich parametry, aby wytrenować skuteczny model predykcyjny. Model ten będzie następnie wykorzystywany do predykcji w czasie rzeczywistym. Proces projektowania, trenowania, walidacji i wdrażania modelu predykcyjnego jest złożony, dlatego naukowcy danych korzystają z dedykowanych narzędzi na każdym etapie pracy. W tym przypadku do projektowania i optymalizacji modelu wykorzystywane jest środowisko Azure Machine Learning Studio przedstawione na rysunku 1.5.
- **Inżynierowie IoT** – odpowiadają za zarządzanie infrastrukturą urządzeń brzegowych IoT. Ich zadania obejmują przygotowanie modeli do wdrożenia na tych urządzeniach, co w opisywanym przypadku sprowadza się do konteneryzacji modeli, publikowania ich w rejestrze oraz dystrybucji do odpowiednich urządzeń. Proces ten zostanie dokładniej opisany w kolejnym rozdziale.
- **Audytorzy** – weryfikują zarchiwizowane strumienie wideo pod kątem niespodziewanych anomalii oraz zgodności zgromadzonych materiałów z obowiązującymi regulacjami organizacyjnymi. Odpowiadają także za rozstrzyganie wątpliwości dotyczących wydajności modelu oraz interpretację jego wyników w przypadku pojawienia się niejednoznacznych sytuacji.



Rysunek 1.5. Azure Machine Learning workspace

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://ml.azure.com/> (dostęp: 28.02.2025).

Proces utrzymywania i udoskonalania modeli ML jest ciągły. W cyklu życia opisywanego systemu nieustannie pojawiają się nowe incydenty, które są opisywane, etykietowane i wzbogacają magazyn zestawów danych wykorzystywanych do trenowania modeli. Zadania związane z przygotowywaniem nowych wersji modeli (trenowanie i walidacja) mogą zostać zautomatyzowane za pomocą narzędzi, takich jak MLOps w GitHub Actions lub Azure Pipelines.

W całym scenariuszu można wyróżnić dwa kluczowe obszary operacyjne istotne dla poprawnego działania systemu.

- **Operacje IoT** – model uczenia maszynowego na urządzeniach brzegowych jest wykorzystywany do wnioskowania na podstawie obrazów pobieranych w czasie rzeczywistym z kamer podłączonych do urządzeń IoT. Urządzenia brzegowe przesyłają również oryginalny strumień wideo z kamer do magazynu w chmurze w celach archiwalnych i audytorskich. W ramach operacji IoT realizowane są także zadania związane z aktualizacją oprogramowania na urządzeniach oraz wdrażaniem kontenerów z nowymi wersjami modeli uczenia maszynowego.
- **Operacje MLOps** – proces tworzenia, doskonalenia i dystrybucji modeli jest porównywalny z procesem tworzenia oprogramowania, zarządzanym zgodnie z metodykami zwinnymi. MLOps wykorzystuje praktyki DevOps do orkiestracji operacji trenowania, walidacji i publikowania modeli. Zarządzanie cyklem życia modeli ML pozwala na automatyzację wdrażania zaawansowanych modeli decyzyjnych w środowisku produkcyjnym. Kluczowym

zadaniem MLOps jest ścisła koordynacja pracy zarówno wewnątrz zespołów, jak i pomiędzy nimi, obejmując projektowanie, trenowanie, walidację oraz dystrybucję modeli.

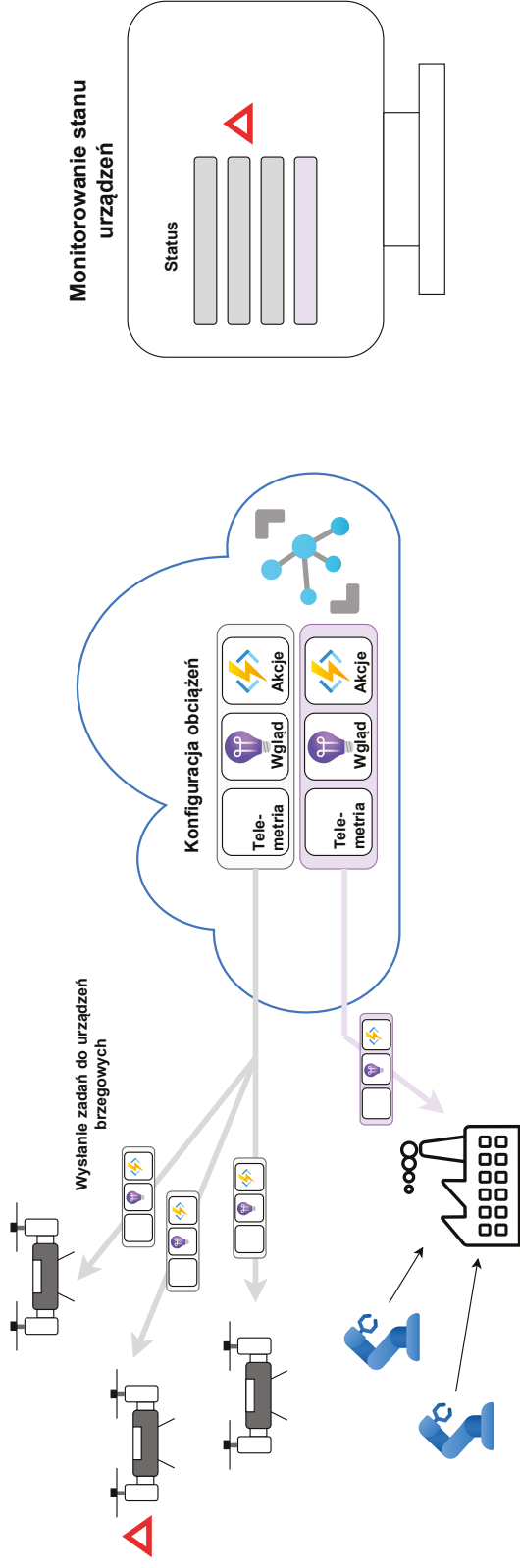
1.3.3. Architektura środowiska Azure IoT Edge

Azure IoT Edge stanowi kluczowy komponent Azure IoT Hub, umożliwiający rozwijanie i zarządzanie rozwiązaniami IoT za pomocą zasobów chmurowych. Poprzez umieszczanie logiki operacyjnej w ustandaryzowanych kontenerach oraz wykorzystywanie opcjonalnych, gotowych obrazów modułów IoT Edge pochodzących od partnerów lub z Microsoft Artifact Registry można efektywnie budować, wdrażać i utrzymywać swoje rozwiązanie.

Z jakich trzech głównych komponentów składa się architektura Azure IoT Edge?

- Moduł IoT Edge to izolowane środowiska wykonawcze implementowane w postaci kontenerów Dockera uruchamiające usługi Azure, aplikacje firm trzecich lub własny kod. Moduły te są wdrażane na urządzeniach IoT Edge i realizują operacje lokalnie. Na jednym urządzeniu można zaimplementować wiele modułów i skonfigurować komunikację między nimi tak, aby utworzyć potok przetwarzania danych składający się z wielu niezależnych komponentów.
- Środowisko uruchomieniowe IoT Edge działa na każdym urządzeniu IoT Edge i odpowiada za zarządzanie przypisanymi do niego modułami. Środowisko uruchomieniowe jest odpowiedzialne za wykonywanie następujących czynności:
 - instalację i aktualizację obciążeń na urządzeniu;
 - utrzymywanie standardów bezpieczeństwa Azure IoT Edge;
 - zapewnienie ciągłego działania modułów IoT Edge;
 - zgłaszanie stanu modułów do chmury w celu zdalnego monitorowania;
 - zarządzanie komunikacją między urządzeniami podrzędnymi a urządzeniem IoT Edge, między modułami na jednym urządzeniu oraz między urządzeniem IoT Edge a chmurą.
- Interfejs oparty na chmurze umożliwia zdalne monitorowanie i administrację urządzeniami brzegowymi. Architektury IoT mogą składać się z bardzo dużej liczby urządzeń (sięgającej milionów), do tego rozproszonych geograficznie i dostarczonych przez różnych producentów. Zarządzanie funkcjonowaniem takiego ekosystemu musi być wsparte odpowiednimi narzędziami. Centrala IoT (ang. *Azure IoT Central*) zapewnia możliwość wykonywania z jednego panelu wszelkich niezbędnych operacji dotyczących obsługi nawet milionów urządzeń.

Uproszczony schemat architektury IoT Edge została zaprezentowana na rysunku 1.6.



Rysunek 1.6. Uproszczona architektura IoT Edge

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/iot-edge/about-iot-edge?view=iotedge-1.4> (dostęp: 28.02.2025).

Obowiązki środowiska wykonawczego IoT Edge można podzielić na dwie kategorie: komunikację i administrację modułami. Te dwie funkcje są wykonywane przez dwa komponenty zintegrowane z frameworkiem wykonawczym IoT Edge. Agent IoT Edge ma za zadanie wdrażanie i nadzór nad modułami, podczas gdy IoT Edge Hub odpowiada za ułatwianie komunikacji.

Zarówno agent IoT Edge, jak i IoT Edge Hub są klasyfikowane jako moduły, analogiczne do każdego innego modułu działającego na urządzeniu IoT Edge. Czasami są one oznaczane jako moduły wykonawcze.

Inicjacja agenta IoT Edge jest wykonywana przez demon bezpieczeństwa IoT Edge po uruchomieniu urządzenia. Agent przystępuje do pobierania swojego modułu bliźniaka z IoT Hub, a następnie weryfikuje manifest wdrożenia. Manifest wdrożenia jest reprezentowany jako plik JSON (ang. *JavaScript Object Notation*), który określa moduły mające zostać aktywowane na urządzeniu.

Każdy wpis w manifestcie wdrażania zawiera odrębne informacje dotyczące modułu i jest wykorzystywany przez agenta IoT Edge do zarządzania cyklem życia tego modułu. Agent jest również niezwykle istotny z punktu widzenia bezpieczeństwa urządzenia, ponieważ jest odpowiedzialny również za weryfikację obrazu każdego modułu przed jego uruchomieniem.

Agent IoT Edge na różnym etapie cyklu życia urządzenia przesyła odpowiednie odpowiedzi wykonawcze do IoT Hub. Poniżej znajduje się kompendium potencjalnych odpowiedzi:

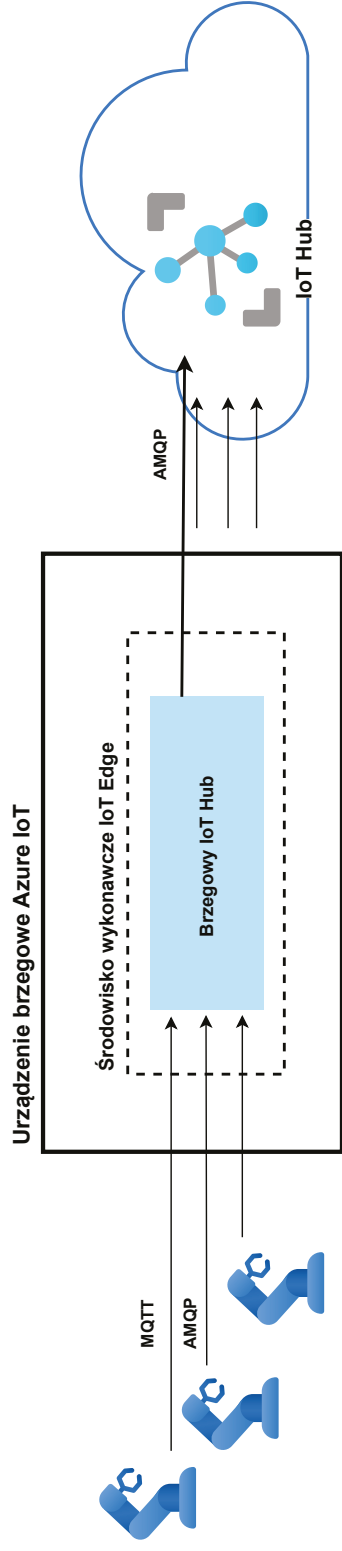
- 200 – OK;
- 400 – Konfiguracja wdrożenia jest nieprawidłowa lub nieprawidłowa;
- 417 – Urządzenie nie ma ustawionej konfiguracji wdrożenia;
- 412 – Wersja schematu w konfiguracji wdrożenia jest nieprawidłowa;
- 406 – Urządzenie IoT Edge jest offline lub nie wysyła raportów o stanie;
- 500 – Wystąpił błąd w środowisku wykonawczym IoT Edge.

Centrala IoT ma w ten sposób wgląd w aktualny status każdego z zarządzanych urządzeń i wgląd w historię zmian konfiguracji czy wystąpień błędów.

Centrum IoT Edge to kolejny moduł, który tworzy środowisko wykonawcze Azure IoT Edge. Działa jako lokalny serwer proxy dla IoT Hub, udostępniając te same punkty końcowe protokołu, co IoT Hub. Ta spójność oznacza, że klienci mogą łączyć się ze środowiskiem wykonawczym IoT Edge tak samo jak z IoT Hub.

Centrum IoT Edge nie jest pełną wersją IoT Hub działającą lokalnie. Centrum IoT Edge dyskretnie deleguje niektóre zadania do IoT Hub. Na przykład centrum IoT Edge automatycznie pobiera informacje autoryzacyjne z IoT Hub podczas pierwszego połączenia, aby umożliwić urządzeniu połączenie. Po nawiązaniu pierwszego połączenia informacje autoryzacyjne są buforowane lokalnie przez centrum IoT Edge. Przyszłe połączenia z tego urządzenia są autoryzowane bez konieczności ponownego pobierania informacji autoryzacyjnych z chmury.

Aby zmniejszyć przepustowość wykorzystywaną przez rozwiązanie IoT Edge, IoT Edge Hub optymalizuje liczbę rzeczywistych połączeń nawiązywanych z chmurą. IoT Edge Hub pobiera logiczne połączenia z modułów lub urządzeń



Rysunek 1.7. Wykorzystanie buforowania połączeń z IoT Hub na urządzeniu brzegowym

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/iot-edge/iot-edge-runtime?view=iotedge-1.4> (dostęp: 28.02.2025).

podrzędnych i łączy je w celu utworzenia jednego fizycznego połączenia z chmurą. Szczegóły tego procesu są przejrzyste dla reszty rozwiązania. Klienci myślą, że mają własne połączenie z chmurą, mimo że wszystkie są wysyłane przez to samo połączenie.

IoT Edge Hub może używać protokołu AMQP (ang. *advanced message queuing protocol*) lub MQTT (ang. *message queuing telemetry transport*) do komunikacji w górę strumienia z chmurą, niezależnie od protokołów używanych przez urządzenia podrzędne. Jednak IoT Edge Hub obecnie obsługuje tylko łączenie logicznych połączeń w pojedyncze połączenie fizyczne, używając AMQP jako protokołu nadrzędnego i jego możliwości multipleksowania. AMQP jest domyślnym protokołem nadrzędnym.

Sposób wykorzystania buforowania połączeń na urządzeniach brzegowych został w postaci graficznej przedstawiony na rysunku 1.7.

1.3.4. Moduły logiki biznesowej na urządzeniach brzegowych

Usługa Azure IoT Edge ułatwia wdrażanie i administrowanie logiką biznesową na brzegu poprzez wykorzystanie modułów. Moduły w usłudze Azure IoT Edge stanowią podstawową jednostkę obliczeniową zarządzaną przez IoT Edge i mogą zawierać usługi Azure (np. Azure Stream Analytics) lub niestandardowy kod specyficzny dla rozwiązania. Dla koncepcji tworzenia, projektowania i utrzymywania modułów istotne są cztery terminy:

- **obraz modułu** – pakiet zawierający oprogramowanie definiujące moduł;
- **instancja modułu** – konkretna jednostka obliczeniowa uruchamiająca obraz modułu na urządzeniu IoT Edge. Instancja modułu jest uruchamiana przez środowisko wykonawcze usługi IoT Edge;
- **tożsamość modułu** – część informacji (w tym poświadczenia zabezpieczeń) przechowywana w usłudze IoT Hub, która jest skojarzona z każdą instancją modułu;
- **bliźniak modułu** (ang. *digital twin*) – dokument JSON przechowywany w usłudze IoT Hub, który zawiera informacje o stanie instancji modułu, w tym metadane, konfiguracje i warunki.

Obrazy modułów IoT Edge obejmują aplikacje, które wykorzystują funkcje zarządzania, bezpieczeństwa i komunikacji nieodłączne dla środowiska wykonawczego IoT Edge. Możliwe jest tworzenie niestandardowych obrazów modułów lub alternatywnie eksportowanie ich ze wspieranych usług Azure. Zarejestrowane obrazy są przechowywane w infrastrukturze chmury i mogą być instalowane, aktualizowane i modyfikowane w różnych wdrożeniach IoT. Tak więc moduł wykorzystujący uczenie maszynowe do przewidywania wydajności linii produkcyjnej jest reprezentowany jako odrębny obraz, oddzielony od modułu wykorzystującego wizję komputerową do obsługi drona. Przykładem przygotowanego komercyjnego obrazu dostępnego w sklepie Azure jest AVEVA Edge (Microsoft, 2024).

AVEVA Edge oferuje bogaty zestaw narzędzi do aplikacji HMI/SCADA, umożliwiające szybkie i łatwe zbieranie, przetwarzanie i prezentowanie danych bez zaawansowanych umiejętności programowania. Dzięki odpowiednim sterownikom obraz zapewnia interfejsy komunikacyjne dla setek protokołów obsługiwanych przez urządzenia w środowisku produkcyjnym (sterowniki PLC (ang. *programmable logic controller*), kontrolery ruchu, roboty, czujniki, liczniki, czytniki kodów kreskowych lub RFID (ang. *radio-frequency identification*) itp.), a także obsługę standardów, takich jak OPC UA (ang. *open platform communications unified architecture*), MQTT, SQL (ang. *structured query language*), REST (ang. *representational state transfer*) i wiele innych interfejsów. Obraz jest w tym przypadku aplikacją dającą możliwość wdrażania przygotowanej logiki na urządzeniach IoT zarządzanych z poziomu platformy Azure. W ten sposób AVEVA poszerza możliwość dotarcia do środowisk produkcyjnych z przygotowaną bramką, która daje możliwość połączenia się z licznymi urządzeniami w środowisku produkcyjnym i pobierania danych do analitycznych narzędzi oferowanych przez AVEVA.

O ile obraz modułu jest przechowywany w chmurze w repozytorium kontenerów, to instancje modułów są przechowywane lokalnie na poszczególnych urządzeniach. Przy każdym wdrożeniu obrazu modułu na urządzeniu – inicjowanym przez środowisko wykonawcze IoT Edge – jest tworzona nowa instancja tego modułu. Dwa urządzenia, znajdujące się w różnych lokalizacjach geograficznych, mogą wykorzystywać identyczny obraz modułu.

Po utworzeniu nowej instancji modułu uzyskuje ona unikalny identyfikator i jest rejestrowana w IoT Hub. Identyfikator ten używa się do adresowania modułu i jako zakres bezpieczeństwa dla komunikacji lokalnej oraz komunikacji z chmurą obliczeniową. Nazwa identyfikatora jest tworzona w oparciu o nazwę modułu i urządzenia, na którym jest uruchomiona instancja modułu.

1.3.5. Praca rozłączna

Jak wspomniano wcześniej, scenariusze pracy brzegowej wykorzystują możliwości zarządzania urządzeniami i usługi analityczne w chmurze obliczeniowej, a urządzenia te dostarczają z najbliższego miejsca zainteresowania sensory i logikę aplikacyjną w postaci modułów. Same urządzenia są również przystosowane do pracy w warunkach niskiej przepustowości sieci.

Coraz wydajniejszy sprzęt i możliwość pracy pomiędzy urządzeniami dają warunki do tego, że przez jakiś czas można pracować w środowisku bezpołączeniowym.

Urządzenia IoT Edge mogą działać jako bramy, zapewniając połączenie między innymi urządzeniami w sieci a IoT Hub.

Moduł IoT Edge Hub działa podobnie do IoT Hub, dlatego może obsługiwać połączenia z innych urządzeń posiadających tożsamość w tym samym hubie. Ten typ wzorca bramy nazywa się transparentnym, ponieważ wiadomości mogą być przekazywane z urządzeń podrzędnych do IoT Hub tak, jakby nie było między nimi bramy.

Dla urządzeń, które nie łączą się lub nie mogą się połączyć z IoT Hub samodzielnie, bramy IoT Edge mogą zapewnić to połączenie. Ten typ wzorca bramy nazywa się translacyjnym, ponieważ urządzenie IoT Edge musi przetworzyć przychodzące wiadomości z urządzeń podrzędnych, zanim zostaną przekazane do IoT Hub. Takie scenariusze wymagają dodatkowych modułów na bramie IoT Edge, które obsługują proces przetwarzania.

Wszystkie wzorce bramek zapewniają następujące korzyści:

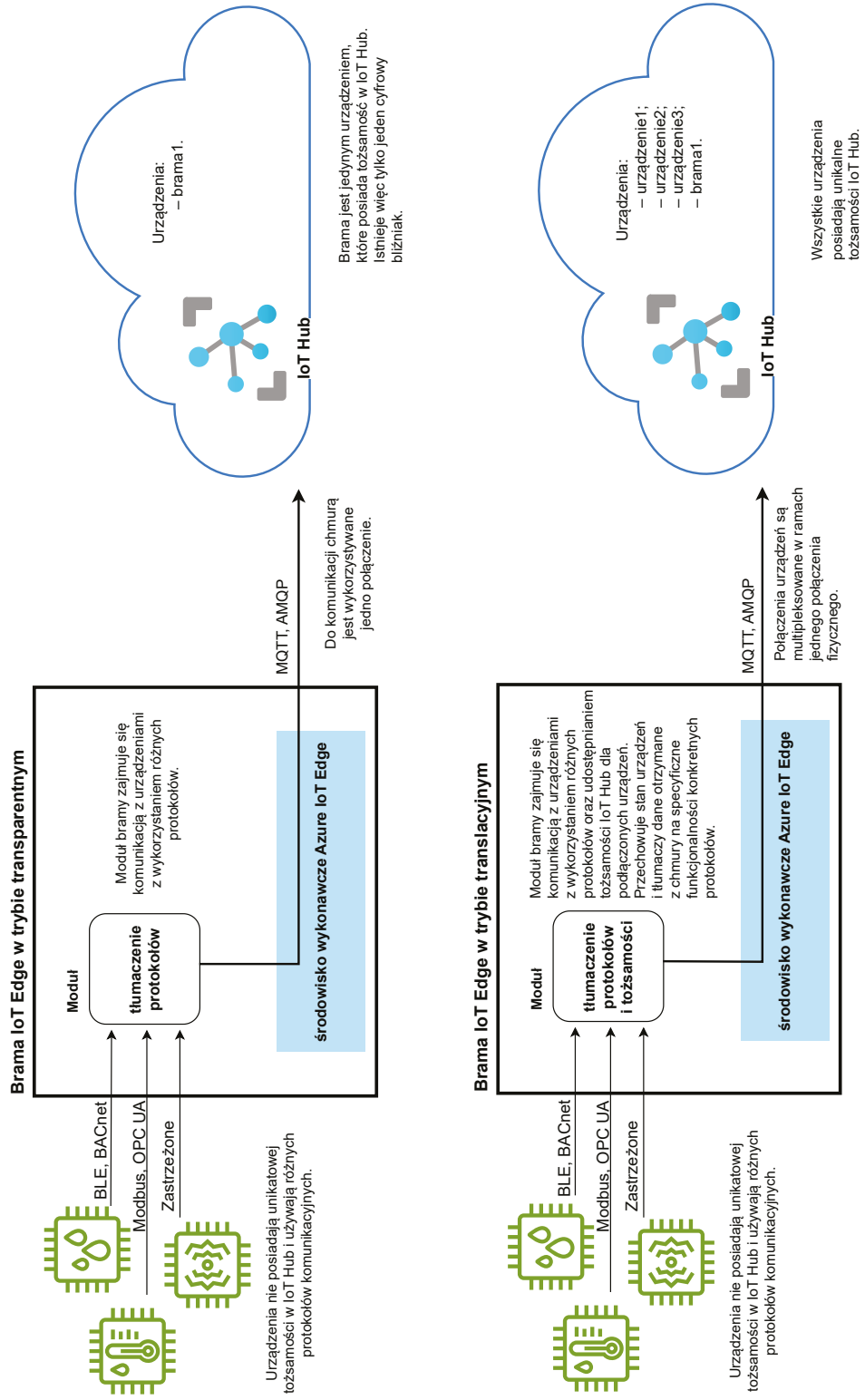
- **analitikę na brzegu**, która umożliwia lokalne przetwarzanie danych z urządzeń podrzędnych przy wykorzystaniu usług SI bez konieczności przesyłania pełnej telemetrii do chmury. Analiza danych odbywa się na miejscu, przez co można szybko zareagować na istotne spostrzeżenia, a do IoT Hub wysyłany jest jedynie wybrany podzbiór informacji;
- **izolację urządzeń podrzędnych**, która chroni je przed bezpośrednim dostępem do internetu. Może również pełnić funkcję pośrednika między siecią technologii operacyjnej (OT), która nie ma łączności, a siecią technologii informacyjnej, zapewniającą dostęp do internetu. Dzięki temu możliwe jest także połączenie urządzeń niemających bezpośredniej możliwości komunikacji z IoT Hub;
- **multipleksowanie połączeń**, które pozwala wszystkim urządzeniom łączącym się z IoT Hub przez bramę IoT Edge na korzystanie z tego samego podstawowego połączenia. Funkcja multipleksowania wymaga zastosowania protokołu AMQP jako protokołu nadrzędnego;
- **wygładzanie ruchu**, które w przypadku ograniczenia ruchu przez IoT Hub, brama IoT Edge automatycznie stosuje mechanizm wykładniczego backoffu, jednocześnie przechowując wiadomości lokalnie. Pozwala to zwiększyć odporność rozwiązania na skoki ruchu i przeciążenia sieci;
- **obsługę offline**, dzięki której urządzenie bramy przechowuje wiadomości i podwójne aktualizacje, których nie można dostarczyć do IoT Hub.

Wzorce bramy transparentnej i translacyjnej nie wykluczają się wzajemnie. Pojedyncze urządzenie IoT Edge może działać zarówno jako transparentna brama, jak i brama translacyjna.

Co się dzieje z IoT Edge Hub, gdy urządzenie IoT Edge przechodzi w tryb rozłączny?

- Przechowuje wszelkie wiadomości, które zwykle byłyby przesyłane w górę strumienia, i zachowuje je, dopóki urządzenie nie nawiąże ponownie połączenia.
- Wykonuje procedury uwierzytelniania w imieniu IoT Hub dla modułów i urządzeń podrzędnych, ułatwiając w ten sposób ich dalsze działanie.
- Wspiera komunikację między urządzeniami podrzędnymi, które zwykle byłyby kierowane przez IoT Hub (Learn Microsoft, 2024a).

Różnica pomiędzy rodzajami bram (transparentna i translacyjna) została przedstawiona na rysunku 1.8.



Rysunek 1.8. Brama IoT Edge w trybie transparentnym i translacyjnym

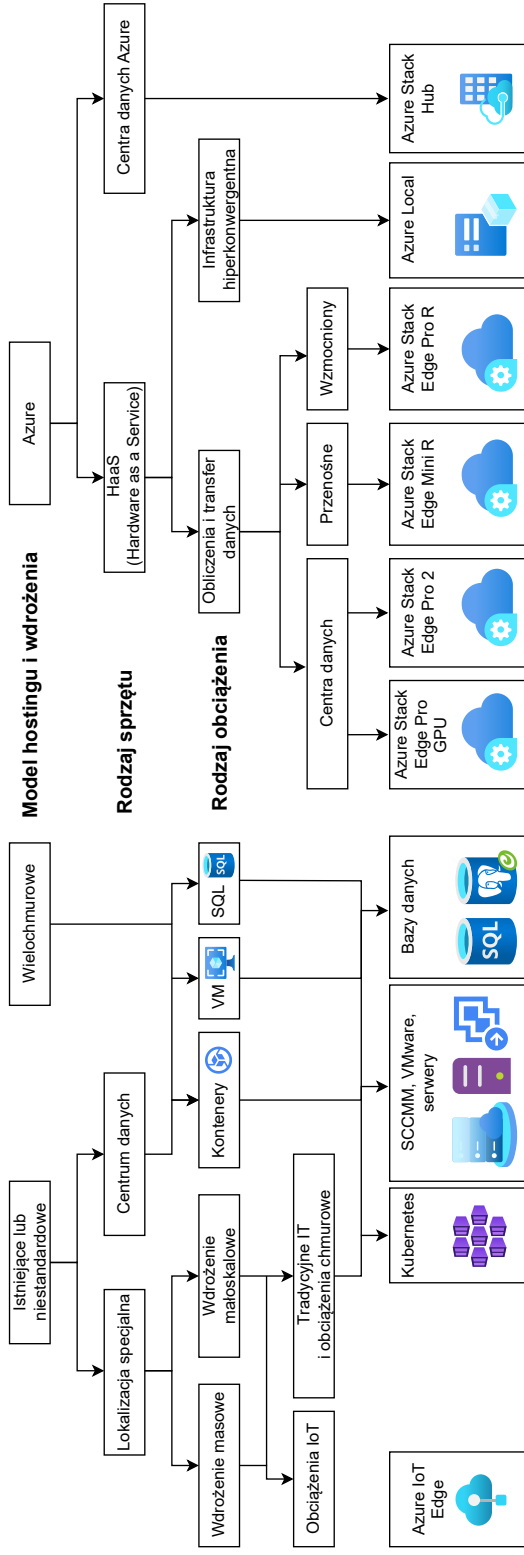
Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/iot-edge/as-gateway?view=iotedge-1.4> (dostęp: 28.02.2025).

Poniżej wyróżniono następujące etapy, które są istotne w przypadku pracy w trybie bezpołączeniowym.

- **Konfiguracja urządzeń** – urządzenia IoT Edge z natury posiadają możliwości pracy w trybie offline. Aby rozszerzyć tę funkcjonalność dla innych urządzeń, konieczne jest skonfigurowanie urządzeń podrzędnych w celu rozpoznania ich wyznaczonego urządzenia nadrzędnego i kierowania komunikacji urządzenie–chmura przez urządzenie nadrzędne, które działa jak brama.
- **Synchronizacja z chmurą** – co najmniej raz po zainstalowaniu środowiska wykonawczego IoT Edge urządzenie musi połączyć się z chmurą, aby zsynchronizować się z usługą IoT Hub. Podczas procesu synchronizacji urządzenie uzyskuje informacje dotyczące wszystkich urządzeń podrzędnych, które zostały mu przypisane. Ponadto urządzenie odświeża swoją lokalną pamięć podręczną, aby ułatwić funkcje offline, i pobiera instrukcje dotyczące konfiguracji wiadomości telemetrycznych.
- **Przejęcie w tryb bez połączenia z chmurą** – podczas okresu rozłączenia z IoT Hub brzegowe urządzenie IoT wraz z wdrożonymi modułami i wszystkimi urządzeniami podrzędnymi zachowuje możliwość działania. Moduły i urządzenia podrzędne mogą inicjować i wznowiać operacje, uwierzytelniając się w centrum IoT Edge. Wszelkie dane telemetryczne przeznaczone do transmisji w górę do IoT Hub są przechowywane lokalnie. Komunikacja między modułami lub między urządzeniami podrzędnymi jest utrzymywana za pomocą bezpośrednich metod lub wiadomości.
- **Ponowne połączenie i ponowna synchronizacja z IoT Hub** – po przywróceniu połączenia z IoT Hub urządzenie brzegowe IoT przechodzi kolejny proces synchronizacji. Wiadomości przechowywane lokalnie są natychmiast przesyłane do IoT Hub, chociaż ich dostarczenie zależy od szybkości połączenia, opóźnienia IoT Hub i innych czynników. Wiadomości te są przekazywane w tej samej kolejności, w jakiej zostały zapisane. Wszelkie rozbieżności między pożądanymi a zgłoszonymi właściwościami modułów i urządzeń są rozwiązywane. Urządzenie IoT Edge wprowadza wszelkie modyfikacje dotyczące listy przypisanych urządzeń podrzędnych.

1.3.6. Rozwiązania hybrydowe

W przypadku opisywanych brzegowych rozwiązań IoT możliwości wykonywania operacji „na brzegu” – czyli blisko źródła danych – są uzależnione od możliwości obliczeniowych urządzeń i wdrożonych modułów oraz dostępnych usług. Urządzenia brzegowe, chociaż posiadają możliwość pracy w trybie rozłączenia z chmurą obliczeniową, bazują jednak w dużym stopniu na centralnych zasobach obliczeniowych. Są one potrzebne w przypadku wykonywania długotrwałych lub wymagających dużych zasobów obliczeniowych zadań, takich jak analiza danych czy trenowanie modeli. Proces ten wymaga intensywnej wymiany danych pomiędzy brzegiem i chmurą.



Rysunek 1.9. Drzewo decyzyjne wyboru sposobu instancjonowania zasobów obliczeniowych w trybie hybrydowym

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/guide/technology-choices/hybrid-considerations> (dostęp: 28.02.2025).

Czasem bazowanie na takim scenariuszu – ze względu na konieczność zagwarantowania odpowiednich mechanizmów komunikacyjnych pomiędzy urządzeniami IoT i chmurą – może być nieoptymalne lub wręcz niemożliwe, biorąc pod uwagę wrażliwy charakter danych i względy legislacyjne.

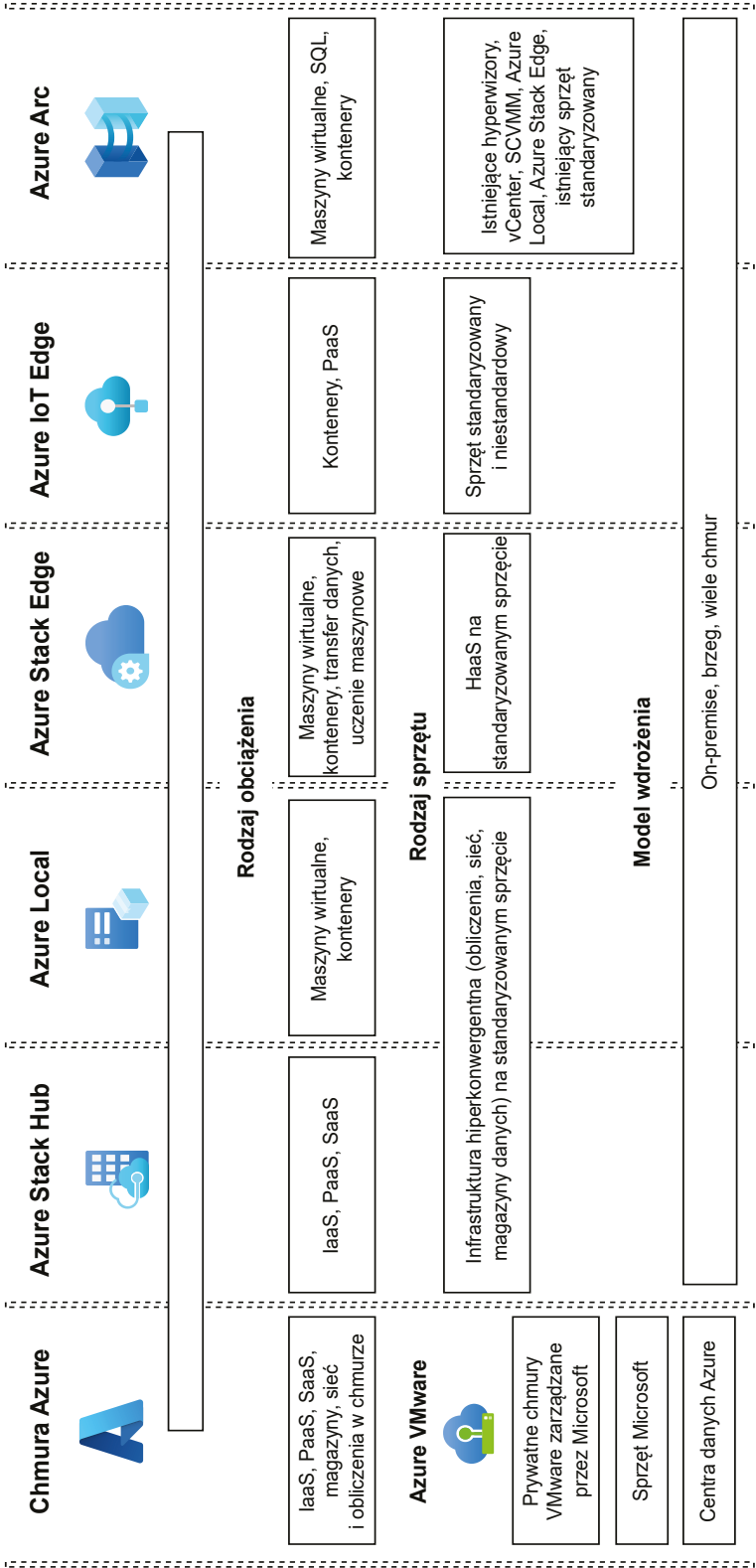
W przypadku np. nowoczesnych magazynów, szpitali i zautomatyzowanych fabryk może istnieć potrzeba dostarczenia większej mocy obliczeniowej bliżej brzegowych urządzeń IoT. Uruchomienie odpowiedniej mocy obliczeniowej na miejscu może się odbyć na wiele sposobów.

