

POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA

Transformacja biznesu w erze sztucznej inteligencji: wiedza, innowacje, przyszłość

Monografia

Redakcja naukowa
Ilona Pawełszek
Cezary Stępniaik



Częstochowa 2026

Politechnika Częstochowska

Transformacja biznesu w erze sztucznej inteligencji: wiedza, innowacje, przyszłość

Monografia

Redakcja naukowa
Ilona Pawełoszek
Cezary Stępnia



Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej

Częstochowa 2026

Recenzent

dr hab. Iwona Chomiak-Orsa, prof. UEW

Redakcja

Natalia Mróz

Redakcja techniczna

Robert Świerczewski

Projekt okładki

Ilona Pawełszek

ISBN 978-83-65976-48-2

e-ISBN 978-83-65976-49-9

DOI: 10.17512/CUT/9788365976499

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2026

© Copyright by Ilona Pawełszek, Cezary Stępiak, Częstochowa 2026



Publikacja udostępniona na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa –
Użycie niekomercyjne 4.0 Międzynarodowa (CC BY-NC 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

SPIS TREŚCI

Wstęp	5
Część I. Wiedza i kontekst transformacji cyfrowej	
Rozdział 1. Występowanie i modelowanie styków pośrednich i bezpośrednich w organizacjach procesowych o strukturze międzynarodowej Michał Flieger	9
Rozdział 2. Zastosowanie i ograniczenia modeli językowych w zarządzaniu procesami decyzyjnymi Alicja Góralczyk-Putowska	19
Rozdział 3. Uwarunkowania użycia sztucznej inteligencji w organizacjach Artur Sierpiński	29
Część II. Innowacje technologiczne i sektorowe w erze sztucznej inteligencji	
Rozdział 4. Zarządzanie kosztami w erze danych: kalkulacja i predykcja z użyciem algorytmów uczenia maszynowego Janusz Hamryszczak	45
Rozdział 5. Organizacyjne i funkcjonalne aspekty zastosowania dronów w organizacjach jednostek samorządowych w ramach transformacji cyfrowej Cezary Stępnia, Tomasz Turek, Dariusz Dudek	58
Rozdział 6. W kierunku ekosystemu innowacji sektora inżynierii biomedycznej Lilla Knop, Arkadiusz Szmał	69
Rozdział 7. Analiza wykorzystania LLM jako <i>text-to-text</i> w transkrypcji medycznej Mateusz Dzięgielewski, Kamil Hudaszek	79
Rozdział 8. Przegląd i charakterystyka porównawcza modeli STT do praktycznego zastosowania w transkrypcji tekstów medycznych Maksymilian Zakrzewski	86
Rozdział 9. Wyzwania związane z wdrażaniem Przemysłu 4.0 w branży spożywczej – doświadczenia z procesu wprowadzania rozwiązań od włoskich dostawców Anna Monika Pijet	94
Rozdział 10. Sport 4.0 – między algorytmami a heurystyką zastosowania AI Wojciech Cieśliński, Przemysław Zubik	105

Część III. Zarządzanie i organizacja w erze AI

Rozdział 11. Model biznesowy dla złożonych usług sieciowych z zastosowaniem metod optymalizacji wielokryterialnej Maksymilian Iwanow, Helena Dudycz	115
Rozdział 12. Outsourcing IT i jego korzyści dla polskich oganizacji – studium przypadku Damian Kocot	127
Rozdział 13. Insourcing sztucznej inteligencji: koszty, kompetencje i wyzwania zgodności (2024-2025) Ilona Pawełoszek, Klaudia Smolağ, Edyta Kulej-Dudek	138
Rozdział 14. Zwinne organizacje w sytuacjach kryzysowych – przypadek słoweńskich przedsiębiorstw przemysłowych Maria Kocot	155
Rozdział 15. Procesy innowacyjne w przedsiębiorstwach działających w Polsce Beata Skowron-Grabowska, Paula Pypłacz	168