Na rysunku 1.9 przedstawiono drzewo decyzyjne pozwalające wybrać odpowiedni model pracy hybrydowej i instancjonowania zasobów obliczeniowych zlokalizowanych fizycznie poza chmurą Azure (np. w siedzibie klienta), które jednak są zarządzane w ramach narzędzi i ekosystemu dostawcy. Poniżej przedstawiono proces decyzyjny wyboru architektury hybrydowej w przypadku istniejących lub niestandardowych wdrożeń.

1. Określenie, czy zasoby sprzętowe znajdują się w lokalizacji specjalnej (ang. *restricted*), czy jest/ może być wdrożony w centrum danych.
2. W przypadku specjalnej lokalizacji określenie, czy wdrożenie jest masowe, czy na małą skalę.
3. W przypadku wdrożeń w centrach danych i wdrożeniu wielochmurowym (ang. *multicloud*) określenie, czy typ obciążenia jest oparty na kontenerach, czy bazuje na tradycyjnym wdrożeniu IT na maszynach wirtualnych lub bazach danych SQL.
4. Istniejące i niestandardowe obciążenia IoT można implementować z wykorzystaniem Azure IoT Edge. A istniejące i niestandardowe tradycyjne, bazodanowe i chmurowe wdrożenia można oprzeć na serwerach i usługach obsługujących Azure Arc.
5. Wdrożenia oparte na kontenerach mogą używać Kubernetes obsługującego Azure Arc. Natomiast wdrożenia oparte na maszynach wirtualnych mogą używać serwerów obsługujących Azure Arc.

Poniżej przedstawiono proces decyzyjny wyboru architektury hybrydowej w przypadku wdrożeń dedykowanych dla platformy Azure.

1. Określenie, czy wdrażane rozwiązanie ma być oparte o model HaaS i bazować na przygotowanych i certyfikowanych specyfikacjach serwerów. Jeżeli rozwiązanie nie jest typu HaaS i przypomina centra danych platformy Azure, należy użyć Azure Stack Hub.
2. W przypadku wyboru modelu HaaS definiujemy, czy typ obciążenia jest nastawiony na wykonywanie konkretnych zadań obliczeniowych i transferu danych, czy celem projektu jest zbudowanie uniwersalnej infrastruktury hiperkonwergentnej (HCI) do budowania systemów. Jeśli rozwiązanie jest hiperkonwergentne można użyć Azure Local.
3. Zadania transferu danych i obliczeń mogą używać Azure Stack Edge. Wdrożenia w centrach danych mogą używać Azure Stack Edge Pro 2 i Azure



Rysunek 1.10. Macierz usług w modelu hybrydowym

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/guide/technology-choices/hybrid-considerations> (dostęp 28.02.2025).

Stack Edge Pro GPU, wdrożenia przenośne – Azure Stack Edge Mini R, a wdrożenia wzmocnione – Azure Stack Edge Pro R.

Macierz usług na rysunku 1.10 przedstawia obsługiwane obciążenia, możliwości sprzętowe i modele wdrażania dla kilku hybrydowych usług Azure. Wszystkie usługi Azure obejmują portal Azure i inne narzędzia do obsługi i zarządzania platformą Azure.

Przedstawione w macierzy usługi mają następującą charakterystykę:

- **chmura Azure** – zapewnia oparte na chmurze oprogramowanie jako usługę, infrastrukturę jako usługę, platformę jako usługę oraz usługi obliczeniowe, magazynowe i sieciowe. Usługi działają na sprzęcie Microsoft w centrach danych Azure;
- **Azure VMware Solution (AVS)** – umożliwia uruchamianie obciążeń VMware natywnie na platformie Azure, zapewniając chmury prywatne, które zawierają klastry VMware vSphere zbudowane z dedykowanej infrastruktury serwerów fizycznych (ang. *bare-metal*) Azure. To rozwiązanie zapewnia sposób na rozszerzenie lub migrację istniejących lokalnych środowisk VMware do platformy Azure bez konieczności przeprojektowywania aplikacji czy przebudowywania operacji. AVS integruje się z usługami Azure, umożliwiając korzystanie ze skalowalności, bezpieczeństwa i globalnego zasięgu platformy Azure przy użyciu znanych narzędzi i procesów VMware;
- **Azure Stack** – to rodzina produktów, a także rozwiązań, które rozszerzają platformę Azure na brzeg lub do lokalnych centrów danych. Azure Stack oferuje kilka rozwiązań dla różnych przypadków użycia:
 - **Azure Stack Hub** – rozszerza platformę Azure o uruchamianie aplikacji w środowiskach lokalnych. Zapewnia hiperkonwergentne usługi obliczeniowe, magazynowe i sieciowe, działa na standardowym sprzęcie lokalnym lub w centrach danych multicloud. A także dostarcza usługi platformy Azure do centrów danych ze zintegrowanymi systemami i może działać w środowiskach połączonych lub rozłączonych,
 - **Azure Local** – to rozwiązanie hiperkonwergentne, które wykorzystuje sprawdzony sprzęt do uruchamiania wirtualizowanych i konteneryzowanych obciążeń lokalnych. Zapewnia oparte na maszynach wirtualnych i usłudze AKS (ang. *azure kubernetes service*) hiperkonwergentne usługi obliczeniowe, magazynowe i sieciowe oraz działa na standardowym sprzęcie lokalnym lub w centrach danych multicloud. A także łączy obciążenia z platformą Azure w celu obsługi usług w chmurze i zarządzania,
 - **Azure Stack Edge** – zapewnia możliwości platformy Azure, takie jak obliczenia, magazynowanie, sieć i sprzętowo przyspieszane uczenie maszynowe do lokalizacji brzegowych. Azure Stack Edge zapewnia usługi oparte na maszynach wirtualnych, AKS, uczeniu maszynowym i usługi transferu danych na standardowym sprzęcie branżowym jako usługę i działa lokalnie lub w centrach danych multicloud;

- **Azure IoT Edge i IoT Hub** – wdrażają niestandardowe funkcje na urządzeniach masowych. IoT Edge natywnie integruje się z IoT Hub, aby zapewnić DevOps, PaaS oraz usługi konteneryzowane na niestandardowym i standardowym sprzęcie branżowym, a także działa lokalnie lub w centrach danych multicloud;
- **Azure Arc** – zapewnia dostarczanie aplikacji i zarządzanie nimi za pomocą usług obsługujących Azure Arc dla maszyn wirtualnych, baz danych SQL i Kubernetes. Azure Arc poprzez instalację odpowiedniego oprogramowania klienckiego rejestruje istniejące zasoby infrastruktury bare-metal, maszyny wirtualne i klastry Kubernetes na platformie Azure w celu obsługi operacji za pomocą narzędzi do zarządzania i zabezpieczeń platformy Azure. Tak zarejestrowane zasoby mogą być monitorowane i zarządzane z poziomu Azure. Daje to możliwość zarządzania zarówno zasobami lokalnymi, jak i zasobami uruchomionymi w różnych chmurach z poziomu jednego spójnego środowiska.

Istnieją sytuacje, w których opieranie systemów IT tylko na zasobach chmurowych ze względu na opóźnienia sieciowe, czy też na uregulowania prawne jest rozwiązaniem dalekim od optymalnego. W takich sytuacjach alternatywą może być praca w modelu HaaS i przeniesienie mocy obliczeniowej bliżej miejsca występowania obsługiwanych zdarzeń. Poniżej przedstawiono scenariusz, jaki musi wystąpić, aby takie rozwiązanie było w pełni usprawiedliwione.

- **Uruchamianie modeli uczenia maszynowego na brzegu.** Konieczność ograniczenia opóźnień lub problemów połączeniowych poprzez przetwarzanie danych blisko ich źródła. W przypadku modeli uczenia maszynowego możemy mieć do czynienia z kilkoma wariantami. Uruchamianie samego wnioskowania na brzegu jest możliwe już na urządzeniach IoT, przy czym, jeśli chodzi o np. duże modele językowe (ang. *large language models*) jest zazwyczaj niezbędna większa moc obliczeniowa zarezerwowana dla rozwiązań serwerowych. W takiej sytuacji zasoby chmury obliczeniowej są wykorzystywane do trenowania modeli i ich ulepszania pod warunkiem, że dostarczamy do chmury nowe dane – decydujemy, czy transferujemy całość, czy część zestawu danych. Jeżeli zagwarantuje się odpowiednie zasoby obliczeniowe w brzegowej lokacji, można brać pod uwagę również sam proces trenowania modeli, bez delegowania tego zadania do chmury.
- **Wspieranie rozwiązań opartych o IoT.** Ograniczenie interakcji z chmurą poprzez przetwarzanie, sortowanie i analizowanie danych jak najbliżej źródła. Przy pomocy modułów Stream Analytics lub modułów dostosowanych można odpowiednio sterować strumieniem danych i zdefiniować zasady, co może zostać przetworzone lokalnie, a co i w jakim czasie przetransferowane do chmury.
- **Przetwarzanie zdalne i na brzegu.** Uruchomienie wymagających aplikacji w zdalnych lokalizacjach dla przyspieszenia transakcji i ominięcia ograniczeń przepustowości sieci do chmur. Aplikacje uruchomione na wydajnych lokalnych zasobach obliczeniowych nie mogą funkcjonować niezależnie od dostępności do chmury.

- **Przetwarzanie i transfer danych zgodny z przepisami.** Weryfikowanie danych przesyłanych do chmury przy pomocy modeli uczenia maszynowego i podejmowanie akcji w sytuacji, kiedy mamy do czynienia z danymi wrażliwymi.
- **Sieciowy transfer danych z brzegu do chmury.** Zastosowanie odpowiedniego rozwiązania sprzętowego HaaS i oprogramowania do przygotowania oraz efektywnego transferu danych do chmury. Po zakończeniu transferu urządzenia brzegowe są demontowane.

1.3.7. Azure Stack Edge w modelu sprzęt jako usługa

Jedną z opcji przetwarzania dużych ilości danych na brzegu jest skorzystanie z modelu HaaS oraz umieszczenie zasobów obliczeniowych blisko sensorów i miejsc podejmowania decyzji. W przypadku usługi HaaS oferowanej przez Microsoft w grę wchodzi cztery podstawowe modele serwerów, które można wypożyczyć i umieścić we własnej lokalizacji.

Oferowane przez Microsoft serwery zostały zaprojektowane do wdrażania w lokalizacjach brzegowych handlu detalicznego, telekomunikacji, przemysłu czy opieki zdrowotnej. Głównym celem takich zasobów jest wnioskowanie z wykorzystaniem uczenia maszynowego na brzegu sieci oraz wstępne przetwarzanie danych przed ich wysłaniem do Azure.

Poniżej przedstawiono scenariusz, jaki może wystąpić przy wykorzystaniu brzegowych zasobów HaaS.

- Wnioskowanie z wykorzystaniem uczenia maszynowego. Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest uruchamianie modeli ML w celu uzyskania szybkich wyników, które można wykorzystać jeszcze przed przesłaniem danych do chmury. Opcjonalnie można również przesłać pełny zestaw danych do chmury w celu dalszego trenowania i ulepszania modeli ML.
- Wstępne przetwarzanie danych. Dane mogą być przekształcane przed ich wysłaniem do Azure przy użyciu zasobów obliczeniowych, takich jak skonteneryzowane środowiska uruchomieniowe oraz maszyny wirtualne. Wstępne przetwarzanie może obejmować:
 - agregację danych;
 - modyfikację danych, np. usuwanie danych osobowych;
 - wybór podzbioru danych w celu optymalizacji przechowywania, wykorzystania przepustowości lub dalszej analizy;
 - analizowanie i reagowanie na zdarzenia IoT.
- Przesyłanie danych do Azure przez sieć. To rozwiązanie umożliwia szybkie i wygodne przesyłanie danych do Azure w celu dalszego przetwarzania, analizy lub archiwizacji.

Do oferowanych serwerów należą następujące modele, które mogą występować w kilku wariantach:

- Azure Stack Edge Pro 2;
- Azure Stack Edge Pro GPU;
- Azure Stack Edge Pro R;
- Azure Stack Edge Mini R.

Przykładowe opcje konfiguracji dla Azure Stack Edge Pro 2 zostały przedstawione w tabeli 1.4. W zależności od potrzeb klient może zasubskrybować odpowiednio mocną konfigurację sprzętową na czas wdrożenia, pilotażu lub samej produkcji.

Tabela 1.4. Opcje konfiguracji Azure Stack Edge Pro 2

Model	64G2T	128G4T1GPU	256G6T2GPU
Typ CPU	Intel® Xeon® Gold 6209U CPU @ 2.10 GHz (Cascade Lake) CPU		
CPU całkowite	20 rdzeni, 40 vCPU (wirtualnych procesorów)		
CPU użytkowe	32 vCPU		
Pamięć	2x32 GB	4x32 GB	4x64 GB
Pamięć całkowita	64 GB	128 GB	254 GB
Pamięć użytkowa	48 GB	96 GB	224 GB
GPU	–	1 NVIDIA A2 GPU	2 NVIDIA A2 GPU
Dysk rozruchowy	1 NVMe SSD	1 NVMe SSD	1 NVMe SSD
Rozmiar dysku rozruchowego	960 GB	960 GB	960 GB
Dyski danych	2 X SATA SSD 960 GB	4 X SATA SSD 960 GB	6 X SATA SSD 960 GB
Wielkość dysków danych	2 TB	4 TB	6 TB
Użytkowa wielkość danych	720 GB	1,6 TB	2,5 TB
Karty sieciowe	2 X 10 GBase-T/1000Base-T(10/1 GbE) 2 X 100-GbE		

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://azure.microsoft.com/pl-pl/products/azure-stack/edge> (dostęp: 28.02.2025).

O ile przedstawiony w tabeli 1.4 serwer jest rozwiązaniem przeznaczonym do umieszczenia w serwerowni, o tyle w ofercie są również dostępne bardziej wyspecjalizowane modele.

Dla przykładu, wypożyczenie Azure Stack Edge Pro R jest uzasadnione potrzebą realizacji zadań wymagających lokalnego przetwarzania danych w środowisku o ograniczonym dostępie do zasobów chmurowych lub w warunkach terenowych. Urządzenie posiada szereg cech, które czynią je szczególnie przydatnym w wymagających zastosowaniach:

- **wysoką mobilność** – kompaktowa i przenośna obudowa w standardzie rugged pozwala na łatwy transport i szybką konfigurację w terenie;
 - **odporność na trudne warunki środowiskowe** – konstrukcja spełnia normy klasy przemysłowej, co umożliwia pracę w podwyższonej wilgotności, zapyleniu i wibracjach typowych np. dla hal przemysłowych, pojazdów lub instalacji tymczasowych;
 - **zasilanie awaryjne (UPS)** – wbudowany akumulator umożliwia czasowe podtrzymanie pracy w przypadku braku zasilania, co zwiększa niezawodność urządzenia w sytuacjach krytycznych;
 - **wydajność obliczeniowa** – serwer wyposażony jest w układy FPGA (ang. *field programmable gate arrays*) lub GPU (ang. *graphics processing units*) – w zależności od konfiguracji – co pozwala na lokalne uruchamianie modeli SI/ML bez konieczności korzystania z zewnętrznych zasobów obliczeniowych.
- Na rysunkach 1.11 i 1.12 przedstawiono omawiane serwery.



Rysunek 1.11. Serwer Azure Stack Edge Pro 2

Źródło: <https://azure.microsoft.com/pl-pl/products/azure-stack/edge> (dostęp: 28.02.2025).



Rysunek 1.12. Azure Stack Edge Pro R

Źródło: <https://azure.microsoft.com/pl-pl/products/azure-stack/edge> (dostęp: 28.02.2025).

Zastosowanie modelu HaaS w środowiskach brzegowych stanowi istotne wsparcie dla procesów wykorzystujących sztuczną inteligencję i uczenie maszynowe. Dzięki elastycznemu dostępowi do wyspecjalizowanych zasobów obliczeniowych możliwe jest uruchamianie modeli w czasie rzeczywistym, co znacząco skraca czas reakcji i zwiększa efektywność podejmowanych decyzji. Rozwiązanie to minimalizuje także bariery wejścia, gdyż pozwala organizacjom uniknąć wysokich nakładów inwestycyjnych na własną infrastrukturę, jednocześnie zapewniając dostęp do sprzętu o wysokiej wydajności. Szczególnie w sytuacjach wymagających pracy w trudnych warunkach, wysokiej mobilności czy ograniczonego dostępu do chmury model HaaS umożliwia stabilną realizację zadań i szybsze wdrażanie innowacyjnych rozwiązań opartych na SI i ML. W rezultacie przyczynia się on do zwiększenia konkurencyjności przedsiębiorstw oraz przyspieszenia transformacji cyfrowej w kluczowych sektorach gospodarki.

1.4. Sensory jako źródło danych w ekosystemie SI

1.4.1. Sensory

IoT zaczyna się od źródeł danych lub urządzeń wykonujących określone działania. Nazywamy je punktami końcowymi lub węzłami – to one stanowią elementy połączone z internetem. W kontekście IoT często pomija się rzeczywiste źródła danych, czyli sensory, które generują strumień danych skorelowanych w czasie. Te dane muszą być bezpiecznie przesyłane, potencjalnie analizowane i przechowywane. Kluczowa wartość IoT tkwi w zbiorczej analizie danych, dlatego informacje dostarczane przez sensory odgrywają fundamentalną rolę.

Sensory będące źródłami danych dla urządzeń IoT można podzielić na wiele kategorii – począwszy od zastosowanych technologii i wykorzystywanych zjawisk fizycznych lub chemicznych, a skończywszy na podziale funkcjonalnym i obszarze zastosowania.

Do najpopularniejszych rodzajów sensorów można zaliczyć:

- **akcelerometry** – mierzą przyspieszenie, czyli zmianę prędkości, kierunku i intensywności ruchu;
- **czujniki jakości powietrza** – monitorują poziomy zanieczyszczeń, dwutlenku węgla i innych cząsteczek w powietrzu;
- **czujniki biomedyczne** – rejestrują parametry życiowe, takie jak tętno czy poziom tlenu we krwi;
- **kamery** – rejestrują dane wizualne i obrazy;
- **czujniki chemiczne** – wykrywają obecność i stężenie różnych substancji chemicznych;
- **czujniki prądu elektrycznego** – monitorują natężenie prądu elektrycznego w obwodach;

- **czujniki ciśnienia** – mierzą ciśnienie gazów lub cieczy;
- **czujniki zbliżeniowe** – wykrywają obecność obiektów w pobliżu bez fizycznego kontaktu;
- **czujniki wilgotności** – mierzą poziom wilgotności w powietrzu lub materiałach;
- **czujniki światła** – reagują na natężenie oświetlenia w otoczeniu;
- **czujniki poziomu** – monitorują poziom cieczy lub materiałów sypkich w zbiornikach;
- **czujniki przepływu** – mierzą prędkość i objętość przepływu cieczy lub gazów;
- **czujniki dźwięku** – rejestrują fale dźwiękowe i poziom hałasu;
- **czujniki temperatury** – mierzą temperaturę otoczenia lub obiektów;
- **czujniki wibracji** – wykrywają drgania i wibracje w maszynach lub strukturach;
- **żyroskopy** – mierzą prędkość kątową i orientację urządzenia (Biba, 2024).

Najbardziej ogólny podział dzieli sensory na dwa rodzaje. Podstawowe czujniki charakteryzują się zdolnością do przekazywania informacji wyłącznie w formacie binarnym lub analogowym, co wymaga próbkowania. Można do nich zaliczyć np. czujniki temperatury, ciśnienia, poziomu, niektóre czujniki biomedyczne i wiele innych.

Istnieją jednak urządzenia IoT i czujniki o dużej mocy obliczeniowej i wydajności, dostosowane do realizowanych dużo bardziej skomplikowanych zadań. Inteligentne czujniki obejmują urządzenia, takie jak kamery wideo i systemy wizyjne. Sensory i urządzenia IoT obsługujące te sensory mogą być wyposażone w procesory o znacznej mocy obliczeniowej oraz podzespoły dedykowane realizacji wyspecjalizowanych zadań np. uruchamiania zadań uczenia maszynowego. Zadania wykonywane przez takie czujniki mogą być bardzo złożone. Poniżej przedstawiono, z jakich kroków może składać się proces przetwarzania obrazu przez typowy procesor obrazu (ang. *image signal processing*) w sensorach wizyjnych opartych na technologii CMOS (ang. *complementary metal-oxide semiconductor*).

- **Konwersja analogowo-cyfrowa** – wzmocnienie sygnału z czujnika, a następnie jego konwersja do postaci cyfrowej (10-bitowej). Dane są odczytywane z matrycy fotodiodowej jako spłaszczony szereg wierszy/kolumn reprezentujących właśnie uchwycony obraz.
- **Optyczne zaciskanie** (ang. *optical clamp*) – usuwa wpływ poziomu czerni czujnika na dane wyjściowe, eliminując błędy związane z jego obciążeniem.
- **Balans bieli** – naśladuje sposób, w jaki ludzkie oko dostosowuje się do różnych temperatur barwowych, tak aby neutralne tony wyglądały naturalnie. Proces ten wykorzystuje konwersje macierzowe.
- **Korekcja martwych pikseli** – wykrywa martwe piksele i kompensuje ich brak za pomocą interpolacji. Uszkodzone piksele są zastępowane średnią wartością sąsiednich pikseli.
- **Filtr DeBayera i demosaicing** – filtr DeBayera oddziela dane RGB, wzmacniając zielone składowe względem czerwonych i niebieskich, aby dostosować

czułość luminancji. Proces ten przekształca również obrazy z matrycy na format planarny. Bardziej zaawansowane algorytmy zachowują ostrość krawędzi w obrazach.

- **Redukcja szumów** – czujniki wprowadzają szумы spowodowane efektami aliasingu, konwersją analogowo-cyfrową itp. Szумы mogą wynikać z nierównomiernej czułości pikseli na poziomie tranzystora lub z wycieków fotodiod, powodując powstawanie ciemnych obszarów. Proces ten usuwa biały szum i szum spójny przy użyciu medianowego filtra (3 x 3) obejmującego wszystkie piksele. Alternatywnie może być stosowany filtr despeckle, który sortuje piksele. Istnieją także inne metody, ale wszystkie działają na macierzy pikseli.
- **Wyostrozanie** – zastosowanie efektu rozmycia przy użyciu mnożenia macierzewego, a następnie połączenie go z detalami w obszarach obrazu, aby uzyskać efekt wyostrozenia.
- **Konwersja przestrzeni barw 3 x 3** – konwersja przestrzeni barw do formatu RGB w celu dalszej obróbki kolorów.
- **Korekcja gamma** – koryguje nieliniową odpowiedź czujnika obrazu CMOS na dane RGB przy różnych poziomach naświetlenia. Proces ten wykorzystuje tablicę LUT (ang. *look up table*) do interpolacji i korekcji obrazu.
- **Dodatkowa konwersja przestrzeni barw 3 x 3** – konwersja przestrzeni barw z RGB do formatu YCbCr (ang. *luma*, *chroma-blue*, *chroma-red*). Format YCbCr został wybrany, ponieważ kanał jasności (Y) może być przechowywany w wyższej rozdzielczości niż kanały barwne (CbCr) bez utraty jakości wizualnej. Wykorzystuje także reprezentację 4:2:2 (4 bity dla Y, 2 bity dla Cb i 2 bity dla Cr).
- **Podpróbkiowanie chrominancji** (ang. *chroma subsampling*) – koryguje nieliniowości w tonach RGB, aby dopasować obrazy do innych mediów np. filmów, zapewniając lepszą jakość tonalną.
- **Enkoder JPEG** – standardowy algorytm kompresji JPEG.

Powyższy proces pokazuje, jak skomplikowany może być czujnik oraz jak wiele danych, sprzętu i złożoności można przypisać prostemu systemowi wizyjnemu. Ilość danych przechodzących przez system wizyjny lub kamerę przy zachowawczych 60 klatkach na sekundę w rozdzielczości 1080p jest ogromna.

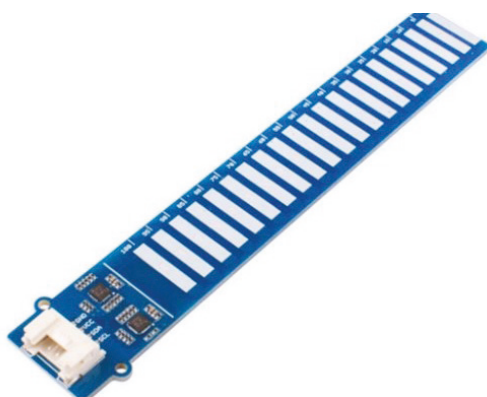
Wszystkie etapy (z wyjątkiem kompresji JPEG) przechodzą przez procesor obrazu, a całkowita ilość przetwarzanych danych wynosi 1,368 GB na sekundę. Uwzględnienie kompresji JPEG jako ostatniego kroku podnosi tę wartość do ponad 2 GB/s w przetwarzaniu przez dedykowany układ scalony. Biorąc pod uwagę ilość danych, operacja przetwarzania obrazu musi być wykonywana jak najbliżej sensora. Należy pamiętać, że urządzenia IoT mogą pracować w warunkach bezpołączeniowych lub z ograniczoną dostępnością sieci. Dodatkowo należy brać pod uwagę wymagania dotyczące zapotrzebowania na energię elektryczną podczas przetwarzania sygnału – przetwarzanie lokalne w modułach CMOS będzie dużo bardziej oszczędne (Lea, 2020). Nie bez znaczenia jest też fakt, że w wielu projektach brzegowego IoT mamy do czynienia z dużą liczbą tego typu modułów, która może sięgać setek.

Na rysunkach 1.13 i 1.16 zaprezentowano dwa moduły wizyjne, a na rysunkach 1.14 i 1.15 dwa przykładowe sensory proste. Przedstawiony na rysunku 1.13 Sensor1 moduł wizyjny może nagrywać wideo o rozdzielczości Full HD z szybkością 50 klatek na sekundę, przy czym wyższe szybkości klatek są możliwe przy niższych rozdzielczościach. Przedstawiona kamera jest kompatybilna z serią urządzeń Raspberry Pi. Z kolei kamera przedstawiona na rysunku 1.16 jest modulem typowo przemysłowym i bardziej uniwersalnym. Może współpracować poprzez złącze USB 3.1 z systemami Windows 10, macOS, Linux, ARM i innymi poprzez szereg bibliotek. Kamera przy poborze energii elektrycznej 1,55 W pozwala pracować z prędkością 90 klatek w rozdzielczości 2048 x 2048 500 klatek w rozdzielczości VGA lub 1000 klatek w rozdzielczości 640 x 400.



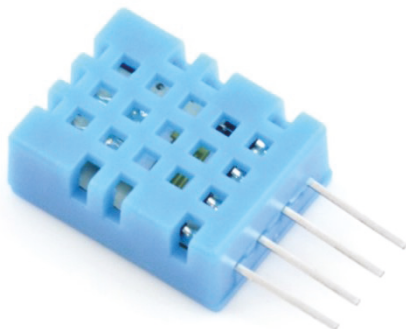
Rysunek 1.13. Moduł kamery kolorowej CMOS Raspberry Pi® SC0873 Camera Module 3 NoIR

Źródło: <https://www.conrad.pl/pl/p/modul-kamery-kolorowej-cmos-raspberry-pi-sc0873-camera-module-3-noir-pasuje-do-raspberry-pi-2751820.html> (dostęp: 28.02.2025).



Rysunek 1.14. Czujnik poziomu wody

Źródło: <https://botland.com.pl/grove-czujniki-pogodowe/16346-grove-czujnik-poziomu-wody-10cm-seeedstudio-101020635-5904422378134.html> (dostęp: 28.02.2025).



Rysunek 1.15. Czujnik temperatury i wilgotności DHT11 +50C

Źródło: <https://botland.com.pl/czujniki-multifunkcyjne/9301-czujnik-temperatury-i-wilgotnosci-dht11-50c-5904422372668.html> (dostęp: 28.02.2025).



Rysunek 1.16. Moduł kamery Ximea MQ042CG-CM-S7

Źródło: <https://www.ximea.com/products/usb-vision-industrial/xiq-usb3-compact-cmos-cameras/cmosis-cmv4000-spartan-7-usb3-color-compact-camera> (dostęp: 28.02.2025).

1.4.2. Urządzenia IoT

Sensory dostarczają sygnały i strumienie danych do analizy. Analiza danych zapewnia wartość biznesową, ale nie wszystkie analizy muszą być przeprowadzane w chmurze. Przeniesienie możliwości analitycznych chmury obliczeniowej do urządzeń brzegowych pozwala na szybsze podejmowanie decyzji i reagowanie na incydenty nawet w trybie offline. Uruchomienie takich możliwości na brzegu wymaga jednak odpowiednich mocy obliczeniowych na urządzeniach, do których podłączone są sensory, lub innych źródeł zasobów obliczeniowych zlokalizowanych blisko sensorów.

W zależności od liczby sensorów, ich rodzaju, częstotliwości próbkowania danych i złożoności zadań analitycznych można dobrać zestaw urządzeń o odpowiednich możliwościach do projektowanego zadania. Poniżej przedstawiono cztery przykładowe rozwiązania sprzętowe, które pozwalają na uruchomienie zadań analitycznych na brzegu z wykorzystaniem sztucznej inteligencji.

Na rysunku 1.17 przedstawiono najtańsze i najprostsze rozwiązanie, które może zostać wykorzystane do uruchomienia modeli uczenia maszynowego i wykonywania zadań, takich jak rozpoznawanie poleceń głosowych, gestów czy osób. Arduino 33 BLE pozwala na uruchomienie zadań przygotowanych w środowisku TensorFlow Lite, czyli rozwiązanie TinyML. TinyML to zestaw technologii w dziedzinie uczenia maszynowego i systemów wbudowanych, które umożliwiają wykorzystanie inteligentnych aplikacji na urządzeniach o bardzo niskim poborze mocy. Zazwyczaj urządzenia te mają ograniczoną pamięć i możliwości obliczeniowe, ale potrafią rejestrować fizyczne otoczenie za pomocą czujników i działać na podstawie decyzji podejmowanych przez algorytmy ML. Arduino Nano 33 BLE jest zasilane napięciem 3,3V, posiada procesor taktowany z częstotliwością 64 MHz i jest wyposażone w 1 MB pamięci FLASH oraz 256 kB pamięci RAM. Jest to rozwiązanie o bardzo małej wydajności, ale można je zastąpić nowszymi i wydajniejszymi modelami, natomiast to o małej wydajności jest dobrym przykładem na zastosowanie SI z wykorzystaniem sensorów w małej skali.



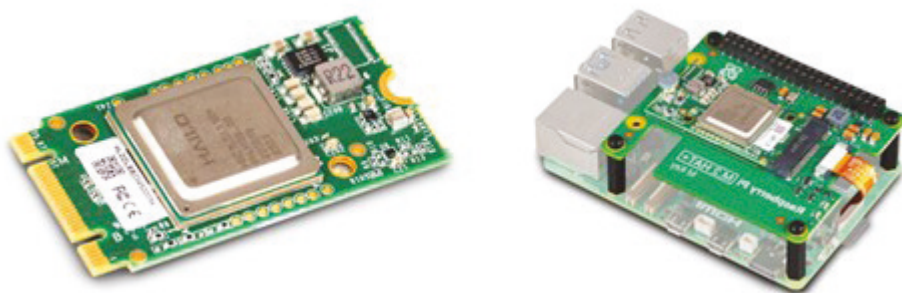
Rysunek 1.17. Arduino Nano 33 BLE

Źródło: <https://botland.com.pl/produkty-wycofane/14757-arduino-nano-33-ble-ze-zlaczami-abx00034-7630049201569.html> (dostęp: 28.02.2025).

Drugą obok Arduino popularną i tanią platformą mikrokomputerową jest Raspberry i również może być potencjalnie wykorzystywana jako brzegowe rozwiązanie IoT. W wersji Pi 3 platforma daje możliwość uruchamiania kontenerów kompatybilnych z brzegowymi technologiami Azure Edge IoT przedstawionymi w punkcie 1.3. Mikrokomputery tej marki występują w wielu konfiguracjach i są rozszerzalne o liczne moduły. Przykładowa specyfikacja najnowszej wersji Pi 5 to:

- 4 GB pamięci RAM (występują również wersje 2,8 i 16 GB);
- czterordzeniowy procesor Broadcom BCM2712 ARM Cortex-A76 64-bit 2,4 GHz;
- dwa złącza microHDMI;
- dwa złącza USB 3.0 i dwa złącza USB 2.0;
- dwuzakresowe Wi-Fi;
- Bluetooth 5 BLE;
- port Ethernet 1 GB/s.

Prezentowany na rysunku 1.18 moduł rozszerzeniowy SI Hailo 8L pozwala na znacznie rozszerzenie możliwości mikrokomputera w dziedzinie zadań wykorzystujących sztuczną inteligencję. Moduł oferuje wydajność do 13 TOPS (trylionów operacji na sekundę) i umożliwia uruchomienie modeli na bazie frameworków SI: TensorFlow, TensorFlow Lite, Keras, PyTorch, ONNX.



Rysunek 1.18. Akcelerator SI Hailo 8L solo z Raspberry PI 5

Źródło: <https://botland.com.pl/raspberry-pi-hat-nakladki-pci-express/24986-raspberry-pi-ai-kit-modul-ai-raspberry-pi-m2-hat-do-raspberry-pi-5-5056561803906.html> (dostęp: 28.02.2025).

Aby zagwarantować całkowitą zgodność rozwiązań brzegowych Azure IoT Edge z komponentami sprzętowymi firma Microsoft wprowadziła proces weryfikacji i certyfikowania urządzeń (Bradish, Sharkey, Scott, 2024). Urządzenia, które uzyskały tego rodzaju certyfikację spełniają wymagania Microsoft odnośnie parametrów sprzętowych, możliwości rozszerzeń, kompatybilności sprzętu i sterowników ze wspieranymi przez brzegowe IoT systemami. Daje to gwarancję uruchomienia kontenerów brzegowych na urządzeniu. Prezentowany na rysunku 1.19 mikrokomputer ASUS NUC 14 Pro to przykład certyfikowanego urządzenia wspierającego brzegowe IoT Microsoft. Konfiguracja takiego rozwiązania może zawierać:

- procesor Intel Core Ultra 7 155H;
- układ graficzny Intel Arc GPU;
- dwa złącza pamięci RAM SO-DIMM do 2x48 GB;
- dwa porty M.2 2280 i 2240 na dyski NVMe SSD do odpowiednio 4 TB i 2 TB;
- jeden port SATA na dysk SSD/HDD do 4 TB;
- kartę Wi-Fi 6E;
- Bluetooth 5.3.

Komputer zawiera również komponenty wspierające wykonywanie wymagających obliczeniowo zadań związanych ze sztuczną inteligencją. Moduł graficzny w prezentowanej wersji w szczycie osiąga 66 TOPS i wspiera następujące frameworki SI: OpenVINO™, Windows ML, DirectML, ONNX RT, WebGPU. Procesor Intel Core Ultra oferuje również technologię NPU (ang. *neural processing unit*) o nazwie Intel AI Boost. Jest to rozwiązanie, które oferuje 48 TOPS, ale ma dużo mniejsze zapotrzebowanie na energię elektryczną niż jednostka graficzna. Procesor wspiera również, czyli pozwala na wykorzystanie, możliwości frameworkom: OpenVINO™, Windows ML, DirectML, ONNX RT.



Rysunek 1.19. ASUS NUC 14 Pro

Źródło: <https://www.asus.com/us/displays-desktops/nucs/nuc-mini-pcs/asus-nuc-14-pro/>
(dostęp: 28.02.2025).

Ostatnim z prezentowanych przykładowych urządzeń jest przedstawiony na rysunku 1.20 komputer AGX Orin Developer Kit wyposażony w procesor NVIDIA Jetson AGX Orin. Wspominany mikrokomputer to narzędzie wykorzystywane w dziedzinie robotyki i brzegowej sztucznej inteligencji. Posiada on wydajność do 275 TOPS. Moduł jest wyposażony w procesor graficzny o architekturze NVIDIA Ampere, posiada procesor ARM Cortex-A78AE, a także akceleratory głębokiego uczenia i wizji nowej generacji. Szybkie porty wejścia/wyjścia, przepustowość pamięci 204 GB/s i 64 GB pamięci RAM są w stanie zasilać wiele równoległe pracujących aplikacji SI. Dzięki Jetson AGX Orin programiści mogą wdrażać duże i wyjątkowo złożone modele w celu rozwiązywania problemów, takich jak rozumienie języka naturalnego, percepcja 3D i fuzja wielu czujników.

Cechy zestawu:

- moc konfigurowalna w zakresie od 15 W do 50 W;
- zastosowana jest nowa architektura NVIDIA Ampere z 2048 rdzeniami NVIDIA® CUDA® i 64 rdzeniami Tensor, posiada 12-rdzeniowy 64-bitowy procesor ARM Cortex-A78AE v8.2 3 MB L2 + 6 MB L3;
- ma wbudowane 64 GB eMMC, przepustowość pamięci 204 GB/s;
- posiada 64 GB pamięci RAM;

- szereg wejść/wyjść: 22 linie PCIe Gen4, Gigabit Ethernet, 4 interfejsy XFI dla 10 Gigabit Ethernet, Display Port, 16 linii MIPI CSI-2, interfejsy USB3.2 i 40-pinowe złącze;
- dołączony akcelerator wizji nowej generacji: PVA v2 oraz wielostandardowy koder i dekodek wideo;
- umożliwia podłączenie 6 kamer lub 16 kamer poprzez kanały wirtualne;
- pełna obsługa frameworka SI NVIDIA Jetpack.



Rysunek 1.20. AGX Orin Developer Kit 64 GB – zestaw programistyczny NVIDIA Jetson AGX Orin

Źródło: <https://botland.com.pl/moduly-nvidia/22925-agx-orin-developer-kit-64gb-zestaw-programistyczny-nvidia-jetson-agx-orin-seeedstudio-102110842-5904422387297.html> (dostęp: 28.02.2025).

Różnorodność sensorów dostępnych w systemach IoT potwierdza ogromny potencjał tej technologii w tworzeniu rozwiązań dopasowanych do odmiennych potrzeb – od prostych czujników środowiskowych po zaawansowane moduły wizyjne wspierające sztuczną inteligencję. Elastyczność w doborze zasobów obliczeniowych umożliwia projektowanie systemów zarówno energooszczędnych i niskokosztowych, a także wysoce wydajnych, zdolnych do przetwarzania danych w czasie rzeczywistym oraz realizacji złożonych zadań analitycznych. Jednocześnie tak szerokie spektrum rozwiązań rodzi wyzwania związane z bezpieczeństwem danych, interoperacyjnością pomiędzy różnymi standardami oraz optymalizacją zużycia energii. W konsekwencji pełne wykorzystanie możliwości IoT wymaga nie tylko innowacyjnych konstrukcji sprzętowych, ale także równoległego rozwoju w obszarach regulacji, standaryzacji i cyberbezpieczeństwa. Tylko takie podejście pozwoli przełożyć elastyczność i skalowalność sensorów na trwałą wartość biznesową i społeczną.

2. Wykorzystanie chmury obliczeniowej w świetle aktualnych badań

2.1. Metodyka badania

Wykorzystanie nowoczesnych technologii przez przedsiębiorstwa w obecnych czasach staje się czynnikiem koniecznym. Nie przekłada się jedynie na większą konkurencyjność, ale coraz częściej jest elementem koniecznym do funkcjonowania przedsiębiorstwa. Dlatego tak istotne jest weryfikowanie, czy i w jakim stopniu firmy wykorzystują nowoczesne technologie. Ważne jest także, aby można było stwierdzić, jakie są bariery, które uniemożliwiają przedsiębiorstwom korzystanie z takich rozwiązań. Wskazanie głównych obaw, czy też przeszkód, może pomóc lepiej dostosować tę technologię do potrzeb rynkowych. Oprócz barier warto także zwrócić uwagę na korzyści, jakie przedsiębiorstwa wskazują, a także jakich oczekują po wdrożeniu tego typu rozwiązań. Istnieje szereg badań i ogólnie dostępnych raportów (PMR Market Experts, 2025; PwC, 2023; GUS, 2024b; Eurostat, 2025; Grand View Research, 2024), które pokazują, jak obecny świat podąża w kierunku nowoczesnych technologii rozwiązań chmurowych, również w Polsce.

Chcąc poznać odpowiedzi wskazane w powyższym akapicie, przeprowadzono badania mające na celu odpowiedzieć na interesujące badaczy aspekty wykorzystania nowoczesnych technologii przez przedsiębiorstwa.

Zespół badawczy pracowników Katedry Informatyki Uniwersytetu Łódzkiego (KI UŁ) analizował dane dotyczące wykorzystania nowoczesnych technologii przez przedsiębiorstwa produkcyjne posiadające siedzibę i/lub produkcję na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej. W literaturze przedmiotu można zaobserwować próby analizy czynników determinujących wykorzystania chmur obliczeniowych w państwach członkowskich UE (Machuga, 2020, s. 27–34). Jednak analizy te dotyczyły lat 2014–2018, gdzie w przypadku nowoczesnych technologii aspekty z nią związane zmieniają się bardzo dynamicznie, co nie pozwala porównać wcześniejszych wyników badań do obecnego stanu rzeczy. Kolejnymi wynikami badań, w których analizowano zakres wykorzystania chmury obliczeniowej w Polsce, były badania przeprowadzane w 2017 roku, jednak były one ograniczone tylko do województwa śląskiego oraz miały

charakter wstępny (Dziembek, Bajdor, 2018, s. 27–53). Następne badania, które podane zostały analizie, dotyczyły danych z Polski z 2021 roku, ale obejmowały swoim zasięgiem jedynie mikroprzedsiębiorstwa (Machuga, 2024, s. 125–139).

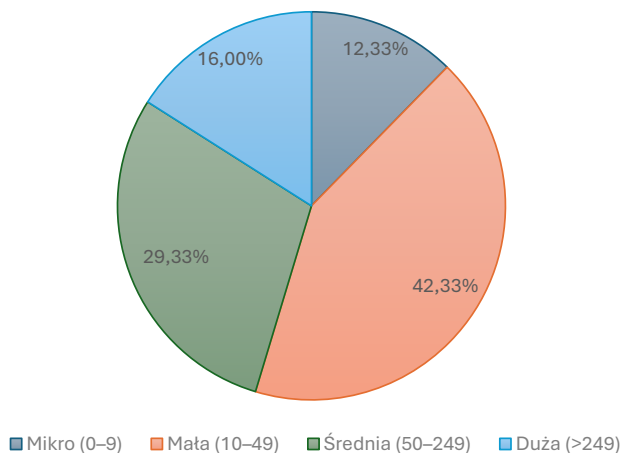
Dokonując przeglądu literaturowego, zauważono ograniczoną liczbę pozycji w tym zakresie. W związku z tym pojawiło się zainteresowanie badaczy powiązane z tą tematyką.

W celu ustalenia stopnia wykorzystania nowoczesnych technologii przez przedsiębiorstwa oraz wskazania barier wynikających z ich wdrożenia, a także korzyści z nich wynikających rozpoczęto proces badawczy.

Kolejnym etapem było opracowanie szczegółowego zakresu badania i opracowanie narzędzia badawczego.

W roku 2023 zespół badawczy pracowników KI UŁ zlecił wykonanie badania firm produkcyjnych w Polsce. Zdecydowano się na przeprowadzenie badania na podstawie losowego doboru próby respondentów. Jako metodę badawczą wybrano CATI (ang. *Computer-Assisted Telephone Interviewing*). Respondentami były osoby pracujące w działach IT firm produkcyjnych posiadające siedzibę i/lub produkcję na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej. Firmy zostały wybrane z bazy Dun & Bradstreet – największej bazy komercyjnej w Polsce. Rekordy z bazy (po spełnieniu zadanych kryteriów) były dobierane w sposób losowy. Kwestionariusz zawierał w większości pytania zamknięte dotyczące zagadnień wykorzystania nowoczesnych usług chmurowych, barier i korzyści z tym związanych, a także zmian o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu usług chmur obliczeniowych. W trakcie badania uzyskano wyniki od 300 respondentów z różnych przedsiębiorstw produkcyjnych.

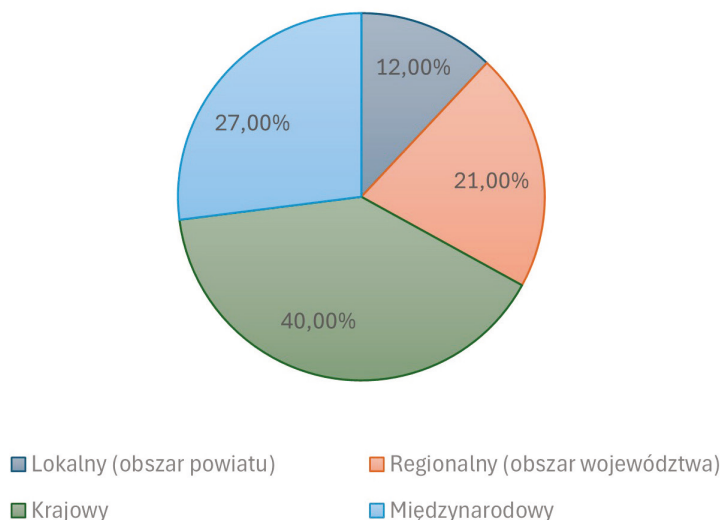
Wykres 2.1 przedstawia procentowy udział przedsiębiorstw z podziałem na liczbę zatrudnionych osób, które wzięły udział w badaniu.



Wykres 2.1. Wielkość przedsiębiorstwa na podstawie liczby osób zatrudnionych w przedsiębiorstwie

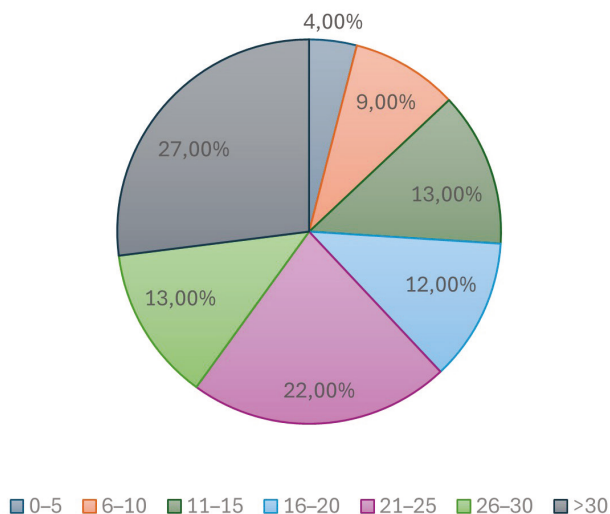
Źródło: badania własne.

W badaniu wzięły udział przedsiębiorstwa, których obszar działania rynkowego był zarówno lokalny (obszar powiatu), regionalny (obszar województwa), krajowy, jak również międzynarodowy. Podział pod względem obrotów na zasięg rynkowy przedstawia wykres 2.2. Jak łatwo można zauważyć, dominowały przedsiębiorstwa, których głównym zakresem działań był rynek krajowy – 120 respondentów (40,00%). Drugie pod względem liczby były przedsiębiorstwa, dla których głównym spektrum działania był rynek międzynarodowy – 80 respondentów (27,00%).



Wykres 2.2. Liczba przedsiębiorstw według obszaru działania przedsiębiorstw

Źródło: badania własne.



Wykres 2.3. Liczba przedsiębiorstw według liczby lat na rynku przedsiębiorstwa

Źródło: badania własne.

W badaniu weryfikowano także, jak długo dane przedsiębiorstwo znajduje się na rynku. Dwa najstarsze z nich znajdują się na rynku od ponad 120 lat (odpowiednio 126 i 123 lata) i są to przedsiębiorstwa zatrudniające ponad 249 osób. Na wykresie 2.3 można również zaobserwować, że największy odsetek przedsiębiorstw stanowiły te, które na rynku działają powyżej 30 lat.

Kolejnym etapem było poddanie analizie zgromadzonego materiału empirycznego. Poniżej przedstawiono kilka głównych zagadnień, na które ta analiza miała odpowiedzieć.

1. Czy firmy produkcyjne wykorzystują nowoczesne technologie w postaci chmury obliczeniowej?
2. Jakie są główne korzyści wg przedsiębiorstw korzystania z tych technologii?
3. Jakie bariery wynikające z wykorzystania usług w chmurze widzą przedsiębiorstwa?
4. Czy wykorzystanie nowoczesnych technologii pozwoliło zaobserwować zmiany o charakterze innowacyjnym?

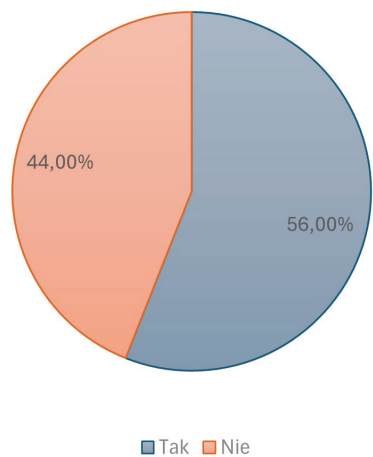
W przypadku analizy danych pod kątem odpowiedzi na postawione pytania badawcze analizowano także wpływ wielkości przedsiębiorstw oraz ich obszar działań na rynku.

W toku przeprowadzanych analiz postawiono również szereg szczegółowych pytań badawczych, które miały na celu odpowiedzieć na główne pytania badawcze.

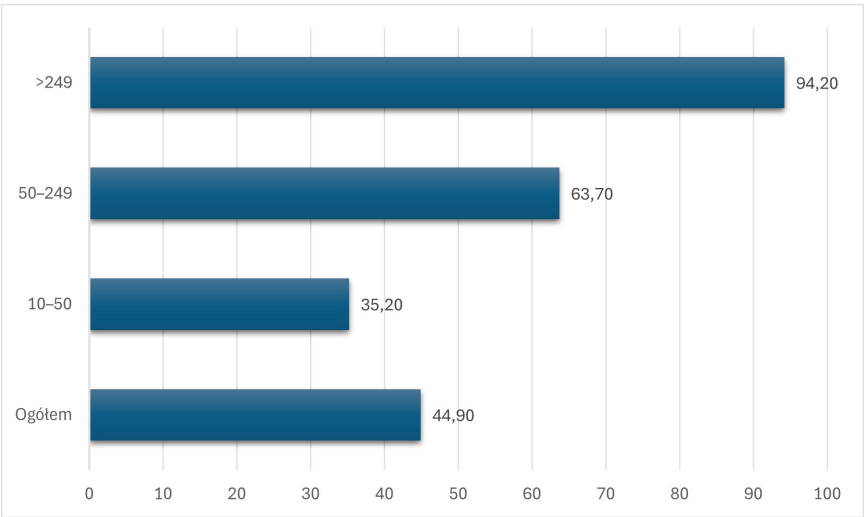
2.2. Wykorzystanie rozwiązań chmury obliczeniowej przez przedsiębiorstwa

Podstawowe pytanie, jakie postawiono respondentom, dotyczyło wykorzystania rozwiązań chmury obliczeniowej. Na wykresie 2.4 można zauważyć, że ponad połowa, bo 56,00% respondentów wykazała, iż nie korzysta z takich rozwiązań. Porównując wyniki tego badania do wyników badań osiągniętych przez GUS w 2023 roku, można zauważyć, że wykorzystanie nowoczesnych technologii na wykresie 2.5 wskazało 45,00% przedsiębiorstw (GUS, 2024b). Z czego ponad 94,00% badanych przedsiębiorstw korzystających z nowoczesnych technologii to przedsiębiorstwa duże zatrudniające powyżej 249 osób.

W tabeli 2.1, analizując wiek przedsiębiorstwa, czyli czas jego działania na rynku w stosunku do korzystania z rozwiązań w chmurze, wyraźnie można zauważyć, iż najchętniej z takich rozwiązań korzystają przedsiębiorstwa w przedziale od 6 do 10 lat – 66,67%. Natomiast najmniejszą chęć korzystania z takich rozwiązań wskazują przedsiębiorstwa istniejące na rynku od 16 do 20 lat.



Wykres 2.4. Odsetek firm korzystających z rozwiązań chmurowych
Źródło: badania własne.



Wykres 2.5. Przedsiębiorstwa przemysłowe korzystające z zaawansowanych technologii w 2023 roku według liczby pracujących (w %)
Źródło: opracowanie własne na podstawie (GUS, 2024b).

Tabela 2.1. Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa a korzystanie z rozwiązań chmury obliczeniowej

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Czy firma korzysta z rozwiązań w chmurze i/lub w chmurze obliczeniowej?		Ogółem
	Tak	Nie	
0-5	4 (36,36%)	7 (63,64%)	11

Tab. 2.1. Liczba lat na rynku... (cd.)

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Czy firma korzysta z rozwiązań w chmurze i/lub w chmurze obliczeniowej?		Ogółem
	Tak	Nie	
6–10	18 (66,67%)	9 (33,33%)	27
11–15	22 (56,41%)	17 (43,59%)	39
16–20	8 (22,86%)	27 (77,14%)	35
21–25	25 (37,31%)	42 (62,69%)	67
26–30	16 (41,03%)	23 (58,97%)	39
>30	40 (48,78%)	42 (51,22%)	82
Ogółem	133	167	300

Źródło: badania własne.

Kolejnym aspektem badawczym, jaki poddano obserwacji, było zbadanie, czy istnieje zależność między korzystaniem z rozwiązań chmury obliczeniowej a czasem działania przedsiębiorstwa na rynku. Chcąc odpowiedzieć na pytanie, czy przedsiębiorstwa „młode” mają większą tendencję do używania nowoczesnych technologii. Czy też korzystanie z tego typu technologii nie jest powiązane z liczbą lat funkcjonowania przedsiębiorstwa na rynku. Wyliczone wartości chi-kwadrat (χ^2) wyniosła 16,754, $df = 6$ i $p = 0,010$ pozwalają stwierdzić, iż istnieje zależność pomiędzy wiekiem przedsiębiorstwa a korzystaniem z rozwiązań w chmurze obliczeniowej. Jednak wartość współczynnika V Craméra = 0,236 pozwala stwierdzić, iż siła tej zależności jest umiarkowana.

W przypadku badania własnego zaobserwowano zależność między wielkością przedsiębiorstwa a wykorzystaniem chmury obliczeniowej. Jak można zaobserwować w tabeli 2.2, największy odsetek wykorzystania technologii chmury obliczeniowej występuje w przypadku przedsiębiorstw dużych 81,25%. W przypadku średnich przedsiębiorstw odsetek ten wynosi 64,77% i tylko 13,51% mikro przedsiębiorstw zadeklarowało wykorzystanie technologii chmurowych. Wyniki te nie odbiegają od tych, które zostały przedstawione przez GUS, głównie jeśli chodzi o przedsiębiorstwa duże. Należy jednak pamiętać, iż w przypadku badania przeprowadzonego przez GUS respondenci zaznaczali wykorzystanie zaawansowanych technologii w przypadku wykorzystania przez siebie przynajmniej jednej z technologii, w których skład wchodziły chmura obliczeniowa, IoT, big data lub sztuczna inteligencja.

Tabela 2.2. Wielkość przedsiębiorstwa a wykorzystanie rozwiązań chmury obliczeniowej

Wielkość przedsiębiorstwa	Czy firma korzysta z rozwiązań w chmurze i/lub w chmurze obliczeniowej?		Ogółem
	Tak	Nie	
Mikro (0–9)	5 (13,51%)	32 (86,49%)	37
Mała (10–49)	32 (25,20%)	95 (74,80%)	127
Średnia (50–249)	57 (64,77%)	31 (35,23%)	88
Duża (>249)	39 (81,25%)	9 (18,75%)	48
Ogółem	133	167	300

Źródło: badania własne.

W celu zbadania zależności i jej siły wykorzystano test chi-kwadrat Pearsona, którego wartość wyniosła 74,490, $df = 3$ i $p = 0,001$. W tabeli 2.3 można zaobserwować, że badając siłę zależności, obliczono współczynnik V Craméra = 0,498. Można zatem wysnuć wniosek iż istnieje umiarkowana zależność między wielkością organizacji a wykorzystaniem technologii chmury obliczeniowej.

Tabela 2.3. Zależność wielkości przedsiębiorstwa i wykorzystania technologii chmurowych

Nominalna przez Nominalna	Wartość	Istotność przybliżona
Phi	0,498	0,000
V Craméra	0,498	0,000
Współczynnik kontyngencji	0,446	0,000
N ważnych obserwacji	300	–

Źródło: badania własne.

Kolejnym aspektem, który został poddany analizie było zaobserwowanie zależności między obszarem działań przedsiębiorstwa a wykorzystaniem technologii chmury obliczeniowej. W tabeli 2.4 można zaobserwować, że w tym aspekcie okazało się, że ponad 78% firm o zasięgu międzynarodowym wykorzystuje tę technologię. Reszta przedsiębiorstw działająca na rynkach lokalnych, regionalnych i krajowych prezentowała bardzo zbliżone wyniki.

Tabela 2.4. Obszar działania przedsiębiorstwa a wykorzystanie chmury obliczeniowej

Obszar działania przedsiębiorstwa	Czy firma korzysta z rozwiązań w chmurze i/lub w chmurze obliczeniowej?		Ogółem
	Tak	Nie	
Lokalny (obszar powiatu)	11 (29,73%)	26 (70,27%)	37
Regionalny (obszar województwa)	19 (30,16%)	44 (69,84%)	63
Krajowy	40 (33,33%)	80 (66,67%)	120
Międzynarodowy	63 (78,75%)	17 (21,25%)	80
Ogółem	133	167	300

Źródło: badania własne.

W tym przypadku również po przeanalizowaniu wyników testu chi-kwadrat Pearsona oraz miar symetrycznych można mówić o zależności z siłą umiarkowaną między dominującym obszarem działania przedsiębiorstwa a wykorzystaniem nowoczesnych technologii, jakim jest chmura obliczeniowa: wartość chi-kwadrat Pearsona wyniosła 52,607, $df = 3$, $p = 0,001$; a współczynnik V Craméra = 0,419.

Kolejnym badanym aspektem była analiza dotycząca wykorzystania rozwiązań chmurowych w zależności od wielkości przedsiębiorstwa oraz rynkowego zasięgu działania. W tabeli 2.5 przedstawiono łączne zestawienie danych dotyczące wykorzystania rozwiązań chmury obliczeniowej w kontekście zarówno zasięgu działania przedsiębiorstwa, jak i wielkości przedsiębiorstwa. Analizując poniższe dane, można zauważyć, iż wszystkie mikro przedsiębiorstwa o zasięgu międzynarodowym wykorzystują rozwiązania chmurowe. W przypadku przedsiębiorstw małych największy procent użycia tychże rozwiązań również wskazują przedsiębiorstwa o zasięgu międzynarodowym – 58,82%. Dla średniej wielkości przedsiębiorstw największy odsetek wykorzystania tej technologii wskazują zarówno przedsiębiorstwa o zasięgu międzynarodowym (76,47%), jak i regionalnym (72,73%). W przypadku przedsiębiorstw dużych największy odsetek wykorzystania technologii chmurowych można zauważyć wśród przedsiębiorstw międzynarodowych (92,86%). W związku z tym można wyciągnąć wniosek, iż głównie przedsiębiorstwa działające na rynkach międzynarodowych bez względu na ich wielkości wskazują na wykorzystanie nowoczesnych technologii w postaci rozwiązań chmury obliczeniowej.

Tab. 2.5. Wykorzystanie technologii chmurowych... (cd.)

Wielkość przedsiębiorstwa				Zasięg działania rynkowego przedsiębiorstwa			
				Lokalny (obszar powiatu)	Regionalny (obszar województwa)	Krajowy	Międzynarodowy
Duża (>249)	Czy firma korzysta z rozwiązań w chmurze i/lub w chmurze obliczeniowej?	Tak	Liczebność	0	0	13	26
			Procent	0,00	0,00	72,22	92,86
		Nie	Liczebność	0	2	5	2
			Procent	0,00	100,00	27,78	7,14
	Ogółem		Liczebność	0	2	18	28

Źródło: badania własne.

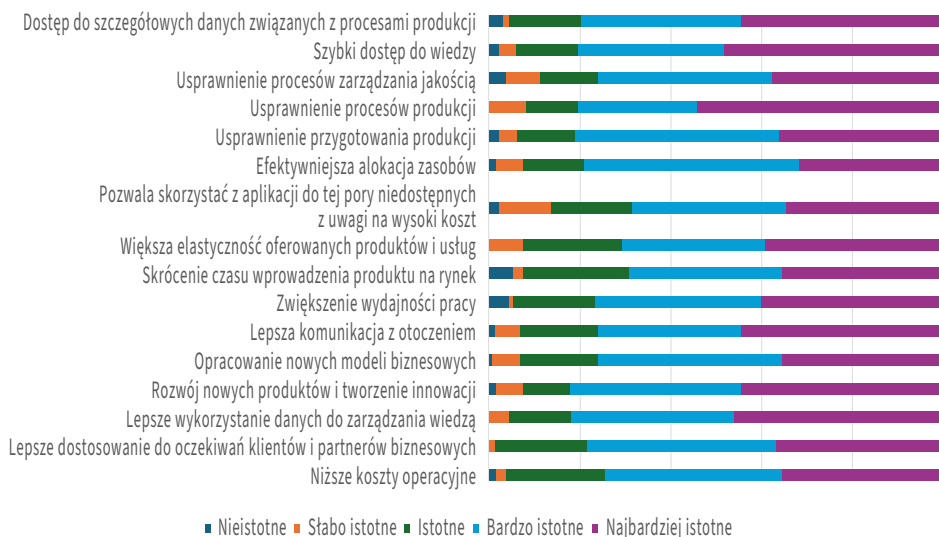
2.3. Korzyści z wykorzystania rozwiązań chmury obliczeniowej w przedsiębiorstwach

Kolejnym badanym aspektem były korzyści wynikające z korzystania z usług w chmurze obliczeniowej dla wybranych obszarów firmy. Skoro przedsiębiorstwa zdecydowały się na wykorzystanie technologii chmurowych to, w jakich obszarach wskazują największe korzyści? Przedsiębiorcy mieli wskazać obszary, które określali w skali od 1 (nieistotne) do 5 (najbardziej istotnych), w kwestii wykorzystania w tych obszarach rozwiązań chmurowych. Kluczowe obszary, jakie zostały zdefiniowane, w badaniu zawierały:

- dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji;
- szybki dostęp do wiedzy;
- usprawnienie procesów zarządzania jakością;
- usprawnienie procesów produkcji;
- usprawnienie przygotowania produkcji;
- efektywniejszą alokację zasobów;
- pozwolenie na korzystanie z aplikacji do tej pory niedostępnych z uwagi na wysoki koszt;
- większą elastyczność oferowanych produktów i usług;
- skrócenie czasu wprowadzenia produktu na rynek;
- zwiększenie wydajności pracy;
- lepszą komunikację z otoczeniem;
- opracowanie nowych modeli biznesowych;

- rozwój nowych produktów i tworzenie innowacji;
- lepsze wykorzystanie danych do zarządzania wiedzą;
- lepsze dostosowanie do oczekiwań klientów i partnerów biznesowych;
- niższe koszty operacyjne (związane z produkcją).

Łączne wyniki dla wszystkich kategorii przedstawia wykres 2.6.



Wykres 2.6. Obszary działalności przedsiębiorstwa z podziałem na korzyści
Źródło: badania własne.

Można zauważyć, iż w przypadku kilku pytań respondenci wskazali pewne obszary kluczowe z punktu działania przedsiębiorstwa, gdyż nie pojawiła się przy nich wartość „nieistotne”. Do tych obszarów zaliczamy: usprawnienie procesów produkcji, większą elastyczność oferowanych produktów i usług, lepsze wykorzystanie danych do zarządzania wiedzą oraz lepsze dostosowanie do oczekiwań klientów i partnerów biznesowych. Wybór tych kategorii ze względu na produkcyjny charakter przedsiębiorstw nie jest zaskoczeniem. Przedsiębiorstwa tego typu jako swój główny cel stawiają usprawnienie procesów produkcyjnych – wynik respondentów w przypadku tej odpowiedzi był najwyższy i wynosił 54,14%, wskazując ten obszar jako najbardziej istotny.

Ważnym aspektem, który można zauważyć w tabeli 2.6, jest również szybki dostęp do wiedzy, co wskazało 48,12% respondentów. Był to drugi najwyższy wynik, jeśli chodzi o obszary wskazane jako najbardziej istotne z punktu widzenia przedsiębiorstw. Jak widać, firmom oprócz usprawniania procesów produkcyjnych zależy również na technologiach, które umożliwiają dostęp do wiedzy. W poprzednich rozdziałach zwrócono uwagę na to, że aspekt ten jednoznacznie kojarzy się z wykorzystaniem sztucznej inteligencji, a także innych nowoczesnych technologii, które taki aspekt przedsiębiorcom umożliwiają.

Obszary, które uzyskały największą liczbę głosów respondentów, jeśli chodzi o korzyści wynikające z zastosowania rozwiązań chmurowych, przedstawia tabela 2.6.

Tabela 2.6. Obszary uznawane za kluczowe, jeśli chodzi o korzyści z zastosowania chmury obliczeniowej

Najbardziej istotne obszary	Najbardziej istotne (%)
Usprawnienie procesów produkcji	54,14
Szybki dostęp do wiedzy	48,12
Lepsze wykorzystanie danych do zarządzania wiedzą	45,86
Rozwój nowych produktów i tworzenie innowacji	44,36
Lepsza komunikacja z otoczeniem	44,36
Dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji	44,36

Źródło: badania własne.

W przypadku wyżej wymienionych obszarów analizowano, czy istnieje jakaś zależność między wielkością przedsiębiorstwa a wskazanymi obszarami. Pozostałe obszary, które osiągnęły mniejsze wyniki nie poddawane były analizie.

2.3.1. Usprawnienie procesów produkcji

Jak wskazano w tabeli 2.6, ponad połowa respondentów (54,14%) wybrała ten obszar za najbardziej istotny, a 26,32% jako bardzo istotny. Dlatego warto się zastanowić, czy w tym aspekcie wielkość przedsiębiorstwa, czy też jego obszar działania, były w jakiś sposób powiązane z wyborem tej odpowiedzi. Przeprowadzona analiza wyników pozwoliła określić, iż istnieje wpływ wielkości przedsiębiorstwa na wskazanie korzyści wynikającej z usprawnienia procesów produkcji: statystyka chi-kwadrat = 19,560, $df = 9$, $p = 0,021$, ale biorąc pod uwagę współczynnik V Craméra = 0,221, można ją określić jako umiarkowaną – choć, jak widać, znajduje się w dolnej granicy obszaru. Szczegółowa analiza odpowiedzi znajduje się w tabeli 2.7.

Tabela 2.7. Usprawnienie procesów produkcji a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Usprawnienie procesów produkcji				Ogółem
	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	0	3	1	1	5
Mała (10–49)	5	2	6	19	32
Średnia (50–249)	2	8	16	31	57

Wielkość przedsiębiorstwa	Usprawnienie procesów produkcji				Ogółem
	stabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Duża (>249)	4	2	12	21	39
Ogółem	11	15	35	72	133

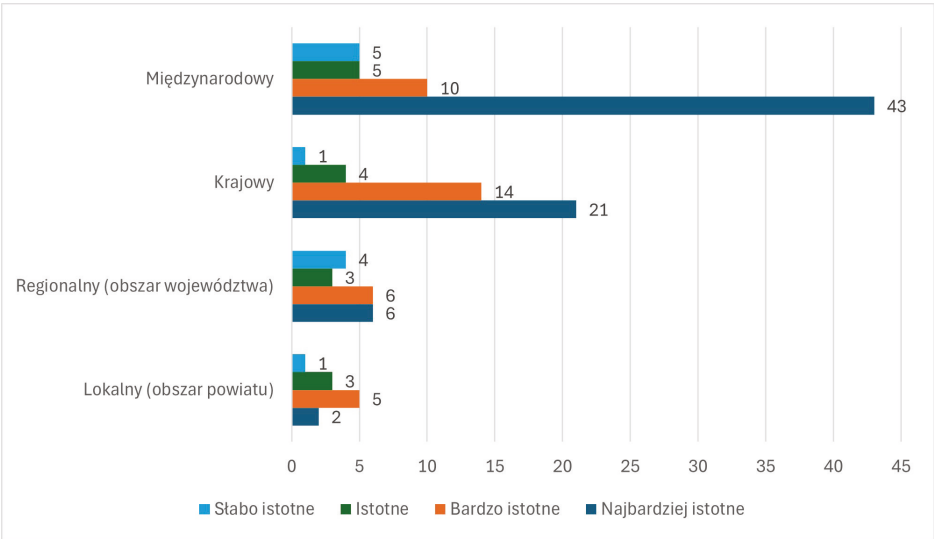
Źródło: badania własne.

Jeśli zaś chodzi o obszar działania przedsiębiorstwa i wyboru usprawniania procesów produkcyjnych (szczegółowe wyniki w tabeli 2.8), to wyliczone wielkości: statystyki chi-kwadrat = 21,141, df = 9 i p = 0,012 – wskazują na zależność, ale, tak jak w poprzednim przypadku, współczynnik V Craméra = 0,230 wskazuje tylko na umiarkowane powiązanie tych dwóch zmiennych.

Tabela 2.8. Usprawnienie procesów produkcji a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Usprawnienie procesów produkcji				Ogółem
	stabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	3	5	2	11
Regionalny (obszar województwa)	4	3	6	6	19
Krajowy	1	4	14	21	40
Międzynarodowy	5	5	10	43	63
Ogółem	11	15	35	72	133

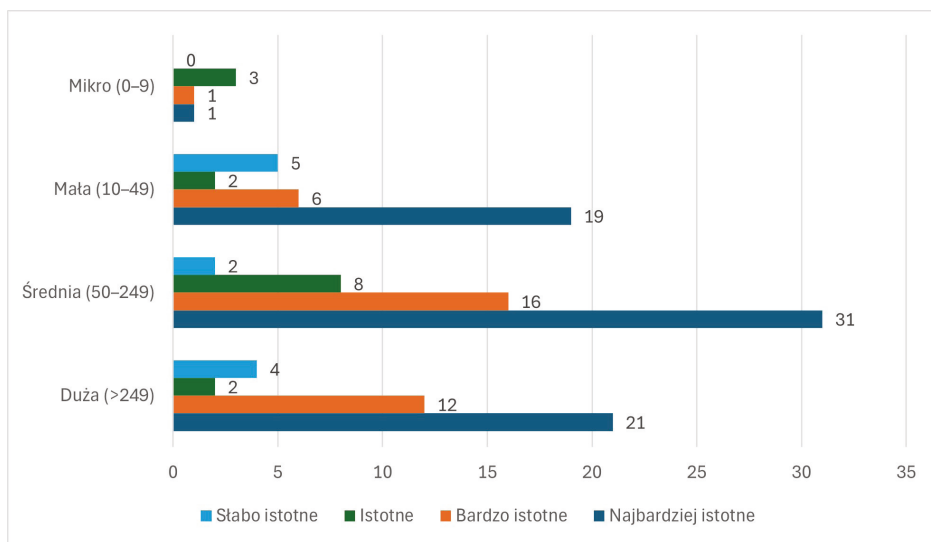
Źródło: badania własne.



Wykres 2.7. Usprawnienie procesów produkcji a obszar działania przedsiębiorstwa

Źródło: badania własne.

Jak widać z powyższych danych, istnieje umiarkowana zależność, jeśli chodzi o wielkość przedsiębiorstwa, jak również na główny obszar działania w stosunku do wyboru rozwiązań chmurowych, które pozwalają na usprawnienie procesów produkcji. Na wykresie 2.7 można jednak zauważyć, iż przedsiębiorstwa działające na rynku międzynarodowym szczególnie uważają ten aspekt wykorzystania technologii chmurowych za istotny. A na wykresie 2.8 można także zauważyć, że najchętniej wykorzystują tę technologię przedsiębiorstwa o średniej wielkości.



Wykres 2.8. Wielkość przedsiębiorstwa a usprawnienie procesów produkcyjnych

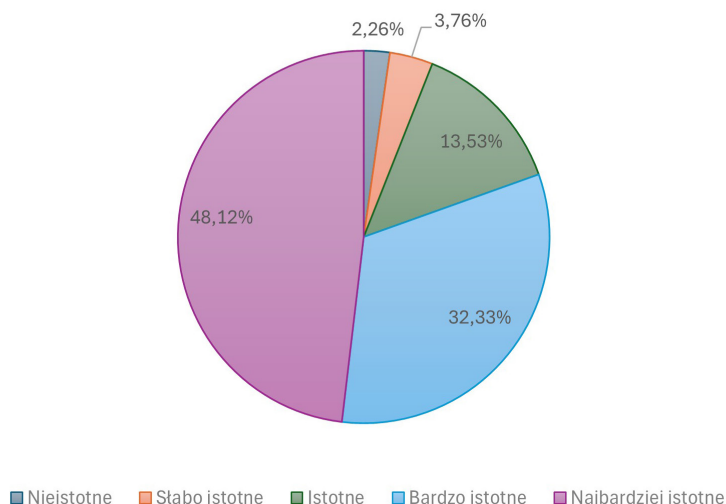
Źródło: badania własne.