Część IV. Społeczne, edukacyjne i organizacyjne aspekty sztucznej inteligencji

Rozdział 16. Studium zastosowania sztucznej inteligencji w dydaktyce z wykorzystaniem IBM Watsonx Artur Machura	183
Rozdział 17. Cybertvetting w erze sztucznej inteligencji – między transparentnością a ukrytą praktyką Rafał Niedbał, Ilona Pawełoszek, Adam Sokołowski	200
Rozdział 18. ChatGPT i komptencje cyfrowe w rozwoju employer brandingu w przedsiębiorstwach Anna Nowacka	215
Rozdział 19. Uwarunkowania rozwoju gospodarczego gmin wschodniej i północno-zachodniej Polski Tadeusz Jakub Chruściel, Agnieszka Bitkowska	228
Rozdział 20. Kompetencje pracowników sektora kreatywnego w erze narzędzi cyfrowych Tomasz Lis, Aleksandra Piech, Aleksandra Grabińska, Miron Kutarba	243
Rozdział 21. Wpływ rozwoju ITC oraz akceptacji rozwiązań AI na kapitał intelektualny oraz efektywność funkcjonowania polskich szpitali Andrzej Chluski, Leszek Ziora	258
Rozdział 22. Bezpieczeństwo informacji i ochrona danych osobowych w organizacjach gospodarczych z wykorzystaniem modelu SaaS Paweł Kobis, Grzegorz Chmielarz, Artur Wrzalik	274
Rozdział 23. Uwarunkowania rozwoju e-commerce w Polsce Felicjan Byłok	290

WSTĘP

Dynamiczny rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI) w ostatnich latach radykalnie zmienia sposób funkcjonowania współczesnych organizacji. Uczenie maszynowe, modele językowe, analityka predykcyjna czy rozwiązania kognitywne nie są już domeną laboratoriów badawczych – stają się integralną częścią praktyk biznesowych, edukacyjnych i społecznych. W rezultacie przedsiębiorstwa wchodzą w nową fazę transformacji cyfrowej, w której innowacje technologiczne splatają się z potrzebą redefinicji procesów, kompetencji i modeli zarządzania.

Niniejsza monografia stanowi próbę interdyscyplinarnego ujęcia tych zjawisk. Autorzy reprezentujący różne ośrodki naukowe i specjalizacje prezentują zarówno teoretyczne, jak i praktyczne aspekty wykorzystania sztucznej inteligencji w zarządzaniu, przemyśle, edukacji i życiu społecznym. Zebrane teksty ukazują szerokie spektrum możliwości, jakie niesie AI, a zarazem wskazują na wyzwania – etyczne, kompetencyjne, organizacyjne i regulacyjne – towarzyszące tej transformacji.

Aby ułatwić Czytelnikowi orientację w zróżnicowanej tematyce, publikacja została podzielona na cztery części.

W Części I – Wiedza i kontekst cyfrowej transformacji odniesiono się do podstaw teoretycznych i poznawczych przemian organizacyjnych w erze AI. Autorzy poszczególnych rozdziałów w tej części analizują m.in. modelowanie relacji w złożonych strukturach procesowych, zastosowania modeli językowych w decyzjach menedżerskich oraz uwarunkowania implementacji sztucznej inteligencji w organizacjach.

W Części II – Innowacje technologiczne i sektorowe w erze sztucznej inteligencji zawarto przykłady wdrożeń nowoczesnych technologii w różnych sektorach gospodarki i administracji publicznej. Autorzy ukazują, jak algorytmy uczenia maszynowego, systemy optymalizacji oraz narzędzia sztucznej inteligencji wspierają procesy decyzyjne, efektywność kosztową oraz rozwój ekosystemów innowacji.

W Części II przedstawiono studia przypadków dotyczące zarządzania kosztami w erze danych, wykorzystania dronów w cyfrowej transformacji jednostek samorządowych, a także rozwoju ekosystemu innowacji w sektorze inżynierii biomedycznej. Uzupełnieniem tego obszaru są dwa rozdziały poświęcone praktycznym zastosowaniom sztucznej inteligencji w transkrypcji medycznej obejmujące zarówno analizę wykorzystania dużych modeli językowych (LLM) w podejściu *text-to-text*, jak i przegląd oraz porównanie modeli typu *speech-to-text* (STT) z perspektywy ich przydatności w rzeczywistych zastosowaniach klinicznych. Część II zamykają rozdziały dotyczące wyzwań związanych z wdrażaniem koncepcji Przemysłu 4.0 w branży spożywczej oraz zastosowań sztucznej inteligencji w sporcie, analizowanych w ramach koncepcji Sportu 4.0.