2.3.2. Szybki dostęp do wiedzy

Kolejnym istotnym czynnikiem, jaki wskazywali respondenci, było wykorzystanie technologii chmurowych w zakresie szybkiego dostępu do wiedzy. Dokładnie 48,12% respondentów wskazało ten aspekt jako najbardziej istotny. Natomiast 32,33% wskazało go jako bardzo istotny. Dokładne odpowiedzi respondentów umieszczone zostały na wykresie 2.9.

Również i w tym przypadku przeprowadzono analizę zależności w kontekście wielkości przedsiębiorstwa, a także obszarów działania. Wyniki chi-kwadrat w przypadku zależności wielkości przedsiębiorstwa w stosunku do wykorzystania chmury obliczeniowej w aspekcie szybkiego dostępu do wiedzy przedstawiały się następująco: statystyka chi-kwadrat = 7,487, $df = 12$, $p = 0,824$. Oznacza to, że wielkość przedsiębiorstwa nie ma tutaj związku z wykorzystaniem tej technologii w tym aspekcie. Jeśli zaś chodzi o dominujący obszar działania przedsiębiorstwa,

tutaj także nie odkryto żadnej zależności w stosunku do szybkiego dostępu do wiedzy: wartość statystyki chi-kwadrat = 14,914, $df = 12$, $p = 0,246$.



Wykres 2.9. Korzyści wynikające z szybkiego dostępu do wiedzy dzięki chmurze obliczeniowej
Źródło: badania własne.

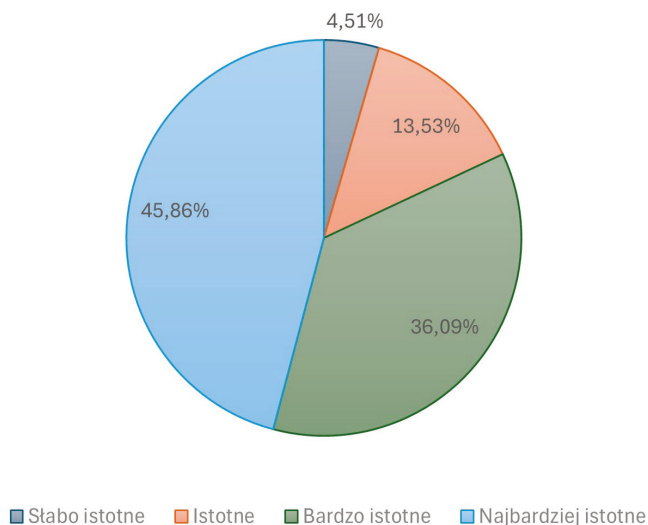
Analiza dowiodła, iż zarówno wielkość przedsiębiorstwa oraz główny obszar jego działania nie są powiązane ze wskazaniem chmury obliczeniowej w kontekście wykorzystania tej technologii w obszarze szybkiego dostępu do wiedzy. Oznacza to, że zarówno przedsiębiorstwa bez względu na ich wielkość cenią sobie wykorzystanie technologii w tym aspekcie. Jak również w przypadku ich obszaru działania nie ma on znaczenia. Zarówno przedsiębiorstwa działające na rynku lokalnym, jak i międzynarodowym wykorzystują tę technologię na równi.

2.3.3. Lepsze wykorzystanie danych do zarządzania wiedzą

Przedsiębiorstwa produkcyjne, chcąc być konkurencyjnymi na rynku, muszą cały czas w odpowiedni sposób zarządzać swoimi danymi, aby umiejętnie przekształcać je w wiedzę. Zarządzanie tą wiedzą natomiast pozwala im na lepsze funkcjonowanie i wykorzystanie swoich zasobów. Szczegółowe wyniki dotyczące odpowiedzi respondentów przedstawia wykres 2.10.

Istotnym aspektem w przypadku tego obszaru jest to, iż żadne z przedsiębiorstw nie wskazało tego obszaru wykorzystania chmury obliczeniowej jako nieistotny: wartość statystyki chi-kwadrat = 5,248, $df = 9$, $p = 0,812$. Może to oznaczać, iż bez względu na wielkość przedsiębiorstwa aspekt ten jest dla przedsiębiorstw istotny. Natomiast analiza statystyki chi-kwadrat w kontekście zależności pomiędzy obszarem działania przedsiębiorstwa a wykorzystaniem chmury obliczeniowej

w kontekście lepszego wykorzystania danych do zarządzania wiedzą wykazała zależność. W tabeli 2.9 można zaobserwować, że wartość statystyki chi-kwadrat wynosiła 29,198, $df = 9$, $p = 0,001$ przy współczynniku V Craméra = 0,271, co wskazuje na umiarkowane powiązanie.



Wykres 2.10. Lepsze wykorzystanie danych do zarządzania wiedzą

Źródło: badania własne.

Tabela 2.9. Zależność lepszego wykorzystania danych do zarządzania wiedzą względem obszaru działania przedsiębiorstwa

	Wartość	df	Istotność asymptotyczna (dwustronna)
Chi-kwadrat Pearsona	29,198	9	0,001
Iloraz wiarygodności	30,712	9	0,000
Test związku liniowego	14,494	1	0,000

Źródło: badania własne.

Otrzymane wyniki wskazują na zależność między obszarem działania przedsiębiorstwa a wykorzystaniem chmury obliczeniowej do zarządzania wiedzą. Szczegółowe dane są przedstawione w tabeli 2.10. Wyniki pokazują, iż przedsiębiorstwa o zasięgu krajowym i międzynarodowym głównie wykorzystują chmurę w badanym obszarze.

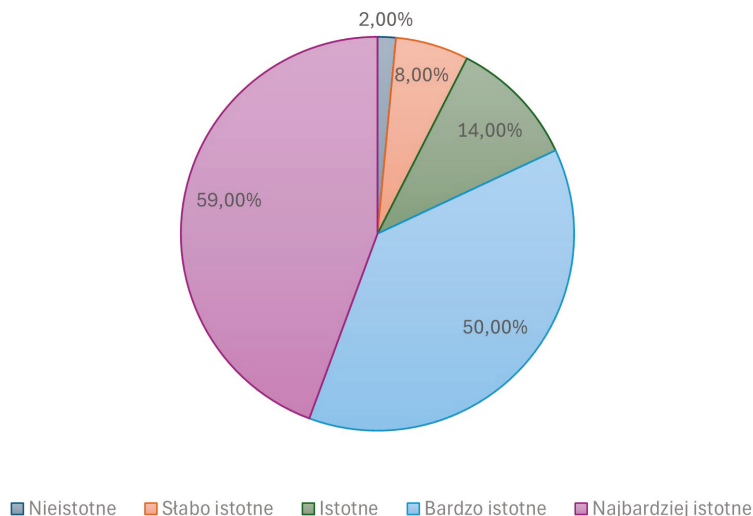
Tabela 2.10. Lepsze zarządzanie wiedzą a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Lepsze wykorzystanie danych do zarządzania wiedzą				Ogółem
	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	0	4	5	2	11
Regionalny (obszar województwa)	2	4	8	5	19
Krajowy	4	3	20	13	40
Międzynarodowy	0	7	15	41	63
Ogółem	6	18	48	61	133

Źródło: badania własne.

2.3.4. Rozwój nowych produktów i tworzenie innowacji

Kolejny aspekt, który był wskazywany przez respondentów, dotyczył rozwoju nowych produktów i tworzenie innowacji dzięki wykorzystaniu technologii chmurowych. Łącznie ponad 100 respondentów wskazało ten aspekt jako bardzo istotny i najbardziej istotny – wykres 2.11.



Wykres 2.11. Rozwój nowych produktów i tworzenie innowacji w kontekście chmury obliczeniowej

Źródło: badania własne.

Badanie zależności wykorzystania technologii chmurowej w aspekcie rozwoju nowych produktów i tworzenia innowacji nie wykazało zależności: wartość statystyki chi-kwadrat = 20,602, $df = 12$, $p = 0,057$.

Natomiast w kontekście zależności rozwoju nowych produktów i tworzenia innowacji wykorzystując technologie chmurowe w stosunku do obszaru działania odnotowano zależność: wartość statystyki chi-kwadrat = 30,674, $df = 12$, $p = 0,002$, współczynnik V Craméra = 0,277. Można ją określić jako umiarkowaną.

Tabela 2.11. Rozwój nowych produktów i tworzenie innowacji a obszar działania przedsiębiorstwa

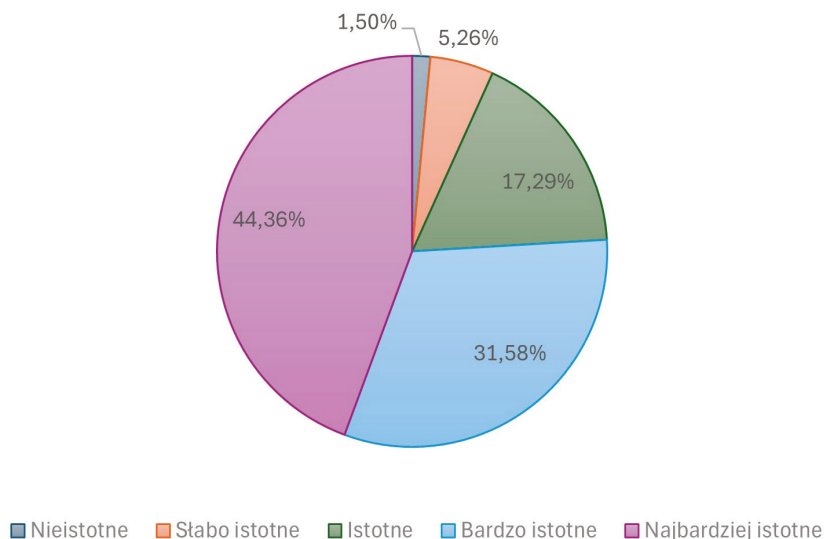
Obszar działania przedsiębiorstwa	Rozwój nowych produktów i tworzenie innowacji					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	0	3	2	4	2	11
Regionalny (obszar województwa)	2	1	2	9	5	19
Krajowy	0	4	4	13	19	40
Międzynarodowy	0	0	6	24	33	63
Ogółem	2	8	14	50	59	133

Źródło: badania własne.

Tabela 2.11 przedstawia szczegółowe wyniki dotyczące zasięgu działania przedsiębiorstwa, jak i wykorzystania chmury obliczeniowej w aspekcie rozwoju nowych produktów i tworzenia innowacji. Można tutaj zaobserwować, iż prym wiodą przedsiębiorstwa o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Przedsiębiorstwa, które operują na rynkach międzynarodowych, jak również na krajowych najbardziej zależy na rozwoju nowych produktów i ciągłym tworzeniu innowacji. Jest to na pewno jeden z głównych czynników, który może wskazywać na dużą konkurencyjność przedsiębiorstwa na rynkach. Jego odbiór przez potencjalnych klientów, bądź kontrahentów jest bardziej pozytywny, jeśli widzą, iż przedsiębiorstwo stawia na ciągły rozwój i ciągle tworzenie innowacji. Wykorzystanie nowoczesnych technologii na pewno sprzyja i ułatwia operowanie w tym zakresie rozwoju.

2.3.5. Lepsza komunikacja z otoczeniem

Kolejnym badanym obszarem wskazanym przez respondentów było wykorzystanie chmury obliczeniowej w aspekcie polepszenia komunikacji z otoczeniem. Obszar ten jako najbardziej istotny wskazało 44,36% respondentów, a 31,58% jako bardzo istotne. Szczegółowe wyniki przedstawiono na wykresie 2.12.



Wykres 2.12. Lepsza komunikacja z otoczeniem przy wykorzystaniu chmury obliczeniowej
Źródło: badania własne.

Badanie nie wykazało żadnej zależności między wielkością przedsiębiorstwa a wykorzystaniem chmury obliczeniowej w aspekcie komunikacji z otoczeniem: statystyka chi-kwadrat = 14,283, $df = 12$, $p = 0,283$. Jak widać, bez względu na wielkość przedsiębiorstwa bardzo istotne jest dla nich wykorzystanie nowoczesnych technologii, aby usprawnić proces komunikacji z otoczeniem. W tabeli 2.12 można zaobserwować, że jedynie tylko w przypadku dwóch średnich przedsiębiorstw wskazały one jako nieistotne polepszenie komunikacji z otoczeniem przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii.

Tabela 2.12. Lepsza komunikacja z otoczeniem a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Lepsza komunikacja z otoczeniem					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	0	0	2	2	1	5
Mała (10–49)	0	1	7	8	16	32
Średnia (50–249)	2	1	10	17	27	57
Duża (>249)	0	5	4	15	15	39
Ogółem	2	7	23	42	59	133

Źródło: badania własne.

Analiza wyników pozwoliła zauważyć, iż 101 (42 + 59) respondentów na 133 uznało aspekt komunikacji z otoczeniem jako bardzo istotny i najbardziej istotny. Po dodaniu do tego kolejnych 23 przedsiębiorstw, które uważają ten aspekt za istotny, otrzymano wynik 124 przedsiębiorstw. Przekładało się to na 93,23% wszystkich przedsiębiorstw. Pokazuje to, jak ważny jest to aspekt dla obecnie działających przedsiębiorstw na rynku.

Badając wyniki dotyczące obszaru działania przedsiębiorstwa w kontekście wykorzystania chmury obliczeniowej w celach polepszenia komunikacji z otoczeniem, dało się zauważyć zależność. Szczegółowe wyniki przedstawia tabela 2.13.

Tabela 2.13. Lepsza komunikacja z otoczeniem w kontekście obszaru działania przedsiębiorstwa

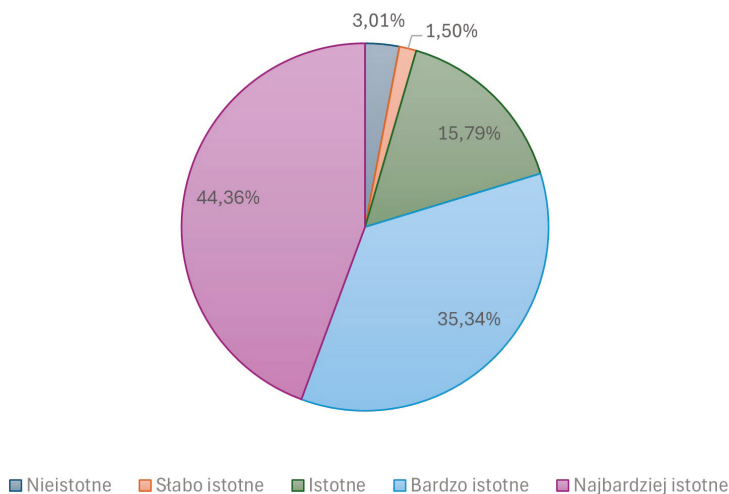
Obszar działania przedsiębiorstwa	Lepsza komunikacja z otoczeniem					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	0	0	6	2	3	11
Regionalny (obszar województwa)	2	1	1	8	7	19
Krajowy	0	1	6	20	13	40
Międzynarodowy	0	5	10	12	36	63
Ogółem	2	7	23	42	59	133

Źródło: badania własne.

Wyniki statystyki chi-kwadrat = 37,905, $df = 12$, $p = 0,001$ przy współczynniku V Craméra = 0,308 oznacza zależność na poziomie umiarkowanym. Wartym zaobserwowania jest wynik dotyczący przedsiębiorstw o zasięgu krajowym, gdzie 97,50% przedsiębiorstw wskazało, iż jest to istotny, bardzo istotny lub najbardziej istotny aspekt wykorzystania nowoczesnych technologii w aspekcie polepszenia komunikacji z otoczeniem. Jest to najwyższy odsetek przedsiębiorstw, biorąc pod uwagę tę kategorię. Widać, że dla przedsiębiorstw krajowych ten aspekt wykorzystania nowoczesnych technologii jest szczególnie istotny.

2.3.6. Dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji

Kolejna analiza dotyczyła dostępu do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji, co w przypadku przedsiębiorstw produkcyjnych powinno być szczególnie istotne. Szczegółowe wyniki respondentów przedstawia wykres 2.13.



Wykres 2.13. Dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji przy wykorzystaniu chmury obliczeniowej

Źródło: badania własne.

Analizując dane pod kątem wielkości przedsiębiorstwa a wykorzystaniem technologii chmurowych do dostępu do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji, zauważono umiarkowaną zależność między tymi zmiennymi: wartość statystyki chi-kwadrat = 21,212, $df = 12$, $p = 0,047$, współczynnik V Craméra = 0,231. Obserwując szczegółowe wyniki dostępne w tabeli 2.14, można zauważyć, iż szczególnie średnie przedsiębiorstwa uważają ten obszar wykorzystania za istotny.

Tabela 2.14 Dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	2	1	1	5
Mała (10–49)	0	1	4	17	10	32
Średnia (50–249)	1	0	12	19	25	57
Duża (>249)	2	1	3	10	23	39
Ogółem	4	2	21	47	59	133

Źródło: badania własne.

Analizując drugi aspekt, jakim jest obszar działania przedsiębiorstwa, zauważono także tutaj umiarkowaną zależność między badanymi zmiennymi: wartość statystyki chi-kwadrat = 23,751, $df = 12$, $p = 0,022$, przy współczynniku V Craméra, który wynosił 0,244. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 2.15.

Tabela 2.15. Dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji					Ogółem
	nieistotne	stabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	0	0	3	7	1	11
Regionalny (obszar województwa)	0	1	5	9	4	19
Krajowy	0	1	7	14	18	40
Międzynarodowy	4	0	6	17	36	63
Ogółem	4	2	21	47	59	133

Źródło: badania własne.

2.4. Główne bariery w korzystaniu z usług w chmurze

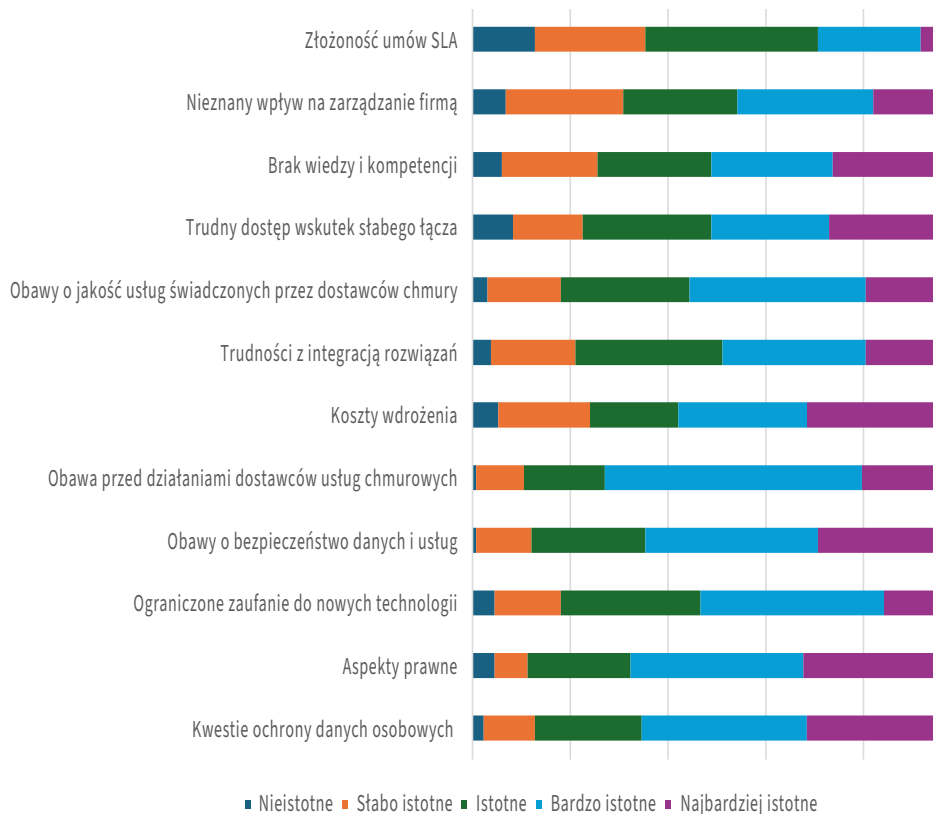
Wykorzystanie nowoczesnych technologii daje przedsiębiorstwom wiele korzyści, jak wspomniano już w poprzednich rozdziałach tego opracowania. Jednak oprócz korzyści wynikających z tych technologii przedsiębiorstwa wskazują na bariery i obawy, jakie pojawiają się w przypadku wykorzystania tych technologii. Bariery takie stały się kolejnym aspektem badań. Na podstawie badań literaturowych wyróżniono kilka najczęściej występujących barier wynikających z wykorzystania chmury obliczeniowej. Na tej podstawie przedstawiono respondentom w badaniu kilka najczęściej występujących barier wraz ze wskazaniem skali od 1 (nieistotne) do 5 (najbardziej istotne). Pozwoliło to na sformułowanie kilku pytań badawczych.

1. Jakie są główne bariery wynikające z korzystania z usług w chmurze?
2. Czy aspekty te związane są z kwestiami bezpieczeństwa?
3. Czy aspekty te mają swoje podłoże w kwestiach obawy przed nową technologią i jej jakością?
4. Czy bariery te związane są z poziomem wiedzy i kompetencji w przedsiębiorstwach, które uniemożliwiają lub zniechęcają je do wdrożenia?
5. Czy czynnikiem zniechęcającym przedsiębiorstwa są aspekty prawne?
6. Czy jako barierę wdrożenia można wskazać aspekt finansowy?
7. Czy bariery wynikają z kwestii technologicznych?

Respondentom w badaniu przedstawiono dwanaście głównych barier:

- złożoność umów SLA;
- nieznany wpływ na zarządzanie firmą;
- brak wiedzy i kompetencji;
- trudny dostęp wskutek słabego łącza;
- obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury;
- trudności z integracją rozwiązań;
- koszty wdrożenia;
- obawa przed działaniami dostawców usług chmurowych;
- obawy o bezpieczeństwo danych i usług;
- ograniczone zaufanie do nowych technologii;
- aspekty prawne;
- kwestie ochrony danych osobowych.

Szczegółowe wyniki dotyczące wszystkich odpowiedzi przedstawiono na wykresie 2.14.



Wykres 2.14. Bariery wynikające z korzystania z usług w chmurze
Źródło: badania własne.

Następnie, aby móc odpowiedzieć na pytania badawcze postawione w tej części opracowania, pogrupowano wyżej wymienione bariery.

Bariery związane z bezpieczeństwem:

- kwestie ochrony danych osobowych;
- obawy o bezpieczeństwo danych i usług.

Bariery technologiczne:

- trudny dostęp wskutek słabego łącza;
- trudności z integracją rozwiązań.

Bariery związane z aspektami prawnymi:

- aspekty prawne;
- złożoność umów SLA.

Bariery związane z wiedzą i kompetencjami:

- brak wiedzy i kompetencji;
- nieznany wpływ na zarządzanie firmą.

Bariery związane z zaufaniem do dostawcy i technologii:

- obawy przed działaniami dostawców usług chmurowych;
- obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury;
- ograniczone zaufanie do nowych technologii.

Bariery finansowe:

- koszty wdrożenia.

Podział taki pozwoli szerzej spojrzeć na ten aspekt zagadnienia oraz wskazać główne obszary barier, jakie według przedsiębiorstw są główną przyczyną nie wdrażania nowych technologii.

W dalszej części badania poddano analizie, czy wybierane przez przedsiębiorców bariery mają związek z wielkością przedsiębiorstwa, czy też jego rynkowym zakresem działania.

2.4.1. Bariery związane z bezpieczeństwem

Bezpieczeństwo informacji i danych jest szczególnie ważnym aspektem dla każdej organizacji. Dlatego aspekt ten wydaje się jednym z ważniejszych w przypadku wykorzystania, czy też wdrażania nowoczesnych technologii, w tym rozwiązań chmurowych. W tej grupie barier respondenci mieli do wyboru dwie odpowiedzi wraz ze wskazaniem skali istotności: kwestie związane z ochroną danych osobowych oraz obawy o bezpieczeństwo danych i usług.

W przypadku barier dotyczących danych osobowych sumarycznie 87,21% ankietowanych określiło tę barierę jako istotną, bardzo istotną i najbardziej istotną. W tabeli 2.16 przedstawiono szczegółowe wyniki.

Tabela 2.16. Kwestia związana z ochroną danych osobowych jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze

Skala	Częstość	Procent
Nieistotne	3	2,26
Słabo istotne	14	10,53
Istotne	29	21,80
Bardzo istotne	45	33,83
Najbardziej istotne	42	31,58
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Widać, iż to bardzo ważny element, który jest brany pod uwagę, jeśli chodzi o wdrożenia nowoczesnych rozwiązań. Jest to również kluczowa obawa w kontekście implementacji takich rozwiązań. Tylko trzy przedsiębiorstwa wskazały tę barierę jako nieistotną, a 14 jako słabo istotną.

Jeśli zaś chodzi o drugą odpowiedź dotyczącą ogólnie obaw związanych z bezpieczeństwem danych i usług, tutaj 87,97% respondentów uważa tę barierę jako co najmniej istotną – szczegółowe wyniki przedstawia tabela 2.17.

Tabela 2.17. Obawy o bezpieczeństwo danych i usług w kontekście barier wynikających z korzystania z usług w chmurze

Skala	Częstość	Procent
Nieistotne	1	0,75
Słabo istotne	15	11,28
Istotne	31	23,31
Bardzo istotne	47	35,34
Najbardziej istotne	39	29,32
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

W tym wypadku tylko jedno przedsiębiorstwo określiło, iż bariera ta jest nieistotna, a 15 jako słabo istotna, co stanowiło 12,03% przedsiębiorstw. Również w tej odpowiedzi można zauważyć potwierdzenie dotyczące dużych obaw przedsiębiorstw w kwestii wdrożenia nowoczesnych technologii i wpływu tego wdrożenia na bezpieczeństwo danych i usług.

Analizując dalej odpowiedzi w tej grupie, zbadano, czy wpływ na wskazanie tych barier ma wielkość przedsiębiorstwa, czy też jego rynek działań. Zweryfikowano to badając zależności tych zmiennych od siebie. Najpierw poddano analizie barierę wskazującą na dane osobowe. W tym przypadku wartość statystyki chi-kwadrat = 25,533, $df = 12$, $p = 0,012$ – co oznacza wystąpienie zależności dotyczącej wielkości przedsiębiorstwa i wskazania bariery związanej z kwestiami ochrony danych osobowych. Natomiast wyliczając współczynnik V Craméra = 0,253 można zauważyć, iż siła tej zależności jest umiarkowana. Szczegółowe wartości odpowiedzi umieszczono w tabeli 2.18.

Tabela 2.18. Kwestia związana z ochroną danych osobowych a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Kwestie ochrony danych osobowych					Ogółem
	nieistotne	stabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	2	0	2	5
Mała (10–49)	2	2	6	17	5	32
Średnia (50–249)	0	8	15	14	20	57
Duża (>249)	0	4	6	14	15	39
Ogółem	3	14	29	45	42	133

Źródło: badania własne.

Patrząc na powyższe dane można zauważyć dosyć równomierne rozłożenie się odpowiedzi respondentów, którzy wskazywali ten aspekt jako co najmniej istotny. Dla mikro przedsiębiorstw było to 80,00%, dla małych 87,50%, dla średnich 85,96%, a dla dużych 89,74%. Można także zauważyć, iż żadne ze średnich i dużych przedsiębiorstw nie wskazało tej bariery jako nieistotnej.

Następnie analizie zależności poddano ogólne obawy o bezpieczeństwo danych i usług w kontekście także wielkości przedsiębiorstwa: wartość statystyki chi-kwadrat = 46,546, $df = 12$, $p = 0,001$, współczynnik V Craméra = 0,342. Jak widać, tutaj także wykryto zależność między wielkością przedsiębiorstwa a obawą o bezpieczeństwo danych i usług. Jednak, tak jak i w przypadku danych osobowych, można mówić tutaj tylko o umiarkowanej sile zależności. Szczegółowe odpowiedzi respondentów umieszczono w tabeli 2.19.

Tabela 2.19. Obawy o bezpieczeństwo danych i usług a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Obawy o bezpieczeństwo danych i usług					Ogółem
	nieistotne	stabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	2	1	1	5

Mała (10–49)	0	8	10	6	8	32
Średnia (50–249)	0	3	12	19	23	57
Duża (>249)	0	4	7	21	7	39
Ogółem	1	15	31	47	39	133

Źródło: badania własne.

Analizując powyższe dane, można zauważyć, iż praktycznie bez względu na wielkość przedsiębiorstwa wskazywały one tę barierę jako co najmniej istotną. Dla mikro przedsiębiorstw odsetek ten wyniósł 80,00%, dla małych 75,00%, dla średnich 94,74%, a dla dużych 89,74%. Najmniejszą wartość można zauważyć dla małych przedsiębiorstw. Natomiast żadne z przedsiębiorstw, które zatrudniają powyżej 10 osób nie wskazało tej bariery jako nieistotnej.

Kolejnym krokiem analizy było zbadanie zależności wskazywanych barier w aspekcie zasięgu działania rynkowego przedsiębiorstwa. W przypadku danych osobowych nie odnotowano zależności między zakresem działania przedsiębiorstwa a barierą związaną z ochroną danych osobowych: statystyka chi-kwadrat = 16,423, df = 12, p = 0,173. Szczegółowy zakres odpowiedzi prezentuje tabela 2.20.

Tabela 2.20. Kwestia związana z ochroną danych osobowych a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Kwestie ochrony danych osobowych					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	0	3	2	5	11
Regionalny (obszar województwa)	2	2	4	7	4	19
Krajowy	0	7	8	13	12	40
Międzynarodowy	0	5	14	23	21	63
Ogółem	3	14	29	45	42	133

Źródło: badania własne.

W przypadku zależności dotyczącej ogólnej obawy o bezpieczeństwo danych i usług oraz zakresu działania przedsiębiorstwa dało się zauważyć zależność, jednak była ona umiarkowana: wartość statystyki chi-kwadrat = 30,395, df = 12, p = 0,002, współczynnik V Craméra = 0,276. Szczegółowe dane dotyczące odpowiedzi respondentów przedstawiono w tabeli 2.21.

Tabela 2.21. Obawa o bezpieczeństwo danych i usług a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Obawy o bezpieczeństwo danych i usług					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	2	4	1	3	11
Regionalny (obszar województwa)	0	6	4	6	3	19
Krajowy	0	4	7	12	17	40
Międzynarodowy	0	3	16	28	16	63
Ogółem	1	15	31	47	39	133

Źródło: badania własne.

W przypadku zasięgu działania można dostrzec, iż dla 90,00% przedsiębiorstw o zasięgu krajowym oraz dla 95,24% przedsiębiorstw o zasięgu międzynarodowym są to bariery co najmniej istotne – oznacza to, że respondent wybrał odpowiedź istotne, bądź bardzo istotne i najbardziej istotne. Co może wskazywać na tę umiarkowaną zależność.

Aspekt bezpieczeństwa jest uzależniony między innymi również od tego, czy przedsiębiorstwo posiada kompetentny dział IT. Jak również uzależnione jest to od tego, czy wykorzystuje tylko własne zasoby w tej kwestii, czy też posiłkuje się pomocą firm zewnętrznych. Dlatego dokonano analizy odpowiedzi respondentów także w tej kwestii. Przy sumarycznych odpowiedziach na pytanie dotyczące korzystania z własnych zasobów działu IT w przypadku korzystania z usług chmury obliczeniowej w tabeli 2.22 można zaobserwować, że tylko 27,82% respondentów wskazało na korzystanie wyłącznie z własnych zasobów. Natomiast 57,14% wykorzystuje własne zasoby tylko w części, a w części posiłkuje się pomocą firm zewnętrznych. Tylko 11,28% przedsiębiorstw korzysta wyłącznie z firm zewnętrznych.

Tabela 2.22. Czy organizacja korzysta z własnych zasobów IT w przypadku korzystania z usług chmury obliczeniowej?

Odpowiedzi	Częstość	Procent ważnych
Tak, w całości	37	27,82
Tak, ale tylko w części, a w części z firm zewnętrznych	76	57,14
Nie, korzystamy w całości z firm zewnętrznych	15	11,28
Nie korzystamy z usług chmury obliczeniowej	5	3,76
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

W przypadku wskazania jako barier aspekty związane z bezpieczeństwem to istotnym jest także zweryfikowanie czy firmy, które takie bariery wskazywały jako istotne korzystają ze swoich zasobów IT, czy też z firm zewnętrznych. Wyniki dotyczące ogólnej obawy o bezpieczeństwo danych i usług przedstawiono w tabeli 2.23. Zaś w przypadku kwestii dotyczących ochrony danych osobowych przedstawiono w tabeli 2.24.

Tabela 2.23. Obawy o bezpieczeństwo danych i usług jako bariera wynikająca z korzystania z usług chmurowych a korzystanie z własnych zasobów IT

Czy organizacja korzysta z własnych zasobów działu IT w przypadku korzystania z usług chmury obliczeniowej?	Obawy o bezpieczeństwo danych i usług					Ogółem
	nieistotne	stabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Tak, w całości	0	5	6	15	11	37
Tak, ale tylko w części, a w części z firm zewnętrznych	1	4	21	27	23	76
Nie, korzystamy w całości z firm zewnętrznych	0	3	4	3	5	15
Nie korzystamy z usług chmury obliczeniowej	0	3	0	2	0	5
Ogółem	1	15	31	47	39	133

Źródło: badania własne.

Analizując wyniki, można stwierdzić, iż 93,42% przedsiębiorstw, które w części korzystają z własnych zasobów IT, a w części z firm zewnętrznych, wskazało tę barierę jako co najmniej na poziomie istotnym. Natomiast w przypadku przedsiębiorstw całkowicie polegających na swoich zasobach IT czynnik ten wskazywany był na poziomie co najmniej istotnym przez 86,49% przedsiębiorstw. Dla 80,00% przedsiębiorstw, które całkowicie polegają na zewnętrznych zasobach IT, bariera ta także była wskazywana jako co najmniej istotna. Badając zależność pomiędzy wykorzystaniem własnych zasobów IT a wskazaniem obawy o bezpieczeństwo danych i usług, nie zauważono zależności między zmiennymi wartość chi-kwadrat = 20,420, df = 12, p = 0,060.

Tabela 2.24. Kwestia związana z ochroną danych osobowych jako bariera wynikająca z korzystania z usług chmurowych a korzystanie z własnych zasobów IT

Czy organizacja korzysta z własnych zasobów działu IT w przypadku korzystania z usług chmury obliczeniowej?	Kwestie ochrony danych osobowych					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Tak, w całości	2	2	3	19	11	37
Tak, ale tylko w części, a w części z firm zewnętrznych	1	7	20	21	27	76
Nie, korzystamy z całości w firm zewnętrznych	0	3	5	3	4	15
Nie korzystamy z usług chmury obliczeniowej	0	2	1	2	0	5
Ogółem	3	14	29	45	42	133

Źródło: badania własne.

Jak można zauważyć na podstawie powyższych danych, dla prawie 90,00% (dokładnie 89,19%) przedsiębiorstw korzystających w całości tylko ze swojego działu IT kwestia danych osobowych jest co najmniej istotną barierą. Również dla tych firm, które w części korzystają z zewnętrznych zasobów IT a w części własnych, procent ten jest równie wysoki i wynosi 89,47 w kontekście istotności bariery ochrony danych osobowych. Dla przedsiębiorstw, które korzystają w całości z firm zewnętrznych, istotność tej bariery wynosi 80,00%. Również w tym przypadku nie zauważono zależności pomiędzy wykorzystaniem własnych zasobów IT a wskazaniem bariery wynikającej z ochrony danych osobowych: wartość chi-kwadrat = 20,876, df = 12, p = 0,052.

Po przeanalizowaniu wyników można dostrzec, iż bariery związane z bezpieczeństwem danych i usług oraz danych osobowych są istotnym czynnikiem wstrzymującym wdrożenie usług chmurowych. Bariery te nie mają mocnego związku ani z wielkością przedsiębiorstwa, ani z jego zasięgiem działania, jak również nie mają związku z wykorzystaniem własnych, czy też zewnętrznych zasobów IT. Wyniku takiego można się było spodziewać, gdyż, jak wspomniano na początku tego podrozdziału, kwestie bezpieczeństwa danych, usług czy też danych osobowych są szczególnie istotne dla każdego przedsiębiorstwa. Dodatkowo należy pamiętać, iż w przypadku danych osobowych istnieje prawny obowiązek ich ochrony wraz z wytycznymi. Co może implikować zrozumiałą obawę w przypadku wdrożenia usług chmurowych i wpływu tego wdrożenia na ochronę tychże danych.

2.4.2. Bariery technologiczne

Kolejnymi barierami, które zostały poddane analizie, były bariery związane aspektami technologicznymi, takimi jak: trudny dostęp wskutek słabego łącza oraz trudności z integracją rozwiązań. Obie bariery są szczególnie istotne, gdyż chmura obliczeniowa do swojego działania wykorzystuje łącze internetowe, jak również zazwyczaj służy do integracji lub rozwinięcia już istniejących rozwiązań w przedsiębiorstwach. W przypadku wskazania trudności integracji z istniejącymi rozwiązaniami łącznie 78,95% przedsiębiorstw wskazało ten czynnik jako co najmniej istotny. Szczegółowe wyniki zawarte są w tabeli 2.25.

Tabela 2.25. Kwestia trudności z integracją rozwiązań jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze

Ważne	Częstość	Procent
Nieistotne	5	3,76
Słabo istotne	23	17,29
Istotne	40	30,08
Bardzo istotne	39	29,32
Najbardziej istotne	26	19,55
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Patrząc na powyższe dane, można zauważyć, iż tylko dla 21,05% przedsiębiorstw ta bariera nie ma praktycznie znaczenia, gdyż wskazali ją jako nieistotną lub słabo istotną. Może to oznaczać, iż wprowadzając rozwiązanie chmurowe, które nie będą integrowane z istniejącymi lub posiadają odpowiednie zaplecze techniczne, aby takie przeszkody integracyjne przełamać.

W przypadku wskazania przez przedsiębiorstwa drugiej bariery, jaką był trudny dostęp wskutek słabego łącza 77,45% ankietowanych wskazało jako co najmniej istotny. Wskazanie tej bariery przez tak duży odsetek przedsiębiorstw może się wydawać w dzisiejszych czasach osobliwy. Patrząc na rozwój technologii i dostępność do szeroko pasmowego dostępu do internetu wydawać by się mogło, iż bariera ta nie powinna w ogóle występować. Szczegółowe dane zaprezentowano w tabeli 2.26. Tylko 22,56% respondentów wskazało tę barierę jako nieistotną lub słabo istotną.

Tabela 2.26. Trudny dostęp wskutek słabego łącza jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze

Ważne	Częstość	Procent
Nieistotne	11	8,27
Słabo istotne	19	14,29
Istotne	35	26,32
Bardzo istotne	32	24,06
Najbardziej istotne	36	27,07
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Również w przypadku barier technologicznych poddano analizie, czy wskazane czynniki nie są uzależnione od wielkości przedsiębiorstwa, czy też od jego zakresu działania na rynku. W przypadku trudności z integracją rozwiązań wielkość przedsiębiorstwa nie miała tutaj znaczenia. Nie wykryto zależności między wielkością przedsiębiorstwa a wskazaniem trudności z integracją rozwiązań: wartość statystyki chi-kwadrat = 12,222, $df = 12$, $p = 0,428$. Szczegółowe dane dotyczące wielkości przedsiębiorstwa a problemami z integracją przedstawia tabela 2.27.

Tabela 2.27. Trudności z integracją rozwiązań a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Trudności z integracją rozwiązań					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	1	1	0	2	5
Mała (10–49)	3	5	11	8	5	32
Średnia (50–249)	1	10	16	18	12	57
Duża (>249)	0	7	12	13	7	39
Ogółem	5	23	40	39	26	133

Źródło: badania własne.

Analizując dane z tabeli 2.27 można zaobserwować, iż tę barierę za co najmniej istotną kwestię wskazywały głównie przedsiębiorstwa średnie oraz duże – wyniki odpowiednio 80,70% oraz 82,05%.

Również w przypadku drugiej wskazanej bariery jaką było wskazanie słabego łącza nie znaleziono zależności w kontekście wielkości przedsiębiorstwa a wyborem tej bariery: wartość chi-kwadrat = 6,211, $df = 12$, $p = 0,905$. Szczegółowe dane zawierające odpowiedzi respondentów w tym aspekcie zawiera tabela 2.28.

Tabela 2.28. Trudny dostęp wskutek słabego łącza a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Trudny dostęp wskutek słabego łącza					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	1	1	2	5
Mała (10–49)	2	7	7	10	6	32
Średnia (50–249)	4	7	16	13	17	57
Duża (>249)	4	5	11	8	11	39
Ogółem	11	19	35	32	36	133

Źródło: badania własne.

Jak wskazują dane, wielkość przedsiębiorstwa nie ma tutaj znaczenia – taką samą barierę wskazywały zarówno przedsiębiorstwa mikro, jak i duże. Nieznacznie większy odsetek tej odpowiedzi jako co najmniej istotnej wybierały przedsiębiorstwa mikro (80,00%) oraz średnie (80,70%).

Kolejne analizy dotyczyły zbadania zależności dotyczących wskazania rozpatrywanych barier w kontekście zasięgu rynkowego działania przedsiębiorstwa. Biorąc pod uwagę pierwszą barierę dotyczącą trudności z integracją rozwiązań, można było zauważyć zależność w kontekście tej bariery i zakresu działania przedsiębiorstwa: wartość chi-kwadrat = 22,169, df = 12, p = 0,036. Jednak biorąc pod uwagę wartość współczynnika V Craméra = 0,236 należy ją uważać za zależność umiarkowaną. Dokładne dane dotyczące tej bariery przedstawia tabela 2.29.

Tabela 2.29. Trudności z integracją rozwiązań a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Trudności z integracją rozwiązań					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	2	3	3	1	2	11
Regionalny (obszar województwa)	2	5	3	7	2	19
Krajowy	0	10	11	11	8	40
Międzynarodowy	1	5	23	20	14	63
Ogółem	5	23	40	39	26	133

Źródło: badania własne.

Jak widać na podstawie danych z tabeli 2.29 i analiz największe problemy z integracją istniejących rozwiązań z chmurą obliczeniową mają przedsiębiorstwa międzynarodowe – 90,48% przedsiębiorstw wskazało ten czynnik na poziomie co najmniej istotnym.

Natomiast w przypadku drugiej bariery technologicznej dotyczącej trudnego dostępu wskutek słabego łącza nie wykryto zależności w stosunku do zasięgu działania przedsiębiorstwa: wartość statystyki chi-kwadrat = 9,740, $df = 12$, $p = 0,639$. Szczegółowe dane dotyczące odpowiedzi respondentów przedstawia tabela 2.30.

Tabela 2.30. Trudny dostęp wskutek słabego łącza a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Trudny dostęp wskutek słabego łącza					Ogółem
	nieistotne	stabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	1	6	2	1	11
Regionalny (obszar województwa)	2	4	4	5	4	19
Krajowy	1	7	10	10	12	40
Międzynarodowy	7	7	15	15	19	63
Ogółem	11	19	35	32	36	133

Źródło: badania własne.

Analizując dane z tabeli 2.30 można zauważyć, iż przedsiębiorstwa o zasięgu lokalnym oraz krajowym osiągnęły podobne wyniki, wskazując ten czynnik na poziomie co najmniej istotnym – wyniki odpowiednio 81,82% oraz 80,00%.

Ponieważ trudności z integracją rozwiązań mogą być zależne od posiadanych zasobów IT, dlatego analizie poddano stopień wykorzystania własnych zasobów działów IT w kontekście korzystania z usług chmury obliczeniowej. Chcąc sprawdzić, czy wykorzystanie w całości własnych zasobów IT, czy też w pełni zasobów zewnętrznych ma tutaj jakikolwiek wpływ. Szczegółowe dane w tym zakresie przedstawia tabela 2.31.

Po analizie otrzymanych wyników można zaobserwować, iż największy odsetek odpowiedzi wskazujących tę barierę na poziomie co najmniej istotnym przypadła dla przedsiębiorstw, które całkowicie wykorzystują firmy zewnętrzne – 86,67%. Na drugim miejscu znalazły się przedsiębiorstwa, które w części korzystają ze swoich zasobów IT, a w części z zewnętrznych z wynikiem 81,58%. Najmniejszy poziom istotności tej bariery (choć nadal wysoki) wskazały przedsiębiorstwa, które całkowicie polegają na własnych zasobach IT – 72,97%. Nie zaobserwowano w tym przypadku żadnych zależności, jeśli chodzi o badane zmienne: wartość chi-kwadrat = 13,234, $df = 12$, $p = 0,352$.

Tabela 2.31. Trudności z integracją rozwiązań jako bariera a wykorzystanie zasobów IT

Czy organizacja korzysta z własnych zasobów działu IT w przypadku korzystania z usług chmury obliczeniowej?	Trudności z integracją rozwiązań					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Tak, w całości	3	7	6	10	11	37
Tak, ale tylko w części, a w części z firm zewnętrznych	2	12	25	25	12	76
Nie, korzystamy w całości z firm zewnętrznych	0	2	7	3	3	15
Nie korzystamy z usług chmury obliczeniowej	0	2	2	1	0	5
Ogółem	5	23	40	39	26	133

Źródło: badania własne.

2.4.3. Bariery związane z aspektami prawnymi

Wdrożenie, czy też wykorzystanie nowoczesnych technologii, niejednokrotnie wiąże się z wymogami prawnymi. Mogą to być wszelkiego rodzaju aspekty wynikające z konkretnych rozwiązań i ich zależności w kontekście przepisów prawa. Jak również aspekty takie mogą wynikać po prostu z konieczności podpisania odpowiednich umów np. SLA. W tym przypadku zakwalifikowano dwie kategorie barier: aspekty prawne oraz złożoność umów SLA. Szczegółowe wyniki dotyczące odpowiedzi respondentów przedstawia tabela 2.32.

Tabela 2.32. Aspekty prawne jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	6	4,51
Słabo istotne	9	6,77
Istotne	28	21,05
Bardzo istotne	47	35,34
Najbardziej istotne	43	32,33
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Analizując powyższe dane, można zaobserwować, iż dla 88,72% respondentów bariera ta jest co najmniej istotną. Natomiast dla 11,28% czynnik ten jest nieistotny lub słabo istotny jako bariera wykorzystania rozwiązań chmury obliczeniowej. W przypadku drugiego aspektu przedstawionego w tabeli 2.33, który dotyczy złożoności umów SLA, można zaobserwować, że 35,34% przedsiębiorstw wskazało tę barierę jako nieistotną lub słabo istotną, a 64,66% jako co najmniej istotną.

Tabela 2.33. Złożoność umów SLA jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	17	12,78
Słabo istotne	30	22,56
Istotne	47	35,34
Bardzo istotne	28	21,05
Najbardziej istotne	11	8,27
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Tak jak i w przypadku analizowania innych grup barier także tutaj poddano analizie zależności tych barier w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa, jak i ich zasięgu działania. Dokonując obliczeń, nie zauważono zależności między wskazaniem jako barierę aspektów prawnych oraz wielkością przedsiębiorstwa: wartość statystyki chi-kwadrat = 11,549, $df = 12$, $p = 0,483$. Szczegółowe dane dotyczące wyborów respondentów przedstawia tabela 2.34.

Tabela 2.34. Aspekty prawne a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Aspekty prawne					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	0	2	2	5
Mała (10–49)	2	2	6	13	9	32
Średnia (50–249)	0	5	15	16	21	57
Duża (>249)	3	2	7	16	11	39
Ogółem	6	9	28	47	43	133

Źródło: badania własne.

Również w przypadku złożoności umów SLA nie wykryto zależności tej zmiennej w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa: wartość statystyki chi-kwadrat = 8,331, $df = 12$, $p = 0,759$. Dane szczegółowe zamieszczono w tabeli 2.35.

Tabela 2.35. Złożoność umów SLA a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Złożoność umów SLA					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	2	0	1	1	1	5
Mała (10–49)	5	7	13	5	2	32
Średnia (50–249)	6	15	17	14	5	57
Duża (>249)	4	8	16	8	3	39
Ogółem	17	30	47	28	11	133

Źródło: badania własne.

Jak widać, na podstawie danych w powyższych tabelach w przypadku aspektów prawnych i złożoności umów SLA wielkość przedsiębiorstwa nie jest istotna. Problem ten jako barierę wskazują przedsiębiorstwa mikro, jak i duże. Jest to rzeczywisty problem w przypadku konkretnych rozwiązań i zawiłości prawnych na poziomie szczególnych rozwiązań, a także na poziomie różnych typów danych (np. dane osobowe), jakie wdrażane rozwiązania chmurowe dotykają.

Mogło by się wydawać, iż w związku z zawiłościami prawnymi na poziomach krajowych, jak i międzynarodowych aspekt ten będzie szczególnie zależny od zasięgu działania przedsiębiorstwa. Jednak analiza danych wskazała, iż w przypadku bariery w postaci ogólnych aspektów prawnych nie występowała zależność w kontekście zasięgu działania przedsiębiorstwa: wartość statystyki chi-kwadrat = 5,967, $df = 12$, $p = 0,918$. Wyniki wskazań respondentów przedstawia tabela 2.36.

Tabela 2.36. Aspekty prawne a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Aspekty prawne					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	1	2	4	3	11
Regionalny (obszar województwa)	2	0	4	7	6	19
Krajowy	1	4	8	16	11	40

Tab. 2.36. Aspekty prawne... (cd.)

Obszar działania przedsiębiorstwa	Aspekty prawne					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Międzynarodowy	2	4	14	20	23	63
Ogółem	6	9	28	47	43	133

Źródło: badania własne.

Jednak jeśli chodzi o konkretną barierę prawną jaką jest złożoność umów SLA, odkryto zależność dotyczącą jej związku z zasięgiem działania przedsiębiorstwa: współczynnik chi-kwadrat = 33,705, df = 12, p = 0,001. Wyliczając współczynnik V Craméra, można jednak zaobserwować, iż siła takiej zależności jest umiarkowana. Szczegółowe dane zawiera tabela 2.37.

Tabela 2.37. Złożoność umów SLA a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Złożoność umów SLA					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	2	5	2	1	11
Regionalny (obszar województwa)	0	8	6	5	0	19
Krajowy	0	4	16	14	6	40
Międzynarodowy	16	16	20	7	4	63
Ogółem	17	30	47	28	11	133

Źródło: badania własne.

Analizując wyniki z powyższej tabeli można zauważyć, iż problem ten jako barierę wskazują głównie przedsiębiorstwa o zasięgu krajowym – 90,00% respondentów wskazało tą barierę jako istotną, bardzo istotną, bądź najbardziej istotną. Tylko 49,21% przedsiębiorstw o zasięgu międzynarodowym wskazało tę barierę jako co najmniej istotną. Może się to wiązać z doświadczeniem tych przedsiębiorstw na rynkach międzynarodowych oraz posiadaniem odpowiednich działów prawnych, które miały już do czynienia z takimi umowami. Nie zaskakuje natomiast wynik 72,73% przedsiębiorstw działających lokalnie, które wskazuje tą barierę jako co najmniej istotną. Lokalny zasięg działania może sugerować, iż przedsiębiorstwa te nie miały do tej pory do czynienia z takiego typu umowami.

2.4.4. Bariery związane z wiedzą i kompetencjami

W przypadku wdrożenia nowoczesnych technologii oprócz kosztów związanych z takim przedsięwzięciem bardzo istotnym elementem jest wiedza i kompetencje potrzebne do wdrożenia i wykorzystania takich technologii. Aspekt ten został wskazany jako jedna z kategorii barier. Oczywiście można zauważyć, iż w przypadku tego typu barier mogą one być dosyć łatwo zniwelowane poprzez outsourcing lub zatrudnienie odpowiedniego personelu. Jednak w dalszym ciągu jest to kwestia pewnego procesu, który generuje dodatkowe koszty i bez odpowiednich kompetencji na początku takiego projektu nie jest w stanie wskazać konkretnych korzyści. O wiele większe korzyści z wykorzystania takich technologii przynoszą wdrożenia, które bazują w dużej mierze na wiedzy obecnych pracowników znających specyfikę problemów, kwestię konkretnych rozwiązań, a także są w stanie zauważyć konkretne korzyści ze względu na znajomość rozwiązań chmurowych – nawet jeśli ta znajomość nie jest na poziomie eksperckim. W związku z tym w przypadku rozpatrywanej kategorii barier wskazano następujące pytania, na które odpowiadali respondenci, wskazując bariery: brak wiedzy i kompetencji oraz nieznany wpływ na zarządzanie firmą.

Pierwszą barierę do analizy wybrano ogólny brak wiedzy i kompetencji jako aspekt wskazywany przez respondentów. Na podstawie danych można zauważyć, iż 74,44% respondentów wskazało tę barierę jako co najmniej istotny (lub wyższy). Tylko 6,02% przedsiębiorstw wskazało go jako zupełnie nieistotny, a 19,55% jako słabo istotny. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 2.38.

Tabela 2.38. Brak wiedzy i kompetencji jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	8	6,02
Słabo istotne	26	19,55
Istotne	31	23,31
Bardzo istotne	33	24,81
Najbardziej istotne	35	26,32
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Wyniki z powyższej tabeli wskazują także, iż odsetek przedsiębiorstw wybierających tę barierę w przypadku wskazywania jej jako istotnej, bardzo istotnej i najbardziej istotnej rozkładał się bardzo podobnie – odpowiednio: 23,31%, 24,81% oraz 26,32%.

Drugą barierę w tej kategorii jaką wskazywali przedsiębiorcy był nieznamy wpływ na zarządzanie firmą. Jak już wspomniano wcześniej bariera ta może wynikać z braku kompetencji i wiedzy w kontekście korzyści, jakie niesie za sobą wdrożenie i wykorzystanie rozwiązań chmurowych dla przedsiębiorstwa. Nie łatwo jest firmom decydować się na wdrożenie, którego wpływu na swoje przedsiębiorstwo nie są w stanie przewidzieć. Znajomość rozwiązań przez personel przedsiębiorstwa, korzyści z nich wynikających znacznie obniżyłby próg tej bariery. Jak wynika z danych czynnik ten wskazywało 69,18% przedsiębiorców na poziomie co najmniej istotnym – dane przedstawiono w tabeli 2.39.

Tabela 2.39. Nieznany wpływ na zarządzanie firmą jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	9	6,77
Słabo istotne	32	24,06
Istotne	31	23,31
Bardzo istotne	37	27,82
Najbardziej istotne	24	18,05
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Tak jak w przypadku poprzedniej bariery, jaką był brak wiedzy i kompetencji, tu także tylko najmniej przedsiębiorców wskazało tę barierę jako zupełnie nieistotną, czyli 6,77%.

Poddano również analizie, czy wskazanie wyżej wymienionych barier związanych z wiedzą i kompetencją mają związek z wielkością przedsiębiorstwa. Wydawać by się mogło, że im większe przedsiębiorstwa, tym bardziej rozbudowane działy IT, które być może będą posiadały odpowiednią wiedzę i kompetencje w zakresie wykorzystania nowoczesnych technologii. Mogą one także w większym stopniu, dysponując większym budżetem, polegać w tej kwestii na outsourcingu. Wyniki wskazują na istniejącą zależność pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa a wskazaniem bariery w postaci braku wiedzy i kompetencji przez przedsiębiorstwo, jednak siła tej zależności jest umiarkowana: wartość statystyki chi-kwadrat = 24,300, $df = 12$, $p = 0,019$; współczynnik V Craméra = 0,247. Szczegółowe odpowiedzi respondentów przedstawia tabela 2.40.

Tabela 2.40. Brak wiedzy i kompetencji a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Brak wiedzy i kompetencji					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	3	1	0	5
Mała (10–49)	3	11	3	10	5	32
Średnia (50–249)	1	12	14	10	20	57
Duża (>249)	3	3	11	12	10	39
Ogółem	8	26	31	33	35	133

Źródło: badania własne.

Dokonując analizy zebranych wyników, można stwierdzić, iż 84,62% dużych przedsiębiorstw wskazało tę barierę jako co najmniej istotną. Oznacza to, iż tylko 15,38% z nich uważało ten czynnik jako nieistotny lub słabo istotny. Jak widać, dla dużych przedsiębiorstw pomimo zapewne (jak już wspomniano) dużego zaplecza kadrowego w dalszym ciągu bariera ta jest znacząca, która może być kluczową przeszkodą w kwestii wdrożenia rozwiązań chmurowych.

Dla 80,00% mikro przedsiębiorstw bariera ta także była co najmniej istotna. W tym przypadku może to być zrozumiałe, gdyż zazwyczaj te przedsiębiorstwa nie posiadają odpowiedniego zaplecza informatycznego i w dużej mierze opierają się na outsourcingu tego typu rozwiązań. Najmniejszy odsetek dla istotności tego aspektu można było zauważyć dla małych przedsiębiorstw. Tylko 56,25% z nich wskazało tę barierę jako co najmniej istotną.

Kolejna analiza dotyczyła nieznanego wpływu na zarządzanie firmą a wielkością przedsiębiorstwa. W tym przypadku także można wskazać na zależność wyboru danej bariery a wielkością przedsiębiorstwa: wartość statystyki chi-kwadrat = 19,238, $df = 12$, $p = 0,083$. Przy czym obliczony wskaźnik V Craméra = 0,220 wskazuje na umiarkowaną siłę tej zależności. Szczegółowe dane przedstawia tabela 2.41.

Tabela 2.41. Nieznany wpływ na zarządzanie firmą a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Nieznany wpływ na zarządzanie firmą					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	1	2	1	0	5
Mała (10–49)	2	9	4	11	6	32
Średnia (50–249)	2	9	19	12	15	57
Duża (>249)	4	13	6	13	3	39
Ogółem	9	32	31	37	24	133

Źródło: badania własne.

Jak widać, w kwestii nieznanego wpływu na zarządzanie firmą istotnością tej bariery najbardziej przejmowały się średnie przedsiębiorstwa 80,70%, które wskazały ją jako co najmniej istotną. Reszta przedsiębiorstw wskazywała tę barierę na w miarę podobnym poziomie. Odpowiednio mikro 60,00%, małe 65,63%, duże 56,41%. W dalszym ciągu oznacza to, iż średnio ponad 60,00% przedsiębiorstw wskazuje tę barierę na poziomie co najmniej istotnym.

Kolejna analiza dotyczyła zależności wyboru tej kategorii barier i ich zależności w przypadku zasięgu rynkowego działalności przedsiębiorstwa. Przy wskazaniu braku wiedzy i kompetencji, nie znaleziono zależności w stosunku do zasięgu działania przedsiębiorstwa: wartość statystyki chi-kwadrat = 12,234, $df = 12$, $p = 0,427$. Szczegółowe wyniki zebrano w tabeli 2.42.

Tabela 2.42. Brak wiedzy i kompetencji a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Brak wiedzy i kompetencji					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	2	1	4	3	1	11
Regionalny (obszar województwa)	2	4	2	7	4	19
Krajowy	1	9	7	10	13	40
Międzynarodowy	3	12	18	13	17	63
Ogółem	8	26	31	33	35	133

Źródło: badania własne.

Analizując dane z powyższej tabeli, można zauważyć, iż bez względu na zasięg działania przedsiębiorstwa wskazywały one bardzo zbliżony poziom co najmniej istotny danej bariery, odpowiednio: lokalny – 72,73%, regionalny – 68,42%, krajowy – 75,00%, międzynarodowy – 76,19%.

W przypadku wyboru przez respondentów nieznanego wpływu na zarządzanie firmą i zależności tej bariery od zasięgu rynkowego przedsiębiorstwa nie znaleziono takiej zależności: wartość chi-kwadrat = 9,849, $df = 12$, $p = 0,629$. Dane dotyczące odpowiedzi respondentów zestawiono w tabeli 2.43.

Tabela 2.43. Nieznany wpływ na zarządzanie firmą a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Nieznany wpływ na zarządzanie firmą					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	3	4	3	0	11
Regionalny (obszar województwa)	2	4	5	5	3	19
Krajowy	1	6	10	12	11	40
Międzynarodowy	5	19	12	17	10	63
Ogółem	9	32	31	37	24	133

Źródło: badania własne.

Na podstawie danych z powyższej tabeli można zauważyć, iż 82,50% przedsiębiorstw o zasięgu krajowym wskazało tę barierę jako co najmniej istotną. Reszta przedsiębiorstw wskazywała tę barierę na poziomie odpowiednio: lokalny – 63,64%, regionalny – 68,42%, międzynarodowy – 61,90%.

Pośrednim pytaniem badawczym dotyczącym tej kategorii barier była odpowiedź na pytanie, czy posiadanie własnych zasobów IT lub korzystanie z firm zewnętrznych w tej kwestii ma wpływ na wskazywanie przez przedsiębiorców bariery w postaci braku wiedzy i kompetencji. Dlatego postanowiono przebadать odpowiedzi respondentów, aby móc odpowiedzieć na tak postawione pytanie. Szczegółowe wyniki dotyczące tego zagadnienia przedstawiono w tabeli 2.44.

Tabela 2.44. Brak wiedzy i kompetencji jako bariera a wykorzystanie zasobów IT

Czy organizacja korzysta z własnych zasobów działu IT w przypadku korzystania z usług chmury obliczeniowej?	Brak wiedzy i kompetencji					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Tak, w całości	5	6	6	9	11	37
Tak, ale tylko w części, a w części z firm zewnętrznych	3	17	21	18	17	76
Nie, korzystamy w całości z firm zewnętrznych	0	0	3	5	7	15
Nie korzystamy z usług chmury obliczeniowej	0	3	1	1	0	5
Ogółem	8	26	31	33	35	133

Źródło: badania własne.

Analizując wyniki znajdujące się w powyższej tabeli, można zauważyć, iż wszystkie przedsiębiorstwa, które wskazały na pełny outsourcing, wskazują barierę związaną z brakiem wiedzy i kompetencji na poziomie co najmniej istotnym. Potwierdza to fakt, iż poleganie tylko i wyłącznie na firmach zewnętrznych w kwestiach związanych z wdrażaniem nowoczesnych technologii powoduje duże obawy w przedsiębiorstwach, które z takiego modelu korzystają. Wiąże się on zapewne z brakiem wystarczającej wiedzy a tym samym obawą przed odpowiednim poziomem kontroli ze strony przedsiębiorstwa.

2.4.5. Bariery związane z zaufaniem do dostawcy i technologii

Wdrożenie nowych technologii wiąże się nie tylko z aspektami prawnymi, kwestiami bezpieczeństwa, czy też aspektami związanymi z kompetencjami, ale również z zaufaniem do samej technologii, jak również do podmiotów świadczących te rozwiązania. Obawa przed jakością świadczonych usług i rozwiązań przez dostawców usług chmurowych może być istotnym czynnikiem powstrzymującym przedsiębiorstwa przed zaangażowaniem się w implementację takich rozwiązań. Z drugiej strony obawa przed powierzeniem swoich zasobów i działaniami samych dostawców także ma duży wpływ. W związku z tym badaniu poddano trzy bariery związane z tą kategorią. Są to:

- obawy przed działaniami dostawców usług chmurowych;
- obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury;
- ograniczone zaufanie do nowych technologii.

Jako pierwszy aspekt poddany analizie zostanie ograniczone zaufanie do nowych technologii. Jest to chyba najbardziej szeroki aspekt wdrożenia usług chmurowych. Każde wdrożenie nowego rozwiązania, czy też technologii jest dla każdego przedsiębiorstwa wyzwaniem. Początkiem tego wyzwania jest pozyskanie zaufania do nowej technologii. Odpowiedzi respondentów w tym zakresie przedstawia tabela 2.45.

Tabela 2.45. Ograniczone zaufanie do nowych technologii jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	6	4,51
Słabo istotne	18	13,53
Istotne	38	28,57
Bardzo istotne	50	37,59
Najbardziej istotne	21	15,79
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Jak widać, z powyższych danych 81,95% przedsiębiorstw ma obawy związane z nową technologią, wskazując tę barierę na poziomie co najmniej istotnym. Łącznie tylko 18,04% przedsiębiorstw uznało tę barierę jako nieistotną lub słabo istotną. Minimalnie większy odsetek przedsiębiorców obawia się działań dostawców usług chmurowych – 89,47%. Tylko niecały 1,00% (dokładnie 0,75%) wskazało tę obawę jako nieistotną, a około 10,00% (dokładnie 9,77%) jako słabo istotną barierę. Dokładne dane prezentuje tabela 2.46.

Tabela 2.46. Obawa przed działaniami dostawców usług chmurowych jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	1	0,75
Słabo istotne	13	9,77
Istotne	22	16,54
Bardzo istotne	70	52,63
Najbardziej istotne	27	20,30
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

W tabeli 2.47 można zaobserwować, że w przypadku obaw o jakość świadczonych usług przez dostawców rozwiązań chmurowych 81,96% przedsiębiorców uznało tę barierę jako co najmniej istotną. Tylko 3,01% z nich wskazało tę obawę jako zupełnie nieistotną.

Tabela 2.47. Obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	4	3,01
Słabo istotne	20	15,04
Istotne	35	26,32
Bardzo istotne	48	36,09
Najbardziej istotne	26	19,55
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Kolejna analiza dotyczyła związku wielkości badanych przedsiębiorstw a wskazaniem barier związanych z zaufaniem do dostawców i nowej technologii. Jako pierwsze analizie został poddany związek między wielkością przedsiębiorstwa a ograniczonym zaufaniem do nowych technologii. Szczegółowe dane zostały zebrane w tabeli 2.48. Odpowiedzi przedsiębiorców były bardzo zbliżone w tej kwestii. Bez względu na wielkość przedsiębiorstwa uważały one, iż ograniczone zaufanie do nowych technologii jest co najmniej istotną barierą, odpowiednio: mikro (80,00%), mała (81,25%), średnia (80,70%), duża (84,62%).

Tabela 2.48. Ograniczone zaufanie do nowych technologii a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Ograniczone zaufanie do nowych technologii					Ogółem
	nieistotne	stabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	2	2	0	5
Mała (10–49)	3	3	14	10	2	32
Średnia (50–249)	1	10	11	21	14	57
Duża (> 249)	1	5	11	17	5	39
Ogółem	6	18	38	50	21	133

Źródło: badania własne.

Nie stwierdzono również zależności między wielkością przedsiębiorstwa a ograniczonym zaufaniem do nowych technologii: wartość statystyki chi-kwadrat = 18,290, $df = 12$, $p = 0,107$. Co pozwala na wysunięcie wniosku, iż ograniczone zaufanie do nowych technologii nie jest uzależniona od wielkości przedsiębiorstwa.

Następnym badanym aspektem było weryfikacja związków między wielkością przedsiębiorstwa a obawami przed działaniami dostawców usług chmurowych. Po przeprowadzonej analizie okazało się, że istnieje taki związek, jednak jego siła jest umiarkowana: wartość chi-kwadrat = 37,296, $df = 12$, $p = 0,001$; przy współczynniku V Craméra = 0,306. Dane dotyczące odpowiedzi respondentów z podziałem na wielkość przedsiębiorstwa przedstawiono w tabeli 2.49.

Tabela 2.49. Obawa przed działaniami dostawców usług chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Obawa przed działaniami dostawców usług chmurowych					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	0	4	0	5
Mała (10–49)	0	5	9	15	3	32
Średnia (50–249)	0	6	7	29	15	57
Duża (>249)	0	2	6	22	9	39
Ogółem	1	13	22	70	27	133

Źródło: badania własne.

Najwyższy odsetek wskazania bariery na poziomie co najmniej istotnym potwierdziły przedsiębiorstwa duże – 94,87%. Żadne z dużych przedsiębiorstw, tak samo jak średnich i małych, nie wskazało tej bariery jako nieistotnej. Ciekawy wynik można także zaobserwować w przypadku mikro przedsiębiorstw, gdzie jedno z nich wskazało tę barierę jako nieistotną, a pozostałe cztery jako bardzo istotne.

Ostatnią analizowaną barierą w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa były obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury. Również w tym przypadku można było zaobserwować zależność statystyczną, ale o umiarkowanej sile: współczynnik chi-kwadrat = 23,764, df = 12, p = 0,022; współczynnik V Craméra = 0,244. Rozkład odpowiedzi respondentów umieszczono w tabeli 2.50.

Tabela 2.50. Obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	1	1	2	5
Mała (10–49)	3	3	10	12	4	32
Średnia (50–249)	0	11	9	22	15	57
Duża (>249)	0	6	15	13	5	39
Ogółem	4	20	35	48	26	133

Źródło: badania własne.

W przypadku powyższych wyników można zaobserwować prawie równy odsetek wskazania istotności bariery wśród wszystkich przedsiębiorstw bez względu na ich wielkość. Odpowiednio dla wielkości: mikro – 80,00%, małej – 81,25%, średniej – 80,70%, dużej – 84,62% obawa ta jest co najmniej istotna. Na uwagę zasługuje również fakt, iż żadne z przedsiębiorstw średnich oraz dużych nie wskazało tej obawy jako nieistotnej. Co można interpretować jako szczególną dbałość średnich i dużych przedsiębiorstw o jakość świadczonych dla nich usług przez podmioty zewnętrzne.

Badano także, czy zasięg działania przedsiębiorstwa ma wpływ na bariery związane z zaufaniem do dostawców i technologii. Jednak w aspekcie ograniczonego zaufania do nowych technologii nie znaleziono żadnej statystycznej zależności: wartość chi-kwadrat = 8,237, $df = 12$, $p = 0,766$. Takiej zależności również nie stwierdzono w przypadku obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury: wartość chi-kwadrat = 12,887, $df = 12$, $p = 0,377$. Szczegółowe dane dotyczące obu barier zebrano w tabeli 2.51 i 2.52.

Tabela 2.51. Ograniczone zaufanie do nowych technologii a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Ograniczone zaufanie do nowych technologii					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	1	5	3	1	11
Regionalny (obszar województwa)	2	4	5	6	2	19
Krajowy	1	5	8	18	8	40
Międzynarodowy	2	8	20	23	10	63
Ogółem	6	18	38	50	21	133

Źródło: badania własne.

Tabela 2.52. Obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	2	2	4	2	11
Regionalny (obszar województwa)	2	3	5	5	4	19
Krajowy	1	9	12	11	7	40

Obszar działania przedsiębiorstwa	Obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Międzynarodowy	0	6	16	28	13	63
Ogółem	4	20	35	48	26	133

Źródło: badania własne.

Jedynie w przypadku zależności między zasięgiem działania rynkowego przedsiębiorstwa a obawą przed działaniami dostawców usług chmurowych można było zauważyć zależność: wartość chi-kwadrat = 39,254, df = 12, p = 0,001. Jednak zależność ta była umiarkowana: współczynnik V Craméra = 0,314. Szczegółowe odpowiedzi respondentów w tym zakresie przedstawiono w tabeli 2.53.

Tabela 2.53. Obawa przed działaniami dostawców usług chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	2	2	4	2	11
Regionalny (obszar województwa)	2	3	5	5	4	19
Krajowy	1	9	12	11	7	40
Międzynarodowy	0	6	16	28	13	63
Ogółem	4	20	35	48	26	133

Źródło: badania własne.

Analizując dane dotyczące tej zależności, można zaobserwować, iż żadne przedsiębiorstwo o zasięgu międzynarodowym nie wskazało tej bariery jako nieistotnej. Również te przedsiębiorstwa wskazywały tę barierę jako co najmniej istotną – 90,48%. Można zatem stwierdzić, iż aspekt związany z jakością usług świadczonych przez przedsiębiorstwa o zasięgu międzynarodowym jest dla nich szczególnie istotny.

2.4.6. Bariery finansowe

Ostatnią analizowaną barierą była bariera związana z aspektami finansowymi. Wdrożenie każdej nowej technologii wiąże się nieodwrotnie z przeznaczeniem na te cele odpowiednich środków finansowych. Na tego typu projekty składają

się różne koszty związane z samym zakupem odpowiednich technologii, ale również z przeszkoleniem własnego personelu lub też zdecydowaniem się na usługi podmiotu zewnętrznego poprzez outsourcing. Dlatego ważnym pytaniem badawczym było stwierdzenie, czy aspekt finansowy był głównym aspektem decyzyjnym w kwestii wykorzystania usług chmurowych. Analizując odpowiedzi respondentów, nie jest to główny czynnik, który uniemożliwia przedsiębiorstwom zaimplementować rozwiązania usług chmurowych. Tylko dla 31,58% przedsiębiorstw czynnik ten był najbardziej istotny. Dla 26,32% był to czynnik bardzo istotny, a dla 18,05% był istotny. Szczegółowe dane zebrano w tabeli 2.54.

Tabela 2.54. Koszty wdrożenia jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	7	5,26
Słabo istotne	25	18,80
Istotne	24	18,05
Bardzo istotne	35	26,32
Najbardziej istotne	42	31,58
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Jak widać, dla łącznie 24,06% przedsiębiorstw koszty wdrożenia nie są istotną barierą dla korzystania z usług w chmurze.