W Części III – Zarządzanie i organizacja w erze sztucznej inteligencji skupiono się na aspektach strategicznych, procesowych i organizacyjnych w kontekście wdrażania rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji. Rozdział poświęcony

modelowaniu złożonych usług sieciowych z wykorzystaniem metod optymalizacji wielokryterialnej wprowadza Czytelnika w problematykę projektowania modeli biznesowych w środowisku cyfrowym. W kolejnych rozdziałach przedstawiono studia przypadków dotyczące outsourcingu i insourcingu technologii informacyjnych, przeprowadzono analizę sprawności organizacji w warunkach kryzysu oraz omówiono procesy innowacyjne w polskich przedsiębiorstwach.

Ostatnią część stanowi **Część IV – Społeczne, edukacyjne i organizacyjne aspekty sztucznej inteligencji**, w której skoncentrowano się na konsekwencjach transformacji cyfrowej dla funkcjonowania ludzi, organizacji i instytucji w środowisku nasyconym technologiami AI. Autorzy poddają refleksji rolę sztucznej inteligencji w edukacji, rozwoju kompetencji, zarządzaniu kapitałem intelektualnym oraz kształtowaniu nowych praktyk organizacyjnych i rynkowych.

W tej części omówiono zastosowanie technologii kognitywnych w dydaktyce akademickiej, zjawisko cybervettingu w procesach rekrutacyjnych oraz wpływ narzędzi generatywnej AI na rozwój kompetencji cyfrowych i employer branding. Przedstawiono również analizy dotyczące uwarunkowań rozwoju gospodarczego jednostek samorządowych, kompetencji pracowników sektora kreatywnego w erze narzędzi cyfrowych oraz wpływu rozwoju technologii ICT i akceptacji rozwiązań AI na kapitał intelektualny i efektywność funkcjonowania podmiotów ochrony zdrowia.

Część IV dopełniają rozważania nad bezpieczeństwem informacji i ochroną danych osobowych w organizacjach gospodarczych oraz analiza uwarunkowań rozwoju e-commerce w Polsce ukazująca handel elektroniczny jako istotny element współczesnej gospodarki cyfrowej.

Monografia adresowana jest do badaczy, praktyków zarządzania, nauczycieli akademickich oraz studentów zainteresowanych wpływem sztucznej inteligencji na transformację biznesu. Jej celem jest nie tylko opis aktualnych zjawisk, lecz także wskazanie kierunków dalszych badań i refleksji nad miejscem człowieka w coraz bardziej inteligentnych organizacjach przyszłości.

*Ilona Pawełoszek
Cezary Stępnia*

Część I

WIEDZA I KONTEKST TRANSFORMACJI CYFROWEJ

ROZDZIAŁ 1

WYSTĘPOWANIE I MODELOWANIE STYKÓW POŚREDNICH I BEZPOŚREDNICH W ORGANIZACJACH PROCESOWYCH O STRUKTURZE MIĘDZYNARODOWEJ

Michał Flieger

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
Wydział Prawa i Administracji

Wprowadzenie

Umiejdzynarodowienie struktur organizacyjnych jest procesem trwającym już kilka dekad w zdecydowanej większości gospodarek. Proces ten najpierw wdrażany był w organizacjach o rozbudowanych strukturach i masowej skali działania na wielu rynkach, jednak wraz z rozwojem nowoczesnych technologii oraz postępującym znoszeniem barier wchodzenia na obce rynki nastąpiła powolna absorpcja praktyk związanych z umiejdzynarodowieniem przez organizacje z sektora małych i średnich przedsiębiorstw. Przedsiębiorstwa te coraz odważniej zaczynają funkcjonować w skali międzynarodowej, opierając się na dostępnych rozwiązaniach prawnych i organizacyjnych. Warto zwrócić uwagę, że praktyki umiejdzynaradawiania działalności mają tendencje do przyśpieszania. W związku z tym, coraz częściej któraś z form umiejdzynarodowienia działalności jest przez organizacje stosowana, przez co problematyka takiego funkcjonowania staje się coraz bardziej powszechna i istotna.