Kolejne pytanie badawcze jakie postawiono to: czy wielkość przedsiębiorstwa ma wpływ na wskazanie jako bariery kosztów wdrożenia? W tym celu poddano analizie zależność wielkości przedsiębiorstwa i wskazanie jako bariery wdrożenia usług chmurowych kosztów wdrożenia. Po przeprowadzeniu analizy stwierdzono, iż w tym wypadku nie istnieje statystyczna zależność między wielkością przedsiębiorstwa a barierą w postaci kosztów wdrożenia: wartość chi-kwadrat = 11,709, $df = 12$, $p = 0,469$. Dokładne odpowiedzi respondentów przedstawiono w tabeli 2.55.

Tabela 2.55. Koszty wdrożenia a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Koszty wdrożenia					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	1	0	2	1	5
Mała (10–49)	1	6	8	10	7	32
Średnia (50–249)	5	9	11	12	20	57

Wielkość przedsiębiorstwa	Koszty wdrożenia					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Duża (>249)	0	9	5	11	14	39
Ogółem	7	25	24	35	42	133

Źródło: badania własne.

Drugim pytaniem badawczym było: czy zasięg działania rynkowego przedsiębiorstwa ma wpływ na wskazanie kosztów wdrożenia jako bariery korzystania z usług w chmurze? Szczegółowe dane dotyczące odpowiedzi respondentów przedstawia tabela 2.56.

Tabela 2.56. Koszty wdrożenia a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Koszty wdrożenia					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	1	4	2	3	11
Regionalny (obszar województwa)	2	5	4	6	2	19
Krajowy	1	6	9	10	14	40
Międzynarodowy	3	13	7	17	23	63
Ogółem	7	25	24	35	42	133

Źródło: badania własne.

Także i w tym przypadku nie znaleziono zależności tych dwóch zmiennych: wartość chi-kwadrat = 11,596, df = 12, p = 0,479. W związku z tym można stwierdzić, iż nie istnieje związek między zasięgiem działania rynkowego przedsiębiorstwa a wskazaniem kosztów wdrożenia jako bariery wynikającej z korzystania z usług w chmurze.

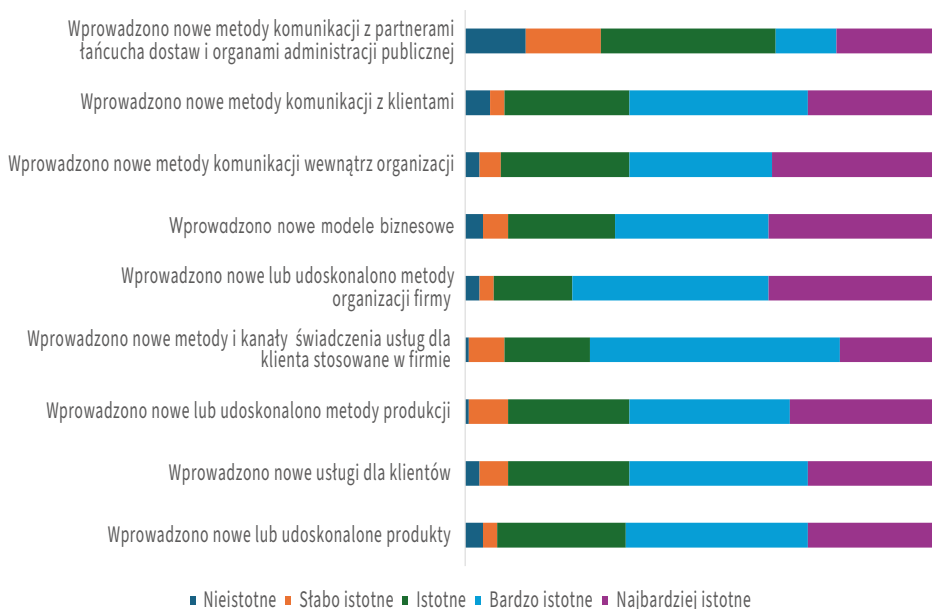
2.5. Zmiany o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury

We wcześniejszych fragmentach tego opracowania skupiono się na korzyściach wynikających z wykorzystania przez przedsiębiorstwa rozwiązań chmury obliczeniowej. Wskazano także na bariery jakie te przedsiębiorstwa wybierały. Dlatego też ostatnim aspektem badawczym było zaobserwowanie zmian o charakterze

innowacyjnym jakie przedsiębiorstwa wskazywały w przypadku wdrożenia chmury. Przedsiębiorstwa – zwłaszcza produkcyjne – wdrażając pewne technologie i rozwiązania, liczą na zmiany związane z poprawą ich funkcjonowania. Jak wiadomo, innowacyjność przedsiębiorstwa wyraża się w skłonności i zdolności do wdrażania nowych rozwiązań o charakterze zarówno nietechnologicznym, jak i technologicznym. Dlatego przedsiębiorstwa, wdrażając nowe rozwiązania, liczą na zmianę o charakterze innowacyjnym. Lista dostępnych dla respondentów zmian o charakterze innowacyjnym była następująca:

- wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej;
- wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami;
- wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji;
- wprowadzenie nowych modeli biznesowych;
- wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy;
- wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klienta stosowanych w firmie;
- wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod produkcji;
- wprowadzenie nowych usług dla klientów;
- wprowadzenie nowych lub udoskonalenie produktów.

Zbiorcze odpowiedzi respondentów dotyczących tych zmian innowacyjnych zaobserwowanych po wdrożeniu chmury przedstawiono na wykresie 2.15.



Wykres 2.15. Zmiany o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury

Źródło: badania własne.

W kategorii najbardziej istotnych innowacji, jakie wskazywali przedsiębiorcy, można było wyróżnić:

- wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy – 48 przedsiębiorstw;
- wprowadzenie nowych modeli biznesowych – 48 przedsiębiorstw;
- wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji – 47 przedsiębiorstw;
- wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod produkcji – 42 przedsiębiorstw;
- wprowadzenie nowych lub udoskonalenie produktów – 37 przedsiębiorstw;
- wprowadzenie nowych usług dla klientów – 37 przedsiębiorstw;
- wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami – 37 przedsiębiorstw;
- wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej – 29 przedsiębiorstw;
- wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klienta stosowanych w firmie – 28 przedsiębiorstw.

Jak widać, w pierwszej trójce zmian o charakterze innowacyjnym respondenci wskazywali na: wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji, wprowadzenie nowych modeli biznesowych oraz wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji.

Następnym etapem było poddanie szczegółowej analizie wskazywanych zmian o charakterze innowacyjnym. Analiza ta dotyczyła szczegółowych danych, jakie udzielały przedsiębiorstwa, a także w związku z pytaniami badawczymi weryfikacja zależności poszczególnych zmian w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa, obszaru działania przedsiębiorstwa i liczby lat na rynku przedsiębiorstwa.

2.5.1. Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy

Pierwszą wskazywaną jako najbardziej istotną zmianą innowacyjną przez przedsiębiorców było wprowadzenie nowych lub udoskonalenie już istniejących metod organizacji firmy. Biorąc pod uwagę odpowiedzi udzielane przez przedsiębiorstwa wskazujące tę zmianę na poziomie co najmniej istotnym i wyższym, łącznie wybrało ją 93,98% przedsiębiorstw – szczegółowe wyniki zebrano w tabeli 2.57.

Tylko 6,02% przedsiębiorstw wskazało tę zmianę jako nieistotną lub słabo istotną. Świadczy to o tym, jak poprawa dotycząca innowacyjności w kwestii metod organizacji firmy jest istotna dla przedsiębiorstw.

W dalszej części badania wskazana przez respondentów zmiana poddana została analizie. Tak aby zweryfikować, czy istnieje związek między tą zmianą a wielkością przedsiębiorstwa. Wyliczona wartość statystyki chi-kwadrat = 16,444, $df = 12$, $p = 0,172$ oznacza, iż nie występuje zależność między wielkością przedsiębiorstwa a wskazaniem wprowadzenia nowych lub udoskonalenia metod

organizacji jako zmiany o charakterze innowacyjnym. Szczegółowe dane zestawiono w tabeli 2.58.

Tabela 2.57. Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	4	3,01
Słabo istotne	4	3,01
Istotne	22	16,54
Bardzo istotne	55	41,35
Najbardziej istotne	48	36,09
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Tabela 2.58 Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	1	3	0	5
Mała (10–49)	0	1	4	15	12	32
Średnia (50–249)	1	3	11	17	25	57
Duża (>249)	2	0	6	20	11	39
Ogółem	4	4	22	55	48	133

Źródło: badania własne.

Na podstawie powyższych danych można zauważyć, iż 96,88% małych przedsiębiorstw wskazało tę zmianę na poziomie co najmniej istotnym. Co również istotne żadne z przedsiębiorstw zakwalifikowanych do małych nie wskazało tej zmiany innowacyjnej jako nieistotna. Natomiast przedsiębiorstwa duże w tym zakresie wykazały wynik na poziomie 94,87%.

Zbadano także wskazanie tej zmiany o charakterze innowacyjnym w aspekcie jej związku z zasięgiem rynkowym działania przedsiębiorstwa. W tym aspekcie nie wykryto zależności między zmiennymi: wartość chi-kwadrat = 13,603, df = 12, p = 0,327. Dane dotyczące odpowiedzi respondentów przedstawiono w tabeli 2.59.

Tabela 2.59. Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	1	2	3	4	11
Regionalny (obszar województwa)	0	0	2	11	6	19
Krajowy	0	2	9	19	10	40
Międzynarodowy	3	1	9	22	28	63
Ogółem	4	4	22	55	48	133

Źródło: badania własne.

Analizując dane można zauważyć, iż wszystkie przedsiębiorstwa działające na poziomie regionalnym wskazało tę zmianę jako co najmniej na poziomie istotnym. Co oznacza, że żadne z badanych przedsiębiorstw nie uważa tej zmiany za nieistotnej. Natomiast w przypadku przedsiębiorstw o zasięgu krajowym żadne z nich nie wskazało tej zmiany o charakterze innowacyjnym jako nieistotnej.

Zweryfikowano także, czy istnieje związek między wskazaniem tej zmiany jako czynnika innowacyjnego w stosunku do liczby lat znajdowania się przedsiębiorstwa na rynku. Dane dotyczące tego aspektu przedstawia tabela 2.60.

Tabela 2.60. Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
0–5	0	0	0	2	2	4
6–10	0	0	2	8	8	18
11–15	0	0	4	5	13	22
16–20	0	0	0	5	3	8

Tab. 2.60. Wprowadzenie nowych lub... (cd.)

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
21–25	1	1	3	8	12	25
26–30	1	0	4	7	4	16
>30	2	3	9	20	6	40
Ogółem	4	4	22	55	48	133

Źródło: badania własne.

Wartość statystyki chi-kwadrat = 26,097, $df = 24$, $p = 0,348$ nie wskazuje na istnienie zależności między czasem działania przedsiębiorstwa na rynku a wprowadzeniem nowych lub udoskonaleniem metod organizacji firmy jako zmian o charakterze innowacyjnym. Warto także zauważyć, iż wszystkie przedsiębiorstwa działające na rynku do 20 lat wskazywały tę zmianę na poziomie co najmniej istotnym.

2.5.2. Wprowadzenie nowych modeli biznesowych

Kolejnym czynnikiem jaki respondenci wskazywali jako zmiana o charakterze innowacyjnym było wprowadzenie nowych modeli biznesowych. Prawie 91,00% (dokładnie 90,98%) przedsiębiorstw uznało tę możliwość za co najmniej istotną. Dokładne wyniki dotyczące tej zmiany przedstawia tabela 2.61.

Tabela 2.61. Wprowadzenie nowych modeli biznesowych jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	5	3,76
Słabo istotne	7	5,26
Istotne	30	22,56
Bardzo istotne	43	32,33
Najbardziej istotne	48	36,09
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Dalsza analiza dotyczyła zbadania, czy istnieje zależność pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa a wprowadzeniem nowych modeli biznesowych po wdrożeniu rozwiązań chmury obliczeniowej. Dokładnie 92,98% przedsiębiorstw średnich oraz 92,31% przedsiębiorstw dużych wskazywało taką możliwość jako co najmniej istotną. W przypadku przedsiębiorstw małych wynik ten wynosił 87,50%. Natomiast w przypadku przedsiębiorstw mikro był równy 80,00%. Dokładne dane w tej materii umieszczono w tabeli 2.62. Nie potwierdzono także żadnej zależności zmiennych od siebie. To znaczy, iż możliwość wprowadzenia nowych modeli biznesowych dzięki rozwiązaniom chmurowym nie jest zależne od wielkości przedsiębiorstwa: wartość statystyki chi-kwadrat = 10,456, df = 12, p = 0,576.

Tabela 2.62. Wprowadzenie nowych modeli biznesowych jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych modeli biznesowych					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	0	1	2	2	0	5
Mała (10–49)	2	2	8	11	9	32
Średnia (50–249)	1	3	9	20	24	57
Duża (>249)	2	1	11	10	15	39
Ogółem	5	7	30	43	48	133

Źródło: badania własne.

Jak widać, tylko mikro przedsiębiorstwa nie wskazały tej możliwości jako nieistotnej, jak również najbardziej istotnej. Wniosek z tym związany może być taki, iż przy tak małej skali przedsiębiorstwa wprowadzanie nowych modeli biznesowych nie jest kluczowym elementem przedsiębiorstwa w takiej skali, zwłaszcza jeśli chodzi o wprowadzanie nowych modeli biznesowych za pomocą rozwiązań usług chmurowych.

Następną badaną zależnością był zasięg działania przedsiębiorstwa na wybór respondentów w kwestii wprowadzania nowych modeli biznesowych po wdrożeniu chmury. W tym wypadku także nie znaleziono żadnej zależności między tymi dwoma zmiennymi: wartość statystyki chi-kwadrat = 10,126, df = 12, p = 0,605. Odpowiedzi przedsiębiorstw umieszczono w tabeli 2.63.

Tabela 2.63. Wprowadzenie nowych modeli biznesowych jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych modeli biznesowych					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	0	0	4	4	3	11
Regionalny (obszar województwa)	2	0	5	5	7	19
Krajowy	0	3	11	13	13	40
Międzynarodowy	3	4	10	21	25	63
Ogółem	5	7	30	43	48	133

Źródło: badania własne.

Na podstawie danych można zauważyć, iż żadne z przedsiębiorstw działających na obszarze powiatu nie wskazało tej zmiany jako nieistotnej lub słabo istotnej. Wszystkie te przedsiębiorstwa wskazywały na co najmniej istotny aspekt, jaki był możliwy w kwestii wprowadzenia nowych modeli biznesowych dzięki wdrożeniu rozwiązań chmury obliczeniowej. Również w przypadku przedsiębiorstw o zasięgu krajowym odsetek odpowiedzi wskazujący na poziom co najmniej istotny był wysoki i wyniósł 92,50% przedsiębiorstw.

Ostatnia analiza dotyczyła powiązania wyboru danej zmiany innowacyjnej w stosunku do okresu działalności przedsiębiorstwa na rynku. Również w tym przypadku nie zaobserwowano zależności między tymi dwoma zmiennymi: wartość chi-kwadrat = 20,458, df = 24, p = 0,670. Dane dotyczące odpowiedzi respondentów przedstawiono w tabeli 2.64.

Tabela 2.64. Wprowadzenie nowych modeli biznesowych jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych modeli biznesowych					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
0–5	0	0	0	1	3	4
6–10	0	1	4	4	9	18
11–15	0	2	3	9	8	22
16–20	1	0	2	3	2	8
21–25	0	1	4	9	11	25
26–30	2	1	3	6	4	16

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych modeli biznesowych					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
>30	2	2	14	11	11	40
Ogółem	5	7	30	43	48	133

Źródło: badania własne.

Jak widać, na podstawie danych przedsiębiorstwa bardzo „młode” działające na rynku do 5 lat, wskazało tę zmianę innowacyjną jako bardzo istotną i najbardziej istotną. Również dla 94,44% przedsiębiorstw, które znajdowały się w kolejnej grupie wiekowej, jeśli chodzi o staż, czyli te, które działają od 6 do 10 lat, wskazywało tę możliwość innowacyjnej zmiany na poziomie co najmniej istotnym. Dla 96,00% przedsiębiorstw działających na rynku w przedziale od 21 do 25 lat możliwość taka była wskazywana na poziomie co najmniej istotnym.

2.5.3. Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji

Trzecią pod względem wyboru respondentów zmianą o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych była możliwość wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji. Nie trudno się domyślić, iż duża część przedsiębiorstw, mając za sobą okres pandemii koronawirusa i pracy zdalnej, wskazała właśnie tę zmianę jako istotną. Tylko dla niecałych 8,00% (dokładnie 7,52%) przedsiębiorstw zmiana ta była nieistotna lub słabo istotna. Dokładne dane umieszczono w tabeli 2.65.

Tabela 2.65. Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	4	3,01
Słabo istotne	6	4,51
Istotne	36	27,07
Bardzo istotne	40	30,08
Najbardziej istotne	47	35,34
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Analizując dalej dane w kwestii zależności wyboru tej zmiany innowacyjnej a wielkością organizacji, wykryto zależność: wartość chi-kwadrat = 29,596, $df = 12$, $p = 0,003$. Jednak biorąc pod uwagę współczynnik V Craméra = 0,272, można co najwyżej mówić o umiarkowanej sile zależności między zmiennymi. Szczegółowe dane zaprezentowano w tabeli 2.66.

Tabela 2.66. Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji					Ogółem
	nieistotne	stabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	1	1	1	1	5
Mała (10–49)	0	3	6	17	6	32
Średnia (50–249)	1	1	13	16	26	57
Duża (>249)	2	1	16	6	14	39
Ogółem	4	6	36	40	47	133

Źródło: badania własne.

Obserwując otrzymane dane, można zauważyć, iż największy odsetek przedsiębiorstw (96,49%) zatrudniających średnią liczbę osób wskazywało tę zmianę jako co najmniej na poziomie istotnym. Natomiast 92,31% dużych przedsiębiorstw wskazało istotność tej zmiany jako innowacyjną dzięki wdrożeniu usług chmurowych. Najmniej, bo tylko 60,00%, przedsiębiorstw o wielkości mikro wskazało tę zmianę jako co najmniej istotną. Jednak w tym przypadku jest to jak najbardziej zrozumiałe, biorąc pod uwagę skalę zatrudnienia w tych przedsiębiorstwach (od 0 do 9 zatrudnionych), gdyż w tak małych zespołach komunikacja wewnętrzna nie powinna nastręczać problemów. Warto także zauważyć, iż w nieco większych przedsiębiorstwach zatrudniających już od 10 do 49 osób żadne z nich nie wskazało tej zmiany jako zupełnie nieistotnej. Co może oznaczać, iż wraz ze wzrostem liczby pracowników sprawna, możliwa i niezakłócona komunikacja jest szczególnie istotna. Dla pozostałych wielkości przedsiębiorstw komunikacja wewnętrzna jest kluczowa przy dużej liczbie pracowników – zwłaszcza w przypadku tworzenia zespołów, które muszą ze sobą sprawnie współpracować.

Następna badana zależność dotyczyła zasięgu rynkowego przedsiębiorstwa i wprowadzania nowych metod komunikacji po wdrożeniu rozwiązań chmury obliczeniowej. Jednak w tym przypadku nie wykryto żadnej zależności między zmiennymi: wartość chi-kwadrat = 15,938, $df = 12$, $p = 0,194$. Tak więc zasięg rynkowy przedsiębiorstwa nie jest uzależniony od zmiany o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury w postaci wprowadzenia nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji. Szczegółowe dane zawiera tabela 2.67.

Tabela 2.67. Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	1	2	5	2	11
Regionalny (obszar województwa)	0	3	3	7	6	19
Krajowy	0	1	11	11	17	40
Międzynarodowy	3	1	20	17	22	63
Ogółem	4	6	36	40	47	133

Źródło: badania własne.

Analizując wyniki, można zauważyć, iż żadne przedsiębiorstwo operujące na rynku regionalnym, jak również krajowym nie wskazało tej możliwości wprowadzenia omawianej zmiany jako nieistotne. Na uwagę zasługuje również fakt, iż 97,50% przedsiębiorstw o zasięgu krajowym wskazało możliwość wprowadzenia nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako co najmniej istotny. Również duży odsetek przedsiębiorstw o zasięgu międzynarodowym wskazywał podobnie – dokładnie 93,65% respondentów.

W przypadku analizy zależności dotyczącej liczby lat operowania przedsiębiorstwa na rynku a wprowadzeniem nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji nie odnotowano żadnej zależności: wartość chi-kwadrat = 29,213, $df = 24$, $p = 0,212$. Dane dotyczące tego aspektu odpowiedzi respondentów przedstawiono w tabeli 2.68.

Tabela 2.68. Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
0–5	0	0	0	1	3	4
6–10	0	0	3	8	7	18
11–15	0	0	3	8	11	22
16–20	0	1	2	5	0	8

Tab. 2.68. Wprowadzenie nowych metod... (cd.)

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
21–25	1	2	6	6	10	25
26–30	1	2	6	2	5	16
>30	2	1	16	10	11	40
Ogółem	4	6	36	40	47	133

Źródło: badania własne.

Biorąc pod uwagę prezentowane powyżej wyniki, można zauważyć, iż przedsiębiorstwa, które działają na rynku do 15 lat nie wskazywały tego typu możliwości jako nieistotnej. Można więc wysunąć wniosek, iż dla tych względnie młodych przedsiębiorstw kwestia wprowadzenia nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji przy pomocy wdrożenia rozwiązań chmurowych jest bardzo istotna. Należy pamiętać, iż w przypadku wielu z tych przedsiębiorstw ich początek działania (w przypadku najmłodszych) przypadł na lata pandemii i pracy zdalnej. To właśnie w tym czasie wszystkie przedsiębiorstwa borykały się z problemami funkcjonowania w trudnych warunkach. Nakładając jeszcze jedną warstwę w postaci wielkości przedsiębiorstwa oraz zależności wyżej omawianych zmiennych, otrzymano wyniki przedstawiono w tabeli 2.69.

Tabela 2.69. Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa			Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji					Ogółem	Poziom co najmniej istotny (%)
			nie-istotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne		
Mikro (0–9)	Liczba lat na rynku	0–5	0	0	0	1	0	1	100,00
		6–10	0	0	1	0	0	1	100,00
		11–15	0	0	0	0	0	0	0,00
		16–20	0	0	0	0	0	0	0,00
		21–25	1	1	0	0	0	2	0,00
		26–30	0	0	0	0	0	0	0,00
		>30	0	0	0	0	1	1	100,00
	Ogółem		1	1	1	1	1	5	–

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa			Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji					Ogółem	Poziom co najmniej istotny (%)
			nie-istotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne		
Mała (10–49)	Liczba lat na rynku	0–5	0	0	0	0	2	2	100,00
		6–10	0	0	2	7	1	10	100,00
		11–15	0	0	1	3	1	5	100,00
		16–20	0	1	0	3	0	4	75,00
		21–25	0	0	1	0	1	2	100,00
		26–30	0	1	2	0	0	3	66,67
		>30	0	1	0	4	1	6	83,33
	Ogółem		0	3	6	17	6	32	–
Średnia (50–249)	Liczba lat na rynku	0–5	0	0	0	0	1	1	100,00
		6–10	0	0	0	1	5	6	100,00
		11–15	0	0	1	4	7	12	100,00
		16–20	0	0	1	1	0	2	100,00
		21–25	0	1	4	6	7	18	94,44
		26–30	1	0	2	2	2	7	85,71
		>30	0	0	5	2	4	11	100,00
	Ogółem		1	1	13	16	26	57	–
Duża (>249)	Liczba lat na rynku	0–5	0	0	0	0	0	0	0,00
		6–10	0	0	0	0	1	1	100,00
		11–15	0	0	1	1	3	5	100,00
		16–20	0	0	1	1	0	2	100,00
		21–25	0	0	1	0	2	3	100,00
		26–30	0	1	2	0	3	6	83,33
		>30	2	0	11	4	5	22	90,91
	Ogółem		2	1	16	6	14	39	–

Źródło: badania własne.

Jak widać, na podstawie danych kwestia wprowadzenia nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji przy pomocy wdrożenia rozwiązań chmurowych jest bardzo istotna dla przedsiębiorstw działających na rynku od 0 do 5 lat, jeśli chodzi

o przedsiębiorstwa mikro, małe i średnie. W przypadku przedsiębiorstw działających na rynku od 6 do 10 lat wielkość nie ma znaczenia i wszystkie z nich wskazują na to, iż wdrożenie nowych metod komunikacji wewnętrznych poprzez chmurę jest co najmniej istotny. Takie same wyniki można zaobserwować dla przedziału od 11 do 15 lat z pominięciem przedsiębiorstw o wielkości mikro.

2.5.4. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji

Dla przedsiębiorstw produkcyjnych szczególnie istotnym aspektem są wszelkie zmiany innowacyjne, które bezpośrednio wpływają na produkcję. Zarówno pod względem wprowadzania nowych metod produkcji, jak również udoskonalania już istniejących. Dlatego był to kolejny czynnik innowacyjny, jaki został poddany badaniu. Innowacyjność na tym polu może oznaczać dla przedsiębiorstwa wiele korzyści, takich jak: zwiększone możliwości produkcyjne, tańsze koszty wytworzenia, lepsza jakość wytwarzanych produktów, zmniejszona liczba pracowników potrzebnych do produkcji i wiele innych. W tabeli 2.70 można zaobserwować, że dla 90,97% przedsiębiorstw zmiana ta o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury obliczeniowej była wskazywana jako co najmniej istotna. Jak widać, dla ponad 30,00% była to zmiana bardzo istotna (33,83%) i najbardziej istotna (31,58%).

Tabela 2.70. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	1	0,75
Słabo istotne	11	8,27
Istotne	34	25,56
Bardzo istotne	45	33,83
Najbardziej istotne	42	31,58
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Kolejnym badanym aspektem związanym z pytaniami badawczymi było sprawdzenie, czy wielkość przedsiębiorstwa miała wpływ na wybór tego czynnika innowacyjnego jako istotny. Jak również, czy istnieje zależność między tymi zmiennymi. Ważnym aspektem, jaki można zauważyć, jest fakt, iż żadne z przedsiębiorstw małych, średnich i dużych nie wskazało tego czynnika jako nieistotny. Szczegółowe dane znajdują się w tabeli 2.71.

Tabela 2.71. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	2	2	0	5
Mała (10–49)	0	3	15	8	6	32
Średnia (50–249)	0	6	11	19	21	57
Duża (>249)	0	2	6	16	15	39
Ogółem	1	11	34	45	42	133

Źródło: badania własne.

Badając zależność między wielkością przedsiębiorstwa a wskazaniem zmiany o charakterze innowacyjnym w postaci wprowadzenia nowych lub udoskonalenia posiadanych metod produkcyjnych po wdrożeniu chmury, obliczono wartość $\chi^2 = 41,152$, $df = 12$, $p = 0,001$. Co oznacza istnienie zależności między zmiennymi. Jednak po wyliczeniu współczynnika V Craméra = 0,321, można stwierdzić, iż siła powiązania zmiennych jest umiarkowana. Analizując dane, można zauważyć, iż jedynie 5,13% dużych przedsiębiorstw wskazało ten czynnik jako słabo istotny. Może to oznaczać, iż w przypadku dużych przedsiębiorstw czynnik ten jest szczególnie istotnym aspektem. Warto przypomnieć obliczenia z tabeli 2.2, gdzie zaobserwowano, iż w przypadku dużych przedsiębiorstw 39 z nich na 48 wszystkich dużych przedsiębiorstw wskazywało na wykorzystanie technologii chmurowych. Co stanowiło największy odsetek tych przedsiębiorstw – 81,25% z pośród wszystkich badanych. Kolejna analiza wyników potwierdza powyższe stwierdzenie, gdyż największy odsetek przedsiębiorstw wskazywało tę zmianę jako najbardziej istotną – wskazywało ją 38,46% dużych przedsiębiorstw. Na drugim miejscu znajdowały się średnie przedsiębiorstwa z wynikiem 36,84%. Żadne z mikro przedsiębiorstw nie wskazało tego czynnika jako najbardziej istotnego. Może to wynikać bezpośrednio z wielkości przedsiębiorstwa, a co za tym idzie również z wielkości linii produkcyjnej. Jak również z faktu, iż wśród badanych przedsiębiorstw w tabeli 2.2 można zaobserwować, że tylko pięć mikro przedsiębiorstw na 37 zbadanych wskazało na wykorzystanie technologii chmury obliczeniowej.

Następna analiza badawcza dotyczyła zależności między zasięgiem działania rynkowego przedsiębiorstwa a wskazaniem zmiany innowacyjnej w postaci wprowadzenia nowych lub udoskonalenia istniejących metod produkcji po wdrożeniu rozwiązań chmurowych. Wyliczona wartość $\chi^2 = 36,362$, $df = 12$, $p = 0,001$ wskazuje na istniejący związek między tymi dwoma zmiennymi. Jednak wartość V Craméra = 0,302 oznacza jedynie umiarkowane powiązanie zmiennych. Szczegółowe wyniki przedsiębiorstw umieszczono w tabeli 2.72.

Tabela 2.72. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych
a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	0	5	3	2	11
Regionalny (obszar województwa)	0	6	3	8	2	19
Krajowy	0	2	13	14	11	40
Międzynarodowy	0	3	13	20	27	63
Ogółem	1	11	34	45	42	133

Źródło: badania własne.

Analizując dane zawarte w powyższej tabeli, można zauważyć, iż żadne przedsiębiorstwo o zasięgu regionalnym, krajowym i międzynarodowym nie wskazało tej zmiany innowacyjnej jako nieistotnej. Z czego tylko 4,76% przedsiębiorstw o zasięgu międzynarodowym wskazywały analizowaną zmianę jako słabo istotną. Co oznacza, iż dla 95,24% z nich możliwość wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji z wykorzystaniem technologii chmurowych jest wskazywana na poziomie co najmniej istotnym. Warto wspomnieć obliczenia z tabeli 2.4, gdzie zaobserwowano, iż przedsiębiorstwa o zasięgu międzynarodowym odznaczały się największym odsetkiem korzystania z rozwiązań chmurowych wśród badanych przedsiębiorstw i wynosił on 78,75%. Najmniejszy odsetek przy tej zmianie jako istotnej można było zauważyć w przypadku przedsiębiorstw o zasięgu regionalnym, dla których zmianę taką jako innowacyjną wskazywało jedynie 68,42% przedsiębiorstw.

Następnym analizowanym aspektem pod względem zależności było badanie dotyczące liczby lat działania przedsiębiorstwa na rynku a wskazaniem jako zmiany o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury obliczeniowej nowych lub udoskonalonych metod produkcji. Dane zawierające odpowiedzi respondentów przedstawiono w tabeli 2.73.

Tabela 2.73. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
0–5	0	0	1	1	2	4
6–10	0	2	7	4	5	18
11–15	0	1	7	7	7	22
16–20	0	1	0	4	3	8
21–25	1	2	3	9	10	25
26–30	0	3	6	2	5	16
>30	0	2	10	18	10	40
Ogółem	1	11	34	45	42	133

Źródło: badania własne.

Wyliczona wartość chi-kwadrat = 21,167, $df = 24$, $p = 0,629$ nie wskazuje na istnienie zależności między tymi dwoma zmiennymi. Analizując natomiast dane można zauważyć, iż dla przedsiębiorstw działających na rynku od 0 do 5 lat innowacyjność tej zmiany po wdrożeniu rozwiązań chmurowych była wskazywana jako co najmniej istotna u wszystkich respondentów z tego przedziału. Również wysokie wyniki istotności tej innowacyjnej zmiany można było zauważyć u przedsiębiorstw działających na rynku od 11 do 15 lat – 95,45% respondentów wskazało tę zmianę jako co najmniej istotną. Podobny wynik osiągnęły przedsiębiorstwa działające na rynku powyżej 30 lat – 95,00%. Dla reszty przedsiębiorstw znajdujących się w pozostałych przedziałach działalności rynkowej wynik oscylował w granicach ponad 80%.

Łącząc otrzymane wyniki dotyczące liczby lat na rynku oraz wielkości przedsiębiorstwa w kontekście wskazania zmiany innowacyjnej, otrzymano wyniki zawarte w tabeli 2.74.

130 Technologie transformacji cyfrowej przedsiębiorstw produkcyjnych

Tabela 2.74. Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa			Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji					Ogółem	Poziom co najmniej istotny (%)
			nie-istotne	stabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne		
Mikro (0–9)	Liczba lat na rynku	0–5	0	0	1	0	0	1	100,00
		6–10	0	0	0	0	0	1	100,00
		11–15	0	0	0	0	0	0	0,00
		16–20	0	0	0	0	0	0	0,00
		21–25	1	0	1	0	0	2	50,00
		26–30	0	0	0	0	0	0	0,00
		>30	0	0	0	1	0	1	100,00
	Ogółem		1	0	2	2	0	5	–
Mała (10–49)	Liczba lat na rynku	0–5	0	0	0	1	1	2	100,00
		6–10	0	0	7	1	2	10	100,00
		11–15	0	1	3	1	0	5	80,00
		16–20	0	1	0	1	2	4	75,00
		21–25	0	0	0	2	0	2	100,00
		26–30	0	1	1	0	1	3	66,67
		>30	0	0	4	2	0	6	100,00
	Ogółem		0	3	15	8	6	32	–
Średnia (50–249)	Liczba lat na rynku	0–5	0	0	0	0	1	1	100,00
		6–10	0	2	0	1	3	6	66,67
		11–15	0	0	3	5	4	12	100,00
		16–20	0	0	0	2	0	2	100,00
		21–25	0	2	2	6	8	18	88,89
		26–30	0	2	4	1	0	7	71,43
		>30	0	0	2	4	5	11	100,00
	Ogółem		0	6	11	19	21	57	–

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa			Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji					Ogółem	Poziom co najmniej istotny (%)
			nie-istotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne		
Duża (>249)	Liczba lat na rynku	0–5	0	0	0	0	0	0	0,00
		6–10	0	0	0	1	0	1	100,00
		11–15	0	0	1	1	3	5	100,00
		16–20	0	0	0	1	1	2	100,00
		21–25	0	0	0	1	2	3	100,00
		26–30	0	0	1	1	4	6	100,00
		>30	0	2	4	11	5	22	90,91
	Ogółem		0	2	6	16	15	39	–
Ogółem	Liczba lat na rynku	0–5	0	0	1	1	2	4	100,00
		6–10	0	2	7	4	5	18	88,89
		11–15	0	1	7	7	7	22	95,45
		16–20	0	1	0	4	3	8	87,50
		21–25	1	2	3	9	10	25	88,00
		26–30	0	3	6	2	5	16	81,25
		>30	0	2	10	18	10	40	95,00
	Ogółem		1	11	34	45	42	133	–

Źródło: badania własne.

Analizując dane, można zauważyć, iż w przypadku dużych przedsiębiorstw działających na rynku do 30 lat włącznie wszystkie z nich wskazywały tę zmianę jako co najmniej istotną. Jedynie duże przedsiębiorstwa działające na rynku powyżej 30 lat wskazywały innowacyjność tej zmiany, biorąc pod uwagę jej istotność, na poziomie 90,91%. Jako najmniejszy stopień innowacyjności wprowadzenia nowych lub udoskonalenia już istniejących metod produkcji dzięki wykorzystaniu rozwiązań chmurowych wskazywały przedsiębiorstwa mikro, których działalność na rynku mieściła się w przedziale od 21 do 25 lat.

2.5.5. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów

Niezwykle ważnym aspektem szczególnie dla przedsiębiorstw produkcyjnych jest możliwość wprowadzenia na rynek nowych lub udoskonalonych produktów. Takie też pytanie znalazło się w badaniu dotyczącym przedsiębiorstw w aspekcie

wskazania zmiany o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury. Powołując się na wyniki badania 37 przedsiębiorstw wskazało tę zmianę jako najbardziej istotną. Analizując szczegółowo dane w tabeli 2.75, można zaobserwować, iż 93,24% przedsiębiorstw wskazało tę zmianę jako co najmniej istotną. Można to odczytywać jako jeden z głównych czynników zmian wynikający z wdrożenia usług chmurowych. Jest to szczególnie ważne dla przedsiębiorstw produkcyjnych, dla których nowy produkt lub udoskonalenie istniejącego, aby lepiej spełniał wymogi klientów, jest to istotny czynnik rynkowy.

Tabela 2.75. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	5	3,76
Słabo istotne	4	3,01
Istotne	36	27,07
Bardzo istotne	51	38,35
Najbardziej istotne	37	27,82
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Na uwagę zasługuje również fakt, iż tylko pięć przedsiębiorstw wskazało ten czynnik jako nieistotny, a cztery przedsiębiorstwa jako słabo istotny. Dowodzi to jednoznacznie, iż dla przedsiębiorstw produkcyjnych jest to jeden z kluczowych aspektów zmian innowacyjnych osiąganych za pomocą wdrożeń rozwiązań chmury obliczeniowej.

Weryfikując kolejne pytania badawcze sprawdzano, czy istnieje związek między wielkością przedsiębiorstwa a wskazaniem tego czynnika jako zmiany innowacyjnej po wdrożeniu rozwiązań chmury obliczeniowej. Wykryto związek między zmiennymi: statystyka chi-kwadrat = 21,850, $df = 12$, $p = 0,039$. Jednak po obliczeniu wartości współczynnika V Craméra = 0,234 można jedynie stwierdzić umiarkowane powiązanie między zmiennymi. Szczegółowe odpowiedzi respondentów przedstawiono w poniższej tabeli 2.76. Jak można zaobserwować, na podstawie wyników umieszczonych w tabeli w przypadku przedsiębiorstw dużych, jak i średnich niewielki odsetek z nich wskazywał tę zmianę jako nieistotną lub słabo istotną. Dla obu wielkości przedsiębiorstw były to odpowiedzi na poziomie 5,00% – dla dużych (5,13%), dla średnich (5,26%). W przypadku małych przedsiębiorstw dla 90,63% była to zmiana na poziomie co najmniej istotnym. Najmniejszy odsetek przedsiębiorstw wskazujących tę zmianę innowacyjną na poziomie co najmniej istotnym wykazywały przedsiębiorstwa mikro – 80,00%.

Tabela 2.76. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	0	3	1	5
Mała (10–49)	0	3	8	17	4	32
Średnia (50–249)	2	1	18	15	21	57
Duża (>249)	2	0	10	16	11	39
Ogółem	5	4	36	51	37	133

Źródło: badania własne.

Następnym weryfikowanym pytaniem badawczym był związek pomiędzy zasięgiem działania przedsiębiorstwa a wskazaniem zmiany o charakterze innowacyjnym w postaci wprowadzenia nowego lub udoskonalonego produktu. Jednak w tym wypadku nie można było znaleźć zależności między tymi dwoma zmiennymi: wartość chi-kwadrat = 19,901, df = 12, p = 0,069. Dane reprezentujące odpowiedzi respondentów przedstawiono w tabeli 2.77.

Tabela 2.77. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	2	0	1	4	4	11
Regionalny (obszar województwa)	0	2	8	7	2	19
Krajowy	0	1	13	16	10	40
Międzynarodowy	3	1	14	24	21	63
Ogółem	5	4	36	51	37	133

Źródło: badania własne.

Analizując otrzymane wyniki, można zauważyć, iż w przypadku przedsiębiorstw działających na poziomie krajowym innowacyjność tej zmiany na poziomie co najmniej istotnym wykazywało 97,50% przedsiębiorstw. Jak również dla przedsiębiorstw działających na tym poziomie zasięgu rynkowego żadne z nich

nie wskazało tej zmiany jako nieistotnej, a jedynie jedno przedsiębiorstwo jako słabo istotną. W przypadku respondentów działających regionalnie żaden z respondentów nie wskazał tej zmiany innowacyjnej jako nieistotnej.

Kolejnym badanym aspektem była zależność między wskazaniem zmiany o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury dla wprowadzenia nowego lub udoskonalonego produktu a liczbą lat przedsiębiorstwa na rynku. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 2.78. Analizując te dane nie ustalono zależności między tymi zmiennymi: wartość chi-kwadrat = 23,945, df = 24, p = 0,465.

Tabela 2.78. Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
0–5	0	0	1	1	2	4
6–10	0	0	4	11	3	18
11–15	0	1	5	7	9	22
16–20	0	1	2	5	0	8
21–25	2	0	5	7	11	25
26–30	1	1	6	4	4	16
>30	2	1	13	16	8	40
Ogółem	5	4	36	51	37	133

Źródło: badania własne.

Można zauważyć, iż żadne z przedsiębiorstw z przedziałów od 0 do 20 lat działalności na rynku nie wskazało tej zmiany innowacyjnej jako nieistotnej.

2.5.6. Wprowadzenie nowych usług dla klientów

Dla 37 przedsiębiorstw najbardziej istotną zmianą innowacyjną, jaką zauważyli po wdrożeniu rozwiązań usług chmurowych, było wprowadzenie nowych usług dla klientów. Rozwiązania chmurowe mogą być w tym aspekcie wykorzystywane na wiele sposobów. Począwszy od nowych, niezawodnych metod komunikacji, poprzez nowoczesne usługi sprzedażowe, kończąc na usługach związanych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Dlatego nie dziwi fakt, iż ten czynnik również pojawił się jako istotny element innowacyjny dla przedsiębiorstw. Szczegółowe odpowiedzi respondentów zebrano w tabeli 2.79.

Tabela 2.79. Wprowadzenie nowych usług dla klientów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	4	3,01
Słabo istotne	8	6,02
Istotne	34	25,56
Bardzo istotne	50	37,59
Najbardziej istotne	37	27,82
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Dla 90,97% przedsiębiorstw czynnik ten był wskazywany jako co najmniej istotny. Świadczy to o dużej istotności tego typu usług dla przedsiębiorstw. Tylko niecałe 10,00% wszystkich respondentów wskazywało ten czynnik jako nieistotny lub słabo istotny.

Badając natomiast zależność między wielkością przedsiębiorstwa a wskazaniem nowych usług dla klientów za pomocą technologii chmurowych jako czynnik innowacyjny, można było zauważyć zależność między tymi zmiennymi: wartość chi-kwadrat = 22,085, df = 12, p = 0,037. Jednak biorąc pod uwagę współczynnik V Craméra = 0,235, zależność tę można uznać za umiarkowaną. Szczegółowe odpowiedzi respondentów zostały zebrane w tabeli 2.80.

Tabela 2.80. Wprowadzenie nowych usług dla klientów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych usług dla klientów					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	2	1	1	5
Mała (10–49)	2	4	7	13	6	32
Średnia (50–249)	0	2	21	17	17	57
Duża (>249)	1	2	4	19	13	39
Ogółem	4	8	34	50	37	133

Źródło: badania własne.

Analizując otrzymane wyniki, można zauważyć, iż dla 96,49% przedsiębiorstw zatrudniających średnią ilość osób czynnik ten był wskazywany na poziomie co najmniej istotnym. Również dla 92,31% przedsiębiorstw dużych była to co najmniej istotna zmiana innowacyjna. Pozostałe wielkości przedsiębiorstw wykazywały wyniki bardzo zbliżone na poziomie 80,00% – dla mikro (80,00%), dla małych (81,25%).

Badając zależność dotyczącą zasięgu rynkowego działania przedsiębiorstwa a wprowadzenia nowych usług dla klientów za pomocą rozwiązań chmurowych, można było również zauważyć zależność między tymi zmiennymi: wartość chi-kwadrat = 27,356, $df = 12$, $p = 0,007$. Jednak, tak jak w poprzednim przypadku, wyliczając współczynnik V Craméra = 0,262, można uznać, iż zmienne te są powiązane w stopniu umiarkowanym. Dokładne odpowiedzi respondentów zebrano w tabeli 2.81.

Tabela 2.81. Wprowadzenie nowych usług dla klientów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych usług dla klientów					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	0	6	2	2	11
Regionalny (obszar województwa)	1	4	2	4	8	19
Krajowy	1	0	15	15	9	40
Międzynarodowy	1	4	11	29	18	63
Ogółem	4	8	34	50	37	133

Źródło: badania własne.

Na podstawie analizy zebranych danych można zauważyć, iż przedsiębiorstwa o zasięgu rynkowego działania na poziomie krajowym wskazywały największy procent (97,50%) istotności takiej innowacyjnej zmiany na poziomie co najmniej istotnym. Natomiast najniższy odsetek na poziomie co najmniej istotnym takiej zmiany wykazywały przedsiębiorstwa o zasięgu regionalnym – 73,68%. Warto jednak zauważyć, iż to właśnie dla tych przedsiębiorstw o takim zasięgu działania odsetek wskazujących wprowadzenie nowych usług dla klientów jako czynnik innowacyjny za pomocą chmury jako najbardziej istotny był najwyższy i wynosił 42,11% przedsiębiorstw.

Kolejnym aspektem było zbadanie zależności pomiędzy liczbą lat działalności przedsiębiorstwa na rynku a wskazaniem jako czynnika innowacyjnego wprowadzeniem nowych usług dla klientów. Jednak w tym przypadku nie

wykazano zależności między tymi zmiennymi: wartość chi-kwadrat = 26,743, $df = 24$, $p = 0,317$. Zebrane wyniki umieszczono w tabeli 2.82.

Tabela 2.82. Wprowadzenie nowych usług dla klientów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych usług dla klientów					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
0–5	0	0	1	1	2	4
6–10	0	2	2	8	6	18
11–15	1	0	4	9	8	22
16–20	1	1	0	6	0	8
21–25	1	1	11	6	6	25
26–30	0	2	6	3	5	16
>30	1	2	10	17	10	40
Ogółem	4	8	34	50	37	133

Źródło: badania własne.

Jedynie, co można zauważyć, to to, że w przypadku przedsiębiorstw funkcjonujących na rynku do 10 lat żadne z nich nie wskazało tej zmiany jako czynnika nieistotnego w kontekście innowacyjnej zmiany.

2.5.7. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami

Następną badaną zmianą o charakterze innowacyjnym jaką wskazywali respondenci było wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami. Aspekt ten w badaniu jako najbardziej istotny wskazało 37 przedsiębiorstw. Wykorzystanie rozwiązań chmurowych daje przedsiębiorstwom możliwość tworzenia nowych, jak również udoskonalania już istniejących metod komunikacji z klientami. W czasach, gdzie przepływ informacji, jak również szybkość i niezawodność takiego przepływu są kluczowe, jest to aspekt szczególnie istotny z punktu widzenia przedsiębiorstwa. Umożliwia utrzymanie dobrych relacji z obecnymi klientami, ale również szersze spektrum pozyskania nowych klientów. Szczegółowe dane dotyczące odpowiedzi respondentów przedstawia tabela 2.83.

Tabela 2.83. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	7	5,26
Słabo istotne	4	3,01
Istotne	35	26,32
Bardzo istotne	50	37,59
Najbardziej istotne	37	27,82
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Analizując otrzymane wyniki można zauważyć, iż ponad 90,00% przedsiębiorstw (dokładnie 91,73%) wskazywało tę zmianę na poziomie co najmniej istotną jako czynnik innowacyjny po wdrożeniu rozwiązań chmurowych. Natomiast tylko 5,26% przedsiębiorstw wskazało tę zmianę jako nieistotną, a 3,01% przedsiębiorstw jako słabo istotne. Wskazuje to, iż zmiana ta jako innowacyjność jest postrzegana jako istotna.

Kolejnym badanym aspektem była zależność występująca pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa a wskazaniem tej zmiany jako czynnika o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury. W tym wypadku nie wykryto zależności między tymi zmiennymi: wartość chi-kwadrat = 6,909, df = 12, p = 0,864. W związku z tym można wywnioskować, iż wielkość przedsiębiorstwa nie ma znaczenia w kontekście wprowadzenia nowych metod komunikacji z klientem jako zmiany innowacyjnej po wprowadzeniu rozwiązań chmury obliczeniowej. Szczegółowe dane dotyczące odpowiedzi przedsiębiorstw przedstawiono w tabeli 2.84.

Tabela 2.84. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	1	1	2	5
Mała (10–49)	1	2	9	14	6	32
Średnia (50–249)	3	1	14	20	19	57
Duża (>249)	2	1	11	15	10	39
Ogółem	7	4	35	50	37	133

Źródło: badania własne.

Analizując powyższe wyniki, można zauważyć, iż przedsiębiorstwa wielkości mikro wskazywały tę zmianę innowacyjną jako najmniej istotną. Tylko 80,00% takich przedsiębiorstw wskazywało ją na poziomie co najmniej istotnym. Natomiast dla reszty przedsiębiorstw wskaźnik ten utrzymywał się na poziomie ponad 90,00% przedsiębiorstw. W przypadku przedsiębiorstw małych tylko 3,13% z nich wskazywało tę zmianę jako nieistotną – był to najniższy wynik spośród wszystkich badanych wielkości przedsiębiorstw. Ogólnie można zauważyć, iż dla większości przedsiębiorstw bez względu na ich wielkość możliwość wprowadzenia nowych metod komunikacji z klientami przy pomocy rozwiązań chmurowych była wskazywana na poziomie co najmniej istotnym.

Przechodząc do dalszej analizy zweryfikowano także, czy istnieje związek między zasięgiem rynkowym działania przedsiębiorstwa a badaną zmianą o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych przez przedsiębiorstwa. Także i w tym przypadku nie znaleziono zależności między zasięgiem rynkowym działania przedsiębiorstwa a wyborem jako zmiany innowacyjnej wprowadzenia nowych metod komunikacji z klientami po wdrożeniu chmury: wartość chi-kwadrat = 14,720, df = 12, p = 0,257. Dane dotyczące odpowiedzi respondentów zebrano w tabeli 2.85.

Tabela 2.85. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	0	1	5	4	11
Regionalny (obszar województwa)	2	0	6	6	5	19
Krajowy	0	1	10	22	7	40
Międzynarodowy	4	3	18	17	21	63
Ogółem	7	4	35	50	37	133

Źródło: badania własne.

Przyglądając się otrzymanym wynikom, można zauważyć, iż dla przedsiębiorstw działającym na rynku krajowym jest to zmiana innowacyjna, którą 97,50% przedsiębiorstw wskazywało na poziomie co najmniej istotnym – był to najwyższy wynik wskazujący na istotność i innowacyjność takiej zmiany po wdrożeniu rozwiązań chmurowych. Istotnym jest również fakt, iż żadne z przedsiębiorstw o zasięgu krajowym nie wskazało tego czynnika jako nieistotnego, a tylko jedno przedsiębiorstwo o takim zasięgu rynkowym wskazało tę zmianę jako słabo

istotną. Natomiast w przypadku przedsiębiorstw działających lokalnie i regionalnie żadne z nich nie wskazało tej zmiany jako słabo istotnej.

Dodając do tej analizy wielkość przedsiębiorstwa można zauważyć, że zmianę tę jako nieistotną wskazywały głównie przedsiębiorstwa mikro o zasięgu lokalnym, regionalnym oraz krajowym. Szczegółowe dane zebrano w tabeli 2.86.

Tabela 2.86. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa w zestawieniu z wielkością przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa			Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami					Ogółem
			nie- istotne	słabo istotne	istot- ne	bardzo istotne	najbar- dziej istotne	
Mikro (0–9)	Obszar działania przedsię- biorstwa	Lokalny (obszar powiatu)	1	0	0	1	2	4
		Regionalny (obszar woje- wództwa)	0	0	0	0	0	0
		Krajowy	0	0	0	0	0	0
		Międzynarodowy	0	0	1	0	0	1
	Ogółem		1	0	1	1	2	5
Mała (10–49)	Obszar działania przedsię- biorstwa	Lokalny (obszar powiatu)	0	0	1	3	0	4
		Regionalny (obszar woje- wództwa)	0	0	4	4	3	11
		Krajowy	0	1	1	3	2	7
		Międzynarodowy	1	1	3	4	1	10
	Ogółem		1	2	9	14	6	32

Obszar działania przedsiębiorstwa w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa			Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami					Ogółem
			nie- istotne	słabo istotne	istot- ne	bardzo istotne	najbar- dziej istotne	
Śred- nia (50– 249)	Obszar działania przedsię- biorstwa	Lokalny (obszar powiatu)	0	0	0	1	2	3
		Regionalny (obszar woje- wództwa)	2	0	2	2	2	8
		Krajowy	0	0	4	13	3	20
		Międzynarodowy	1	1	8	4	12	26
	Ogółem		3	1	14	20	19	57
Duża (>249)	Obszar działania przedsię- biorstwa	Lokalny (obszar powiatu)	0	0	0	0	0	0
		Regionalny (obszar woje- wództwa)	0	0	0	0	0	0
		Krajowy	0	0	5	6	2	13
		Międzynarodowy	2	1	6	9	8	26
	Ogółem		2	1	11	15	10	39

Źródło: badania własne.

W przypadku przedsiębiorstw średnich jako nieistotną zmianę nie wskazywały tylko te, które działały na rynku lokalnym oraz krajowym. Natomiast w przypadku przedsiębiorstw dużych, które działają na rynku krajowym żadne z nich nie wskazało zmiany o charakterze innowacyjnym w przypadku wprowadzenia nowych metod komunikacji z klientami jako nieistotną lub słabo istotną. Co jednoznacznie wskazuje na to, iż dla dużych przedsiębiorstw o zasięgu krajowym jest to szczególnie istotny aspekt związany z korzyściami innowacyjnymi po wdrożeniu rozwiązań chmurowych.

Ostatnia analiza do pytań badawczych dotyczyła zależności wskazania tej zmiany innowacyjnej a liczbą lat działania przedsiębiorstwa na rynku. Także i w tym przypadku nie można było zaobserwować zależności między wiekiem przedsiębiorstwa a wskazaniem wprowadzenia nowych metod komunikacji z klientem jako zmian innowacyjnych po wdrożeniu chmury: wartość chi-kwadrat = 17,392, df = 24, p = 0,831. Wyniki odpowiedzi respondentów zebrano w tabeli 2.87.

Tabela 2.87. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
0–5	0	0	0	2	2	4
6–10	2	1	4	6	5	18
11–15	1	0	4	8	9	22
16–20	0	0	2	5	1	8
21–25	1	0	5	11	8	25
26–30	1	0	6	5	4	16
>30	2	3	14	13	8	40
Ogółem	7	4	35	50	37	133

Źródło: badania własne.

Analizując wyniki, można zauważyć, iż dla przedsiębiorstw „młodych” działających na rynku do 5 lat wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami przy pomocy rozwiązań chmurowych jest bardzo kluczową zmianą o charakterze innowacyjnym. Również dla innych przedsiębiorstw działających na rynku znacznie dłużej aspekt ten jest ważny. Można zauważyć, iż tylko pojedyncze przedsiębiorstwa wskazywały tę zmianę jako nieistotną lub słabo istotną. Co można bezpośrednio tłumaczyć, iż bez względu na liczbę lat działania przedsiębiorstw na rynku w dalszym ciągu metody komunikacji z klientami są priorytetem dla przedsiębiorców. Jak również istotne jest dla nich możliwość wdrażania nowych lub udoskonalania już istniejących metod komunikacji z klientami.

2.5.8. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej

Dla 29 przedsiębiorstw najbardziej istotną zmianą o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury było wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej. Szczegółowe wyniki zebrano w tabeli 2.88.

Tabela 2.88. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	17	12,78
Słabo istotne	21	15,79
Istotne	49	36,84
Bardzo istotne	17	12,78
Najbardziej istotne	29	21,80
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Łącznie dla 71,42% przedsiębiorstw zmiana ta była odbierana jako innowacyjna na poziomie co najmniej istotnym.

Badając dalej zależność między wielkością przedsiębiorstwa a wskazaniem tej zmiany jako innowacyjnej po wdrożeniu rozwiązań chmury obliczeniowej, nie znaleziono zależności: wartość chi-kwadrat = 17,423, df = 12, p = 0,134. Szczegółowe dane zebrano w tabeli 2.89.

Tabela 2.89. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	3	0	1	5
Mała (10–49)	1	9	13	5	4	32
Średnia (50–249)	5	8	22	7	15	57
Duża (>249)	10	4	11	5	9	39
Ogółem	17	21	49	17	29	133

Źródło: badania własne.

Analizując wyniki, można zauważyć, iż w przypadku przedsiębiorstw mikro oraz średniej wielkości odsetek tych przedsiębiorstw wskazujących tę zmianę na poziomie co najmniej istotnym oscylował w granicach 80,00% – dokładnie dla mikro 80,00%, a dla średnich 77,19%. Dla obu wielkości przedsiębiorstw odsetek ten

był najwyższy. Co ciekawe dla 10 dużych przedsiębiorstw zmiana ta była wskazywana jako nieistotna. Co oznaczało, że dla 25,64% dużych przedsiębiorstw nieistotną zmianą jest wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej za pomocą chmury obliczeniowej. Może to oznaczać, iż istniejące i wypracowane przez nich metody komunikacji są dla nich wystarczające i nie szukają zmian innowacyjnych w tych obszarach.

Następna analiza dotyczyła zbadania zależności pomiędzy rozważanym czynnikiem zmian innowacyjnych, a zasięgiem działania rynkowego przedsiębiorstwa. Szczegółowe wyniki przedstawiano w tabeli 2.90.

Tabela 2.90. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	1	4	1	4	11
Regionalny (obszar województwa)	0	7	6	3	3	19
Krajowy	4	6	14	6	10	40
Międzynarodowy	12	7	25	7	12	63
Ogółem	17	21	49	17	29	133

Źródło: badania własne.

Jednak również i w tym przypadku nie można było wskazać na występowanie zależności między tymi zmiennymi: wartość chi-kwadrat = 13,911, $df = 12$, $p = 0,306$. Analizując wyniki, można zaobserwować, że dla przedsiębiorstw działających na rynku międzynarodowym taka zmiana związana z metodami komunikacji z partnerami łańcucha dostaw nie jest wskazywana jako innowacyjna. Takiej odpowiedzi udzieliło 12 przedsiębiorstw o zasięgu międzynarodowym. Natomiast w przypadku przedsiębiorstw działających na rynku regionalnym żadne z przedsiębiorstw nie wskazało tej innowacyjnej zmiany jako nieistotnej. Dla przedsiębiorstw działających na rynku lokalnym zmiana ta była wskazywana jako najbardziej istotna – zadeklarowało tak 36,36% przedsiębiorstw lokalnych.

Ostatnią analizowaną zależnością była zależność dotycząca okresu działania przedsiębiorstwa na rynku a wskazaniem badanej zmiany jako innowacyjnej. Szczegółowe dane dotyczące odpowiedzi respondentów zebrano w tabeli 2.91.

Tabela 2.91. Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
0-5	0	0	2	0	2	4
6-10	1	3	10	2	2	18
11-15	4	4	6	3	5	22
16-20	1	1	3	2	1	8
21-25	2	0	10	5	8	25
26-30	3	2	9	0	2	16
>30	6	11	9	5	9	40
Ogółem	17	21	49	17	29	133

Źródło: badania własne.

Niestety wartość chi-kwadrat = 26,614, df = 24, p = 0,323 nie wskazują na zależność między badanymi zmiennymi.

2.5.9. Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klientów stosowanych w firmie

Ostatnią analizowaną zmianą o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury obliczeniowej było wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klienta stosowanych w firmie. Jako najbardziej istotną tę zmianę innowacyjną wskazało 28 przedsiębiorstw. Dane dotyczące odpowiedzi respondentów zebrano w tabeli 2.92.

Tabela 2.92. Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klientów stosowanych w firmie jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych

Ważne	Częstość	Procent ważnych
Nieistotne	1	0,75
Słabo istotne	10	7,52
Istotne	24	18,05
Bardzo istotne	70	52,63
Najbardziej istotne	28	21,05
Ogółem	133	100,00

Źródło: badania własne.

Jak widać, dla ponad 50,00% przedsiębiorstw zmiana taka jest postrzegana jako bardzo istotna. Dla kolejnych 21,05% jako najbardziej istotna. Biorąc również pod uwagę wskazanie odpowiedzi na poziomie istotnym, można zauważyć, iż dla 91,73% przedsiębiorstw zmiana ta jest odbierana jako innowacyjna po wdrożeniu rozwiązań chmurowych.

W kolejnym etapie badania zanalizowano zależność między wielkością przedsiębiorstwa a wskazaniem analizowanej zmiany innowacyjnej. Dane zebrano w tabeli 2.93.

Tabela 2.93. Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klientów stosowanych w firmie jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa

Wielkość przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klienta stosowanych w firmie					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Mikro (0–9)	1	0	1	2	1	5
Mała (10–49)	0	2	7	18	5	32
Średnia (50–249)	0	5	8	32	12	57
Duża (>249)	0	3	8	18	10	39
Ogółem	1	10	24	70	28	133

Źródło: badania własne.

Obliczona wartość chi-kwadrat = 28,591, $df = 12$, $p = 0,005$ pozwalają stwierdzić, iż istnieje zależność między badanymi zmiennymi. Jednak wyliczona wartość wskaźnika V Craméra = 0,268 oznacza, iż siła tego powiązania zmiennych jest umiarkowana.

Tak więc można uznać, iż wielkość przedsiębiorstwa ma wpływ na wskazanie zmiany o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury w aspekcie wprowadzenia nowych metod komunikacji i kanałów świadczenia usług dla klientów stosowanych w firmie. Jednak zależność ta jest umiarkowana. Można również zauważyć, iż żadne z małych, średnich jak i dużych przedsiębiorstw nie wskazało tej zmiany innowacyjnej jako nieistotnej. Analiza wyników wskazała także, iż dla ponad połowy przedsiębiorstw małych i średnich zmiana ta była wskazywana jako bardzo istotna.

Kolejna analiza dotycząca pytań badawczych związana była z zależnością zasięgu działania rynkowego przedsiębiorstwa a wskazaniem wprowadzenia nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klienta stosowanych w firmie jako zmian innowacyjnych po wdrożeniu rozwiązań chmurowych. Szczegółowe wyniki umieszczono w tabeli 2.94.

Tabela 2.94. Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klientów stosowanych w firmie jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa

Obszar działania przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klienta stosowanych w firmie					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
Lokalny (obszar powiatu)	1	1	3	4	2	11
Regionalny (obszar województwa)	0	2	2	14	1	19
Krajowy	0	0	7	25	8	40
Międzynarodowy	0	7	12	27	17	63
Ogółem	1	10	24	70	28	133

Źródło: badania własne.

Obliczona wartość chi-kwadrat = 24,004, $df = 12$, $p = 0,020$ pozwalają stwierdzić istnienie zależności pomiędzy badaną zmianą innowacyjną a zasięgiem działania rynkowego przedsiębiorstwa. Jednak, tak jak w poprzednim przypadku zależności, obliczona wartość V Craméra = 0,245 pozwala jedynie stwierdzić, iż zależność ta jest umiarkowana. Analizując otrzymane wyniki, można zaobserwować, iż dla przedsiębiorstw działających na rynku regionalnym, krajowym i międzynarodowym żadne z nich nie wskazało tej zmiany innowacyjnej jako nieistotnej. Dodatkowo żadne z przedsiębiorstw o zasięgu krajowym nie uważa tej zmiany o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury jako słabo istotnej. Natomiast dla 73,68% przedsiębiorstw działających regionalnie zmiana ta jest bardzo istotna. Wynik ten jest najwyższy pod względem zasięgu działania przedsiębiorstw dla wyboru odpowiedzi bardzo istotne.

Ostatnią badaną zależnością była zależność związana z liczbą lat przedsiębiorstwa na rynku a wskazaniem zmiany innowacyjnej po wdrożeniu chmury w kontekście wprowadzenia nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klienta stosowane w firmie. W tym badanym aspekcie nie można było stwierdzić zależności między zmiennymi: wartość chi-kwadrat = 24,302, $df = 24$, $p = 0,444$. Szczegółowe wyniki dotyczące odpowiedzi respondentów zebrano w tabeli 2.95.

Tabela 2.95. Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klientów stosowanych w firmie jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa

Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klienta stosowanych w firmie					Ogółem
	nieistotne	słabo istotne	istotne	bardzo istotne	najbardziej istotne	
0–5	0	0	1	1	2	4
6–10	0	4	2	8	4	18
11–15	0	0	5	11	6	22
16–20	0	0	3	4	1	8
21–25	1	0	2	16	6	25
26–30	0	1	3	10	2	16
>30	0	5	8	20	7	40
Ogółem	1	10	24	70	28	133

Źródło: badania własne.

Analizując otrzymane wyniki, można zauważyć, iż praktycznie bez względu na liczbę lat przedsiębiorstwa na rynku żadne z nich (z wyjątkiem jednego przedsiębiorstwa) nie wskazywało tej zmiany innowacyjnej jako nieistotnej. Co można odczytywać jako zmianę innowacyjną, którą przedsiębiorstwa wskazują jako co najmniej istotną. Dodatkowo można odczytać, iż wszystkie przedsiębiorstwa działające na rynku do pięciu lat, a także te działające na rynku od 11 do 15 lat oraz te od 16 do 20 lat wskazywały na istotność takiej zmiany innowacyjnej.

2.6. Wnioski z badań własnych

Podsumowując badania własne, można zauważyć, iż ponad połowa (55,67%) badanych przedsiębiorstw nie korzysta z rozwiązań chmurowych. Największy odsetek wykorzystania chmury obliczeniowej wskazują głównie przedsiębiorstwa duże zatrudniające powyżej 249 osób – ponad 81,00% takich przedsiębiorstw

wykorzystuje technologie chmurowe. Na drugim miejscu uplasowały się przedsiębiorstwa średnie, wśród których ponad 64,00% wskazuje na wykorzystanie takich technologii.

W badaniu wykazano również, że najchętniej po takie rozwiązania sięgają przedsiębiorstwa działające na rynku od 6 do 10 lat – ponad 66,00%. Natomiast najmniejsze zainteresowanie takimi technologiami wykazywały przedsiębiorstwa działające od 16 do 20 lat. Co jasno wskazuje, iż nie tylko przedsiębiorstwa najmłodsze decydują się na wybór takich rozwiązań, ale takie, które działają już na rynku, mają ugruntowaną pozycję i szukając nowych możliwości rozwoju i konkurencyjności, nie boją się sięgać po nowoczesne technologie.

Badając zależność wykorzystania chmury obliczeniowej przez przedsiębiorstwa działające na różnych rynkach można było zaobserwować, iż największy odsetek badanych przedsiębiorstw, które taką technologię wykorzystują działał na arenie międzynarodowej – ponad 78,00%. Również dogłębna analiza w tym aspekcie pokazała, iż bez względu na wielkość przedsiębiorstwa, te z nich, które działały na rynkach międzynarodowych, najczęściej wykorzystywały rozwiązania chmury obliczeniowej.

Jednym z głównych celów przedsiębiorstw wykorzystujących nowoczesne technologie jest odniesienie kluczowych korzyści. W tym aspekcie badane przedsiębiorstwa wskazywały różne obszary, w których po wdrożeniu chmury obliczeniowej te korzyści odnotowały. W przypadku badanych przedsiębiorstw najważniejszym wskazywanym obszarem, w którym zaobserwowano korzyści było usprawnienie procesów produkcji. Wskazanie tego obszaru nie jest zaskoczeniem, gdyż badane przedsiębiorstwa były przedsiębiorstwami produkcyjnymi, więc aspekt ten był dla nich najbardziej istotny. Na drugim miejscu, co może być małym zaskoczeniem, ankietowane przedsiębiorstwa wskazywały na szybki dostęp do wiedzy. Co można rozumieć jako poprawę ich konkurencyjności, ale także duże możliwości szukania nowych rozwiązań, które zarówno mają na celu usprawnić działanie istniejących mechanizmów, ale również pozwalać na zaimplementowanie nowych. Wiedza, dostęp do informacji wpływają bezpośrednio na przedsiębiorstwa. Wiąże się to z trzecim najczęściej wybieranym obszarem uznawanym za kluczowy, jeśli chodzi o korzyści z zastosowania chmury obliczeniowej, a mianowicie lepszym wykorzystaniem danych do zarządzania wiedzą. Ten aspekt był wybierany jako trzeci przez badane przedsiębiorstwa. Badania przeprowadzone w tych trzech wybieranych obszarach korzyści nie wykazały znaczącego powiązania wyboru konkretnego aspektu korzyści ani z wielkością przedsiębiorstwa, ani z zasięgiem rynkowym działania przedsiębiorstwa.

W badaniu respondentów próbowano także określić główne bariery i obawy przedsiębiorstw w związku z wykorzystaniem technologii rozwiązań chmury obliczeniowej. Jak wspomniano już wcześniej, aby łatwiej analizować szczegółowe odpowiedzi respondentów i wskazać na główne obszary barier i obaw wybranych przez przedsiębiorców zgrupowano pytania dotyczące obaw i barier w sześć głównych kategorii barier.

1. Bariery związane z bezpieczeństwem.
2. Bariery technologiczne.
3. Bariery związane z aspektami prawnymi.
4. Bariery związane z wiedzą i kompetencjami.
5. Bariery związane z zaufaniem do dostawcy i technologii.
6. Bariery finansowe.

Jako najbardziej istotną grupą barier wskazywaną przez przedsiębiorstwa była grupa barier związanych z bezpieczeństwem. Kwestia ochrony danych osobowych wskazywana była przez 31,58% przedsiębiorstw jako najbardziej istotna. Natomiast obawy o bezpieczeństwo danych i usług wskazało jako najbardziej istotne 29,32% przedsiębiorstw. Wynik ten pokazuje, jak ważną kwestią dla przedsiębiorstw jest kwestia bezpieczeństwa i ochrony danych, informacji oraz usług. Odpowiedzi te nie odbiegają od innych tego typu badań. Poglębiając analizę dotyczącą tej grupy barier, nie zauważono żadnego silnego związku między wyborem tej grupy a wielkością przedsiębiorstwa, czy też zasięgiem rynkowego działania podmiotu. Nie odnotowano także zbyt dużej różnicy w odpowiedziach przedsiębiorstw, które całkowicie polegają na własnych działach IT, jak również tych, które w części posiłkują się firmami zewnętrznymi. Nie zauważono także w tej kwestii żadnej zależności między zmiennymi. Dlatego można powiedzieć, iż aspekt bezpieczeństwa danych, informacji i usług jest niezależny od wielkości i zasięgu działania przedsiębiorstwa i od wykorzystania zasobów IT.

Natomiast jeśli chodzi o najbardziej istotną pojedynczą barierę, jaka była wskazywana przez przedsiębiorstwa, to były to aspekty prawne i wskazywało ją 32,33% przedsiębiorstw. Jest to bardzo szeroka kategoria i trudno tutaj odnieść się szczegółowo do tego aspektu wyboru respondentów. Ciekawy jest natomiast drugi aspekt powiązany w tej grupie kategorii, a mianowicie złożoność umów SLA. W tym aspekcie tylko 8,27% przedsiębiorstw wskazało ten aspekt jako najbardziej istotny jako bariera uniemożliwiająca wdrożenia, czy też wykorzystanie usług chmurowych. Analizując szczegółowo inne wyniki, można wywnioskować, iż większość przedsiębiorstw, które zadeklarowały korzystanie z usług chmurowych to przedsiębiorstwa działające na rynkach zagranicznych. W związku z takim zasięgiem działania – w którym umowy SLA są praktycznie codziennością – przedsiębiorstwa te są dobrze przystosowane do tego typu zagadnienia i nie stanowi ono dla nich żadnej bariery, jak również nie wywołuje żadnych obaw.

Trzecią kategorią barier, jaką można było zauważyć na podstawie odpowiedzi respondentów, były bariery związane z aspektami finansowymi. Ponad 31,00% przedsiębiorstw wskazywała koszty wdrożeń jak najbardziej istotną barierę korzystania z usług chmurowych. W tym wypadku nie wykryto zależności w kontekście wielkości przedsiębiorstwa, jak i zasięgiem rynkowym działania przedsiębiorstwa a wskazaniem tej bariery. Można z tego wnioskować, iż koszty wdrożeń rozwiązań chmurowych pomimo dość dużej konkurencji na rynku w dalszym ciągu są jednym z elementów hamujących przedsiębiorstwa przed korzystaniem z tego typu usług.

Cieszyć natomiast może fakt, iż przedsiębiorstwa stosunkowo nisko wskazywały jako najbardziej istotną grupę barier związanych z zaufaniem do nowych technologii. Jak można zauważyć, obserwując odpowiedzi respondentów, chmura obliczeniowa nie jest kojarzona jako technologia, której należy się obawiać w kontekście samej technologii. Tylko niespełna 16,00% przedsiębiorstw wskazało tę barierę jako najbardziej istotną. Wnioskując, może się to wiązać z faktem, iż technologie takie występują na polskim rynku już dosyć długo i reputacja oraz zaufanie do tychże technologii jest już unormowana. Jak również w aspekcie zaufania do działania dostawców usług chmurowych oraz obaw o jakość usług przez nich dostarczanych obawy przedsiębiorstw są raczej na stosunkowo niskim poziomie. Także w tym aspekcie można to kojarzyć z dobrą oceną dostawców usług chmurowych działających na terenie Polski. Przez co przedsiębiorcy nie obawiają się o samą jakość usług świadczonych przez dostawców, jak i o ich działania. Niestety, ograniczony zakres badania nie pozwalał na weryfikację, z jakich konkretnie usług chmurowych korzystają przedsiębiorcy. W związku z tym niski poziom obaw i duże zaufanie do dostawców usług chmurowych może się wiązać z tym, iż badane przedsiębiorstwa wybierały globalnych dostawców tychże usług, których pozycja na rynku i jakość świadczonych usług jest bardzo wysoka. Jednak za jakość tychże usług trzeba płacić odpowiednią cenę – stąd być może wysoki poziom wskazania barier finansowych w kontekście usług chmurowych.

Dosyć zaskakujące wyniki można było zaobserwować w przypadku grupy barier związanych z aspektami technologicznymi. Po pierwsze stosunkowo wysoki odsetek ankietowanych przedsiębiorstw wskazało jako najbardziej istotną barierę trudny dostęp do szerokopasmowego internetu w Polsce. Jak podaje GUS, ponad 98,00% przedsiębiorstw w Polsce ma dostęp do internetu, z czego ponad 97,00% korzysta z dostępu szerokopasmowego (GUS, 2024b; Ministerstwo Cyfryzacji, Instytut Łączności, 2024). Badając ten aspekt nie zauważono zależności między wyborem tej bariery a wielkością przedsiębiorstwa. Można więc uznać, iż tego typu trudności nie są zależne od wielkości przedsiębiorstwa, gdyż taka zależność między zmiennymi nie została znaleziona. Natomiast analizując zależność tej bariery z zasięgiem działania rynkowego przedsiębiorstw, można było zauważyć również w tym aspekcie brak zależności między zmiennymi. W przypadku drugiej badanej bariery w postaci trudność z integracją rozwiązań odnotowano, iż niespełna 20,00% przedsiębiorstw wskazywało tę barierę jako najbardziej istotną. Można więc uznać, że dla ponad 80,00% przedsiębiorstw integracja istniejących rozwiązań nie jest barierą powstrzymującą przed wykorzystaniem nowych technologii w kontekście rozwiązań chmurowych. Szczegółowa analiza wskazywała również, iż wybór tej bariery nie jest powiązany z wielkością przedsiębiorstwa. Był on jednak powiązany z zakresem działania rynkowego przedsiębiorstwa, ale tylko w sposób umiarkowany. Również badanie zależności integracji rozwiązań w kontekście własnych działów IT, czy też posiłkowania się firmami zewnętrznymi nie wskazało na wystąpienie zależności w tym zakresie. Dlatego też można

wnioskować, iż trudności związane z integracją rozwiązań nie wynikają z kompetencji i wiedzy własnych działów IT, jak również kompetencji firm zewnętrznych, tylko z innych czynników nie weryfikowanych w badaniu.

Bezpośrednią powiązaną barierą z omawianą w poprzednim akapicie jest grupa barier związanych z wiedzą i kompetencjami. W tej grupie barierą najwyżej ocenianą jako najbardziej istotną przedsiębiorstwa wskazywały na brak wiedzy i kompetencji. Taką barierę wskazało dokładnie 26,32% przedsiębiorstw jako najbardziej istotną w kontekście wykorzystania chmury obliczeniowej. Dokładna analiza tej odpowiedzi jest trudna ze względu na szeroki zakres odpowiedzi, jaki może się kryć pod tym hasłem. Gdyż może oznaczać brak wiedzy dotyczących możliwości konkretnych rozwiązań, ale również brak wiedzy w kontekście sposobu działania i możliwości konkretnego wykorzystania rozwiązań chmurowych w przedsiębiorstwie. Badanie wykazało istnienie zależności między wielkością przedsiębiorstwa a wskazaniem tej bariery. Jednak zależność ta była umiarkowana. Nie znaleziono natomiast zależności między wskazaniem braku wiedzy i kompetencji a zasięgiem działania rynkowego przedsiębiorstwa. Co pozwala sformułować tezę, iż wiedza i kompetencje nie są zależne z aspektem zasięgu działania przedsiębiorstwa na rynku. W przypadku drugiej bariery, którą wskazywały badane przedsiębiorstwa, a mianowicie nieznanym wpływ na zarządzanie firmą, można wnioskować, iż głównie obawa wynikała z nieznajomości wyniku zastosowania tej technologii na zarządzanie przedsiębiorstwem. Tę odpowiedź wybrało 18,05% przedsiębiorstw wskazując ją, jako najbardziej istotną barierę wykorzystania chmury obliczeniowej w swoich przedsiębiorstwach. Badając zależność między wielkością przedsiębiorstwa a wskazaniem bariery związanej z nieznanym wpływem na zarządzanie firmą, można zauważyć zależność między tymi zmiennymi. Jednak siła tej zależności została określona na umiarkowaną. Natomiast badając związek tej zmiennej z rynkowym obszarem oddziaływania, nie znaleziono zależności między zmiennymi.

Dla każdego przedsiębiorstwa szczególnym aspektem jest wprowadzenie zmian innowacyjnych, które pozwalają na rozwój przedsiębiorstwa. Wykorzystanie nowoczesnych technologii można zaliczyć do zmian o charakterze innowacyjnym. W związku z tym, badając ten aspekt, stwierdzono, iż dla przedsiębiorstw biorących udział w badaniu, trzema najważniejszymi aspektami innowacyjnymi, jakie odnotowali po wdrożeniu rozwiązań chmury obliczeniowej było:

- wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod organizacji firmy;
- wprowadzenie nowych modeli biznesowych;
- wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji.

Na podstawie otrzymanych wyników najwięcej przedsiębiorstw wskazywało zaobserwowanie zmian o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury obliczeniowej, które doprowadziły do wprowadzenia nowych lub udoskonalonych istniejących metod organizacji firmy oraz te które doprowadziły do stworzenia nowych modeli biznesowych. Wdrożenie rozwiązań chmury obliczeniowej pozwoliło na wypracowanie nowych lub udoskonalonych już istniejących rozwiązań, które wydatnie wpływają na rozwój i konkurencyjność przedsiębiorstw. Równie

ważną zaobserwowaną zmianą o charakterze innowacyjnym, jaką przedsiębiorstwa wskazywały, było wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji. W tym aspekcie wykorzystanie rozwiązań chmurowych staje się bardzo oczywistym wyborem. Był on po części podyktowany wdrożeniem takich rozwiązań już wcześniej, w przypadku wprowadzenia pracy zdalnej podczas pandemii koronawirusa. Rozwiązania takie doskonale się sprawdziły w tamtych czasach i pozwoliły przedsiębiorstwom wypracować optymalne dla nich rozwiązania.

Szczegółowo analizując zaobserwowane przez przedsiębiorstwa zmiany innowacyjne po wdrożeniu rozwiązań chmury obliczeniowej, weryfikowano ich zależność od trzech zmiennych: wielkości przedsiębiorstwa, rynkowego zasięgu ich działania oraz liczby lat działania na rynku. W przypadku wskazania pierwszej innowacyjności wprowadzenia nowych lub udoskonalonych istniejących metod firmy nie znaleziono zależności między tą zmienną a wielkością przedsiębiorstwa, jak również rynkowym zasięgiem działania oraz liczby lat działalności przedsiębiorstwa na rynku. Kolejną innowacją, jaką przedsiębiorcy wskazali, było wprowadzenie nowych modeli biznesowych dzięki wdrożeniu rozwiązań chmury obliczeniowej. W tym wypadku również nie znaleziono zależności między wskazaniem badanej innowacji a trzema weryfikowanymi zmiennymi. Tak więc zarówno wielkość przedsiębiorstwa, zasięg działania rynkowego, jak i liczba lat na rynku nie miały związku ze wskazaniem badanego aspektu innowacyjnego. Poddając analizie ostatni czynnik innowacyjny poza umiarkowaną zależnością między wielkością przedsiębiorstwa a badaną zmienną, nie wykryto innych zależności.

Przedstawione w tej monografii wyniki badań własnych i rozważania przyczyniają się do poszerzenia wiedzy w zakresie wykorzystania chmury obliczeniowej przez przedsiębiorstwa w Polsce. Znacząco także pozwalają zaobserwować i zrozumieć, w jaki sposób polskie przedsiębiorstwa wykorzystują technologie chmurowe oraz jakie korzyści i wyzwania z tym związane napotykają. Badania wykazały, że wykorzystanie nowoczesnych technologii w postaci chmury obliczeniowej przez przedsiębiorstwa produkcyjne w Polsce jest na etapie dynamicznego wzrostu. Technologia ta będzie więc w przyszłości odgrywać coraz większą rolę w funkcjonowaniu tychże przedsiębiorstw. Przedsiębiorstwa korzystające z rozwiązań chmurowych zauważają kluczową zmianę w obszarach usprawnienia procesów produkcji, szybkiego dostępu do wiedzy oraz obserwują lepsze możliwości wykorzystania danych do zarządzania wiedzą. Wskazują także, iż kluczowymi obszarami, które zyskały po wdrożeniu technologii chmurowych był rozwój nowych produktów i tworzenie innowacji, a także lepsza komunikacja z otoczeniem oraz, co nie mniej ważne dla przedsiębiorstw produkcyjnych, dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji. Technologia ta przynosi liczne korzyści, ale wiąże się również z pewnymi wyzwaniami, które przedsiębiorstwa muszą uwzględnić w swoich strategiach. Takie aspekty również dało się zauważyć w wynikach badania, co znacznie przyczyni się do lepszego zrozumienia obaw i występujących barier dla przedsiębiorców. Dzięki wynikom badania udało się także określić zaobserwowane czynniki innowacyjne, jakie przedsiębiorstwa wskazywały po wdrożeniu rozwiązań technologii chmurowych.

Należy także pamiętać, iż badanie, które było przeprowadzone metodą ankietową ma swoje mankamenty (Glasow, 2005). Zwłaszcza takie badania nie pozwalają na dogłębne zrozumienie motywacji i kontekstu niektórych odpowiedzi. Może to ograniczać pełne zrozumienie badanej kwestii. Co także można było zaobserwować w niektórych wynikach – o czym Autorzy wspominali w konkretnych przypadkach. Pomimo faktu, iż badanie było przeprowadzone przez profesjonalną firmę, należy pamiętać, że istnieje pewna niepewność co do kompleksowej wiedzy respondentów, a także ich nastawienia do udzielanych odpowiedzi.

W przyszłości chmura obliczeniowa będzie odgrywać coraz większą rolę w polskim sektorze biznesowym, przyczyniając się do jego innowacyjności i konkurencyjności. Jednak na podstawie przeprowadzonych badań można zauważyć, iż w przypadku przedsiębiorstw produkcyjnych, technologia ta dopiero nabiera dynamicznego rozpędu. Warto jednak mieć na uwadze, że technologia już teraz odgrywa kluczową rolę w transformacji cyfrowej polskiego przemysłu.

Zakończenie

Przeprowadzone analizy potwierdziły, że transformacja cyfrowa polskich przedsiębiorstw produkcyjnych znajduje się na etapie dynamicznego wzrostu, lecz jej tempo i zakres są silnie zróżnicowane. Chmurę obliczeniową wykorzystuje niepełna 45,00% firm, przy czym adopcja rośnie wraz z rozmiarami organizacji. Najważniejsze korzyści to usprawnienie procesów produkcyjnych, szybszy dostęp do wiedzy i lepsze wykorzystanie danych. Z kolei główną barierą pozostaje obawa o bezpieczeństwo danych, niezależna od wielkości i zasięgu firmy.

Cele badawcze zostały zrealizowane:

- przedstawiono aktualny obraz wykorzystania technologii cyfrowych w badanym sektorze;
- skwantyfikowano katalog barier i korzyści;
- wykazano, że nie wszystkie obawy (np. złożoność umów SLA) mają jednakowe znaczenie dla różnych typów przedsiębiorstw;
- zaproponowano rekomendacje obejmujące m.in. stopniową migrację do modelu chmury hybrydowej, budowę kompetencji w obszarze bezpieczeństwa oraz mechanizmy walidacji wartości biznesowej technologii w odniesieniu do cyklu szumu informacyjnego.

Wkład pracy ma zarówno wymiar poznawczy – wzbogaca literaturę o świeże dane empiryczne z polskiego rynku – jak i praktyczny – dostarcza decydom narzędzi do priorytetyzacji inicjatyw cyfrowych i zarządzania ryzykiem. Ograniczenia badania (ankietowy charakter, koncentracja na sektorze produkcyjnym) otwierają jednak pole do dalszych studiów – zwłaszcza pogłębionych wywiadów jakościowych oraz analiz longitudinalnych monitorujących efekty wdrożeń w perspektywie kilku lat.

Podsumowując, skuteczna cyfryzacja wymaga nie tylko inwestycji kapitałowych, lecz przede wszystkim dojrzałej strategii, kultury organizacyjnej sprzyjającej innowacjom i ciągłego doskonalenia kompetencji. Organizacje, które potrafią łączyć analizę danych ze świadomym zarządzaniem cyklem życia technologii, zyskują realną przewagę konkurencyjną i są w stanie lepiej odpowiadać na wyzwania Przemysłu 4.0.

Bibliografia

- Ahmad N., Hasan G., Barbhuiya R. (2021), *Identification and prioritization of strategies to tackle COVID-19 outbreak: A group-BWM based MCDM approach*, „Applied Soft Computing”, t. 111, s. 107642.
- Ambroziak S. i in. (2021), *IoT for healthcare applications*, [w:] C. Oestges, F. Quitin (red.), *Inclusive radio communications for 5G and beyond*, Amsterdam, s. 221–252.
- Baryła-Zapała E. i in. (2023), *W drodze ku doskonałości cyfrowej. Raport końcowy z badania rynku na temat gotowości wdrożenia, poziomu wiedzy i wykorzystania nowych technologii, cyfrowych w Małych i Średnich Przedsiębiorstwach*, gov.pl, 19 czerwca, <https://www.gov.pl/attachment/4248f56b-7091-4096-83bc-b7abca1c36cf> (dostęp: 28.02.2025).
- Biba J. (2024), *16 types of IoT sensors available today*, Built In, 13 grudnia, <https://builtin.com/articles/iot-sensors> (dostęp: 28.02.2025).
- Chandrasekaran A. (2024), *Spotlight on 2024 Gartner hype cycle™ for emerging technologies*, Gartner, 8 września, <https://www.gartner.com/en/articles/hype-cycle-for-emerging-technologies> (dostęp: 28.02.2025).
- Cvitić I. i in. (2021), *Analysis of IoT concept applications: Smart home perspective*, [w:] D. Perakovic, L. Knapcikova (red.), *Future access enablers for ubiquitous and intelligent infrastructures*, Springer International Publishing, t. 382, s. 167–180.
- Dharshini K. P. i in. (2022), *A survey on IoT applications in smart cities*, [w:] S. Aurelia, S. Aurelia (red.), *Immersive technology in smart cities*, Springer, s. 179–204.
- Dziembek D., Bajdor P. (2018), *Wykorzystanie chmury obliczeniowej w przedsiębiorstwach – wstępne wyniki badań*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 368, s. 27–53.
- Eurostat (2025), *Digitalisation in Europe – 2025 edition*, [w:] *Interactive publications*, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/digitalisation-2025> (dostęp: 28.02.2025).
- Gartner (2024a), *Gartner 2024 hype cycle for emerging technologies highlights developer productivity, total experience, AI and security*, 21 sierpnia, <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-08-21-gartner-2024-hype-cycle-for-emerging-technologies-highlights-developer-productivity-total-experience-ai-and-security> (dostęp: 28.02.2025).
- Gartner (2024b), *Hype cycle for emerging technologies 2020*, <https://medium.com/swlh/gartner-2020-hype-cycle-for-emerging-technologies> (dostęp: 28.02.2025).
- Gartner (2024c), *Internet of things: Unlocking true digital business potential*, <https://www.gartner.com/en/information-technology/insights/internet-of-things> (dostęp: 28.02.2025).

- Glasow P. A. (2005), *Fundamentals of survey research methodology*, McLean, Virginia.
- Grand View Research (2024), *Cloud computing market (2025–2030). Size, share & trends analysis report by deployment (public, private, hybrid), by service (IaaS, PaaS, SaaS), by workload, by enterprise size, by end-use, by region, and segment forecasts*, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cloud-computing-industry> (dostęp: 28.02.2025).
- GUS (2024a), *Internet rzeczy*, <https://stat.gov.pl/metainformacje/slownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej/4023,pojecie.html> (dostęp: 28.02.2025).
- GUS (2024b), *Wykorzystanie zaawansowanych technologii w przemyśle w 2023 r.*, 20 listopada, s. 1–6, https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5497/9/1/1/wykorzystanie_zaawansowanych_tehnologii_w_przemysle_w_2023_r..pdf (dostęp: 28.02.2025).
- GUS, Urząd Statystyczny w Szczecinie (2024), *Spółczeństwo informacyjne w Polsce w 2024 r.*, https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5497/1/18/1/spoleczenstwo_informacyjne_w_polsce_2024_2.pdf (dostęp: 28.02.2025).
- Huang Z. (2021), *Analysis of IoT-based smart home applications*, [w:] *2021 IEEE international conference on Computer Science, Artificial Intelligence and Electronic Engineering (CSAIEE)*, „IEEE Internet of Things Magazine”, s. 218–221.
- Ioannides M.G. i in. (2021), *IoT monitoring system for applications with renewable energy generation and electric drives*, „Renewable Energies and Power Quality Journal”, t. 19, s. 565–570.
- Kargul A., Drozdowicz K., Tylek M. (2023), *W drodze ku doskonałości cyfrowej. Raport końcowy z badania rynku na temat gotowości wdrożenia, poziomu wiedzy i wykorzystania nowych technologii cyfrowych w Spółkach Skarbu Państwa*, gov.pl, 24 maja, <https://www.gov.pl/attachment/eb7f5f72-2641-4541-ac0c-758d2212319c> (dostęp: 28.02.2025).
- Khanna A., Kaur S. (2020), *Internet of Things (IoT), applications and challenges: A comprehensive review*, „Wireless Personal Communications”, t. 114, s. 1687–1762.
- Lea P. (2020), *IoT and edge computing for architects. Implementing IoT solutions with sensors, communication, Edge computing, networking, analytics and security*, Birmingham.
- Learn Microsoft (2024a), *IoT Edge Offline capabilities*, 6 maja, <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/iot-edge/offline-capabilities?view=iotedge-1.4> (dostęp: 28.02.2025).
- Learn Microsoft (2024b), *Wymagania dotyczące certyfikacji zabezpieczonego rdzenia brzegowego*, 28 lutego, <https://learn.microsoft.com/pl-pl/azure/certification/program-requirements-edge-secured-core> (dostęp: 28.02.2025).
- Li Ch. i in. (2024), *A review of IoT applications in healthcare*, „Neurocomputing”, t. 565, s. 127017.
- Lori P. (2022), *What's new in the 2022 Gartner hype cycle for emerging technologies*, Gartner, 10 sierpnia, <https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-the-2022-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies> (dostęp: 28.02.2025).
- Lori P. (2023), *What's new in the 2023 Gartner hype cycle for emerging technologies*, Gartner, 23 sierpnia, <https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-the-2023-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies> (dostęp: 28.02.2025).
- Machuga R. (2020), *Czynniki determinujące wykorzystanie chmur obliczeniowych w zarządzaniu przedsiębiorstwami – wyniki badań w państwach członkowskich UE*, „Przegląd Organizacji”, nr 2, s. 27–34.

- Machuga R. (2024), *Wykorzystanie chmur obliczeniowych w polskich mikroprzedsiębiorstwach: Wyniki badań*, „Zeszyty Naukowe Akademii Górnośląskiej”, nr 14, s. 125–139.
- Mell P., Grance T. (2011), *The NIST definition of cloud computing*, „Recommendations of the National Institute of Standards and Technology”, SP 800-145, s. 2–3.
- Microsoft (2024), *AVEVA Edge*, https://azuremarketplace.microsoft.com/en/marketplace/apps/aveva1.aveva_edge_scada?tab=Overview (dostęp: 28.02.2025).
- Ministerstwo Cyfryzacji, Instytut Łączności (2024), *Polska w zasięgu stacjonarnego dostępu do internetu*, gov.pl, 17 kwietnia, s. 6–7, <https://www.gov.pl/attachment/3b6faa68-9d91-4eec-ac7a-10ff8c28f868> (dostęp: 28.02.2025).
- Mitchell T. M. (1997), *Machine learning*, New York.
- Paraskevopoulos D., Wegner P. (2024), *Global IoT enterprise spending (Q2/2024 update)*, czerwiec, <https://iot-analytics.com/product/global-iot-enterprise-spending-q2-2024-update/> (dostęp: 28.02.2025).
- Pawar S. (2024), *IoT solutions in agriculture: Enhancing efficiency and productivity*, „International Journal of Innovative Science and Research Technology”, t. 9, nr 5, s. 3388–3390.
- PMR Market Experts (2025), *Rynek przetwarzania danych w chmurze w Polsce 2024. Analiza rynku i prognozy rozwoju na lata 2024–2029*, <https://mypmr.pro/content/freeresources/19737/c2f138768b32e7ff806f6ac319aa92fbff5d75bc-Pdf> (dostęp: 28.02.2025).
- PwC (2023), *Chmura w biznesie, liderzy widzą wartość*, 13 czerwiec, <https://www.pwc.pl/pl/publikacje/cloud-business-survey-2023-edycja-polska.html> (dostęp: 28.02.2025).
- Rao P. M. i in. (2024), *Role of IoT in the ages of digital to smart cities: Security challenges and countermeasures*, „IEEE Internet of Things Magazine”, t. 7, nr 1, s. 56–64.
- Russell S. J., Norvig P. (2021), *Artificial intelligence: A modern approach*, Pearson Education, New Jersey.
- Sinha S. (2024), *State of IoT 2024: Number of connected IoT devices growing 13% to 18.8 billion globally*, IoT Analytics, 3 wrzesień, <https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/> (dostęp: 28.02.2025).
- Software AG (2024), *Magic quadrant for Industrial IoT platforms*, https://www.software-ag.com/en_corporate/resources/iot/ar/iiot-platform-gartner.html (dostęp: 28.02.2025).
- Soni K. (2024), *IOT communication technologies*, [w:] *Connected horizons exploring IoT applications in Infrastructure | Agriculture | Environment and Design*, „IIP Series”, t. 4, s. 31–44.
- Sreenivasappa B. (2023), *IoT communication technologies*, [w:] *Futuristic trends in IoT, Volume 2 Book 15*, „IIP Series”, s. 10–34.
- Vailshery L. S. (2024a), *Number of Internet of Things (IoT) connections worldwide from 2022 to 2023, with forecasts from 2024 to 2033*, Statista, 26 czerwiec, <https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/> (dostęp: 28.02.2025).
- Vailshery L. S. (2024b), *Cloud infrastructure services vendor market worldwide from fourth quarter 2017 to fourth quarter 2024*, Statista, 17 września, <https://www.statista.com/statistics/967365/worldwide-cloud-infrastructure-services-market-share-vendor/> (dostęp: 28.02.2025).
- Xing L. (2024), *Internet of Things architecture*, [w:] *Reliability and resilience in the Internet of Things*, Elsevier, s. 63–69.

Spis rysunków

- Rysunek 1.1.** Cykl szumu informacyjnego Gartnera12
- Rysunek 1.2.** Cykl szumu informacyjnego Gartnera na rok 202314
- Rysunek 1.3.** Cykl szumu informacyjnego Gartnera za rok 202416
- Rysunek 1.4.** Przetwarzanie obrazu na brzegu33
- Rysunek 1.5.** Azure Machine Learning workspace36
- Rysunek 1.6.** Uproszczona architektura IoT Edge38
- Rysunek 1.7.** Wykorzystanie buforowania połączeń z IoT Hub na urządzeniu brzegowym.....40
- Rysunek 1.8.** Brama IoT Edge w trybie transparentnym i translacyjnym44
- Rysunek 1.9.** Drzewo decyzyjne wyboru sposobu instancjonowania zasobów obliczeniowych w trybie hybrydowym46
- Rysunek 1.10.** Macierz usług w modelu hybrydowym48
- Rysunek 1.11.** Serwer Azure Stack Edge Pro 253
- Rysunek 1.12.** Azure Stack Edge Pro R53
- Rysunek 1.13.** Moduł kamery kolorowej CMOS Raspberry Pi® SC0873 Camera Module 3 NoIR57
- Rysunek 1.14.** Czujnik poziomu wody57
- Rysunek 1.15.** Czujnik temperatury i wilgotności DHT11 +50C58
- Rysunek 1.16.** Moduł kamery Ximea MQ042CG-CM-S758
- Rysunek 1.17.** Arduino Nano 33 BLE59
- Rysunek 1.18.** Akcelerator SI Hailo 8L solo z Raspberry PI 560
- Rysunek 1.19.** ASUS NUC 14 Pro61
- Rysunek 1.20.** AGX Orin Developer Kit 64 GB – zestaw programistyczny NVIDIA Jetson AGX Orin62

Spis wykresów

Wykres 1.1.	Liczba podłączonych urządzeń IoT do 2023 roku i prognoza na lata 2024–2033 według Statista i IoT Analytics	22
Wykres 1.2.	Wydatki na korporacyjne technologie IoT	22
Wykres 1.3.	Udział w rynku platform chmurowych.....	29
Wykres 2.1.	Wielkość przedsiębiorstwa na podstawie liczby osób zatrudnionych w przedsiębiorstwie	64
Wykres 2.2.	Liczba przedsiębiorstw według obszaru działania przedsiębiorstw	65
Wykres 2.3.	Liczba przedsiębiorstw według liczby lat na rynku przedsiębiorstwa.....	65
Wykres 2.4.	Odsetek firm korzystających z rozwiązań chmurowych	67
Wykres 2.5.	Przedsiębiorstwa przemysłowe korzystające z zaawansowanych technologii w 2023 roku według liczby pracujących (w %)	67
Wykres 2.6.	Obszary działalności przedsiębiorstwa z podziałem na korzyści	73
Wykres 2.7.	Usprawnienie procesów produkcji a obszar działania przedsiębiorstwa	75
Wykres 2.8.	Wielkość przedsiębiorstwa a usprawnienie procesów produkcyjnych	76
Wykres 2.9.	Korzyści wynikające z szybkiego dostępu do wiedzy dzięki chmurze obliczeniowej	77
Wykres 2.10.	Lepsze wykorzystanie danych do zarządzania wiedzą	78
Wykres 2.11.	Rozwój nowych produktów i tworzenie innowacji w kontekście chmury obliczeniowej.....	79
Wykres 2.12.	Lepsza komunikacja z otoczeniem przy wykorzystaniu chmury obliczeniowej.....	81
Wykres 2.13.	Dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji przy wykorzystaniu chmury obliczeniowej.....	83
Wykres 2.14.	Bariery wynikające z korzystania z usług w chmurze.....	85
Wykres 2.15.	Zmiany o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu chmury	114

Spis tabel

Tabela 1.1.	Przedsiębiorstwa przemysłowe korzystające z wybranych zaawansowanych technologii w 2023 roku według celu ich wykorzystania (w % przedsiębiorstw korzystających z danej technologii)	24
Tabela 1.2.	Przedsiębiorstwa przemysłowe korzystające z wybranych zaawansowanych technologii w 2023 roku według korzyści z ich wykorzystania (w % przedsiębiorstw korzystających z danej technologii)	25
Tabela 1.3.	Przedsiębiorstwa przemysłowe, w których w 2023 roku w związku z wykorzystaniem wybranej zaawansowanej technologii zaszczyt określone zmiany kadrowe (w % przedsiębiorstw korzystających z danej technologii)	26
Tabela 1.4.	Opcje konfiguracji Azure Stack Edge Pro 2	52
Tabela 2.1.	Liczba lat na rynku przedsiębiorstwa a korzystanie z rozwiązań chmury obliczeniowej	67
Tabela 2.2.	Wielkość przedsiębiorstwa a wykorzystanie rozwiązań chmury obliczeniowej	69
Tabela 2.3.	Zależność wielkości przedsiębiorstwa i wykorzystania technologii chmurowych	69
Tabela 2.4.	Obszar działania przedsiębiorstwa a wykorzystanie chmury obliczeniowej	70
Tabela 2.5.	Wykorzystanie technologii chmurowych w kontekście zasięgu działania rynkowego przedsiębiorstwa i wielkości przedsiębiorstwa	71
Tabela 2.6.	Obszary uznawane za kluczowe, jeśli chodzi o korzyści z zastosowania chmury obliczeniowej	74
Tabela 2.7.	Usprawnienie procesów produkcji a wielkość przedsiębiorstwa	74
Tabela 2.8.	Usprawnienie procesów produkcji a obszar działania przedsiębiorstwa	75
Tabela 2.9.	Zależność lepszego wykorzystania danych do zarządzania wiedzą względem obszaru działania przedsiębiorstwa	78
Tabela 2.10.	Lepsze zarządzanie wiedzą a obszar działania przedsiębiorstwa	79
Tabela 2.11.	Rozwój nowych produktów i tworzenie innowacji a obszar działania przedsiębiorstwa	80
Tabela 2.12.	Lepsza komunikacja z otoczeniem a wielkość przedsiębiorstwa	81
Tabela 2.13.	Lepsza komunikacja z otoczeniem w kontekście obszaru działania przedsiębiorstwa	82
Tabela 2.14.	Dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji a wielkość przedsiębiorstwa	83
Tabela 2.15.	Dostęp do szczegółowych danych związanych z procesami produkcji a obszar działania przedsiębiorstwa	84
Tabela 2.16.	Kwestia związana z ochroną danych osobowych jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze	87
Tabela 2.17.	Obawy o bezpieczeństwo danych i usług w kontekście barier wynikających z korzystania z usług w chmurze	87

Tabela 2.18.	Kwestia związana z ochroną danych osobowych a wielkość przedsiębiorstwa.....	88
Tabela 2.19.	Obawy o bezpieczeństwo danych i usług a wielkość przedsiębiorstwa	88
Tabela 2.20.	Kwestia związana z ochroną danych osobowych a obszar działania przedsiębiorstwa	89
Tabela 2.21.	Obawa o bezpieczeństwo danych i usług a obszar działania przedsiębiorstwa	90
Tabela 2.22.	Czy organizacja korzysta z własnych zasobów IT w przypadku korzystania z usług chmury obliczeniowej?.....	90
Tabela 2.23.	Obawy o bezpieczeństwo danych i usług jako bariera wynikająca z korzystania z usług chmurowych a korzystanie z własnych zasobów IT	91
Tabela 2.24.	Kwestia związana z ochroną danych osobowych jako bariera wynikająca z korzystania z usług chmurowych a korzystanie z własnych zasobów IT	92
Tabela 2.25.	Kwestia trudności z integracją rozwiązań jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze	93
Tabela 2.26.	Trudny dostęp wskutek słabego łącza jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze	94
Tabela 2.27.	Trudności z integracją rozwiązań a wielkość przedsiębiorstwa	94
Tabela 2.28.	Trudny dostęp wskutek słabego łącza a wielkość przedsiębiorstwa	95
Tabela 2.29.	Trudności z integracją rozwiązań a obszar działania przedsiębiorstwa	95
Tabela 2.30.	Trudny dostęp wskutek słabego łącza a obszar działania przedsiębiorstwa	96
Tabela 2.31.	Trudności z integracją rozwiązań jako bariera a wykorzystanie zasobów IT	97
Tabela 2.32.	Aspekty prawne jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze	97
Tabela 2.33.	Złożoność umów SLA jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze	98
Tabela 2.34.	Aspekty prawne a wielkość przedsiębiorstwa	98
Tabela 2.35.	Złożoność umów SLA a wielkość przedsiębiorstwa.....	99
Tabela 2.36.	Aspekty prawne a obszar działania przedsiębiorstwa.....	99
Tabela 2.37.	Złożoność umów SLA a obszar działania przedsiębiorstwa.....	100
Tabela 2.38.	Brak wiedzy i kompetencji jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze	101
Tabela 2.39.	Nieznany wpływ na zarządzanie firmą jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze	102
Tabela 2.40.	Brak wiedzy i kompetencji a wielkość przedsiębiorstwa.....	103
Tabela 2.41.	Nieznany wpływ na zarządzanie firmą a wielkość przedsiębiorstwa.....	103
Tabela 2.42.	Brak wiedzy i kompetencji a obszar działania przedsiębiorstwa	104
Tabela 2.43.	Nieznany wpływ na zarządzanie firmą a obszar działania przedsiębiorstwa....	105
Tabela 2.44.	Brak wiedzy i kompetencji jako bariera a wykorzystanie zasobów IT	105
Tabela 2.45.	Ograniczone zaufanie do nowych technologii jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze	106
Tabela 2.46.	Obawa przed działaniami dostawców usług chmurowych jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze	107
Tabela 2.47.	Obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze	107
Tabela 2.48.	Ograniczone zaufanie do nowych technologii a wielkość przedsiębiorstwa....	108
Tabela 2.49.	Obawa przed działaniami dostawców usług chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa	109
Tabela 2.50.	Obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury a wielkość przedsiębiorstwa	109
Tabela 2.51.	Ograniczone zaufanie do nowych technologii a obszar działania przedsiębiorstwa	110

Tabela 2.52.	Obawy o jakość usług świadczonych przez dostawców chmury a obszar działania przedsiębiorstwa	110
Tabela 2.53.	Obawa przed działaniami dostawców usług chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa	111
Tabela 2.54.	Koszty wdrożenia jako bariera wynikająca z korzystania z usług w chmurze ..	112
Tabela 2.55.	Koszty wdrożenia a wielkość przedsiębiorstwa	112
Tabela 2.56.	Koszty wdrożenia a obszar działania przedsiębiorstwa	113
Tabela 2.57.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych	116
Tabela 2.58.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa	116
Tabela 2.59.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa	117
Tabela 2.60.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalenie metod organizacji firmy jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	117
Tabela 2.61.	Wprowadzenie nowych modeli biznesowych jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych	118
Tabela 2.62.	Wprowadzenie nowych modeli biznesowych jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa	119
Tabela 2.63.	Wprowadzenie nowych modeli biznesowych jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa	120
Tabela 2.64.	Wprowadzenie nowych modeli biznesowych jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	120
Tabela 2.65.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych	121
Tabela 2.66.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa	122
Tabela 2.67.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa	123
Tabela 2.68.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	123
Tabela 2.69.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa	124
Tabela 2.70.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych	126
Tabela 2.71.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa	127

Tabela 2.72.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa	128
Tabela 2.73.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych metod produkcji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa.....	129
Tabela 2.74.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji wewnątrz organizacji jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa w stosunku do wielkości przedsiębiorstwa	130
Tabela 2.75.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych	132
Tabela 2.76.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa.....	133
Tabela 2.77.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa	133
Tabela 2.78.	Wprowadzenie nowych lub udoskonalonych produktów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	134
Tabela 2.79.	Wprowadzenie nowych usług dla klientów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych	135
Tabela 2.80.	Wprowadzenie nowych usług dla klientów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa	135
Tabela 2.81.	Wprowadzenie nowych usług dla klientów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa	136
Tabela 2.82.	Wprowadzenie nowych usług dla klientów jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	137
Tabela 2.83.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych	138
Tabela 2.84.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa	138
Tabela 2.85.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa	139
Tabela 2.86.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa w zestawieniu z wielkością przedsiębiorstwa	140
Tabela 2.87.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z klientami jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	142
Tabela 2.88.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych.....	143

Tabela 2.89.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa	143
Tabela 2.90.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa ..	144
Tabela 2.91.	Wprowadzenie nowych metod komunikacji z partnerami łańcucha dostaw i organami administracji publicznej jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	145
Tabela 2.92.	Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klientów stosowanych w firmie jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych.....	146
Tabela 2.93.	Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klientów stosowanych w firmie jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a wielkość przedsiębiorstwa	146
Tabela 2.94.	Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klientów stosowanych w firmie jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a obszar działania przedsiębiorstwa	147
Tabela 2.95.	Wprowadzenie nowych metod i kanałów świadczenia usług dla klientów stosowanych w firmie jako zmiana o charakterze innowacyjnym po wdrożeniu rozwiązań chmurowych a liczba lat na rynku przedsiębiorstwa	148

W dobie dynamicznych przemian technologicznych problematyka cyfrowej transformacji przedsiębiorstw produkcyjnych zyskuje na znaczeniu. Prezentowana monografia stanowi kompleksową analizę tego złożonego procesu, wychodząc od zdiagnozowanej luki poznawczej dotyczącej faktycznego stopnia wykorzystania zaawansowanych technologii w polskim sektorze przemysłowym. Autorzy stawiają sobie za cel obiektywną ocenę poziomu transformacji cyfrowej, ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania kluczowych rozwiązań technologicznych.

Publikacja dostarcza bogatego materiału badawczego, bazującego na dogłębnej analizie teoretycznej oraz badaniach empirycznych, które zostały zrealizowane w celu weryfikacji postawionych hipotez. Skoncentrowano się w niej na opisie oraz ocenie strategicznych i operacyjnych wyzwań, z jakimi mierzą się przedsiębiorstwa na drodze do cyfryzacji. Przedstawione dane empiryczne dostarczają unikalnych wniosków na temat dojrzałości technologicznej polskiego sektora produkcyjnego, a także stanowią kluczowe źródło informacji dla zrozumienia aktualnego stanu i perspektyw jego rozwoju. Książka stanowi istotny wkład w dyskusję na temat przyszłości polskiego przemysłu w kontekście globalnych trendów.