Współczesne uwarunkowania funkcjonowania organizacji w sposób naturalny skłaniają je do wybierania konfiguracji struktur organizacyjnych opartych na podejściach umożliwiających wykorzystanie zasobów międzynarodowych w codziennym funkcjonowaniu. Do takich podejść zaliczyć można outsourcing międzynarodowy oraz strukturę wirtualną (Perechuda, 2000). To pierwsze rozwiązanie polega na wykorzystaniu tylko wyszczególnionych obszarów funkcjonowania organizacji pozostających we własności podmiotu zewnętrznego znajdującego się za granicą. Natomiast drugie podejście jest bardziej kompleksowe i zakłada całkowite umiejdzynarodowienie gniazd procesowych wchodzących w skład całej organizacji. Dodatkowo outsourcing jest raczej rozwiązaniem stosowanym długoterminowo, natomiast struktury wirtualne są krótkotrwałe i podlegają częstej anihilacji i odradzaniu w całkowicie innej postaci. Tak czy inaczej, oba podejścia sprzyjają wykorzystaniu zasobów wewnętrznych dla tworzenia przewagi konkurencyjnej organizacji i wytworzenia większej wartości dodanej dla klienta zewnętrznego.

Zarówno w przypadku outsourcingu międzynarodowego, jak i struktur wirtualnych mamy do czynienia ze współpracą pomiędzy organizacjami w ujęciu międzynarodowym (Wosiek, 2016). W outsourcingu współpraca ta dotyczy bieżącej koordynacji współpracy na linii organizacja zlecająca oraz zleceniobiorca/kooperant. W przypadku organizacji wirtualnej współpraca odbywa się pomiędzy gniazdami, które rozmieszczone są w różnych miejscach na świecie. Gniazda te pozostają w relacji klienta i dostawcy wewnętrznego, zatem ich współpraca ma ściśle określony charakter, który zostanie przybliżony w dalszej części tekstu.

Celem niniejszego opracowania jest ukazanie istoty wykorzystania zasobów tworzących przewagi konkurencyjne w ujęciu międzynarodowym zarówno w postaci outsourcingu międzynarodowego, jak i struktur wirtualnych. Celem jest także zdefiniowanie oraz charakterystyka tzw. styków pośrednich i bezpośrednich występujących pomiędzy partnerami takiej współpracy, a także wskazanie mechanizmów ich kontroli w celu zapewnienia spójności i efektywności działań (Flieger, 2016). W odniesieniu do metodyki realizacji celów należy wskazać, że tekst jest opracowaniem koncepcyjnym, które oparte zostało na krytycznej analizie literatury ujawniającej istotne luki badawcze w powyższych obszarach. Zastosowano analizę porównawczą publikacji krajowych i zagranicznych z zakresu sieci organizacyjnych, która potwierdziła konieczność uzupełnienia wiedzy w tym zakresie.

Motywatory sprzyjające umiędzynarodowieniu działalności

Podstawowym pytaniem, które należy zadać w obrębie poruszanych zagadnień, jest kwestia powodów umiędzynaradawiania działalności (Wąsowska, 2019). Powody te bowiem wpływają zarówno na stosowanie rozwiązań struktur międzynarodowych, jak i na wybór tych konkretnych, odpowiadających celom organizacyjnym. Jednym z podstawowych czynników prowadzących do wykroczenia działalności organizacji poza granice kraju jest chęć zaistnienia na nowych rynkach zbytu towarów i usług. W tym przypadku organizacja liczy na zwiększenie skali działalności i powiększenie swoich struktur poprzez zwiększenie udziału w rynkach zagranicznych. W takim przypadku motywacje organizacyjne są głównie finansowe, organizacja dąży do zwiększenia zyskowności w długim terminie, zwiększając skalę przychodową oraz zyski.

Drugim i nie mniej istotnym powodem umiędzynaradawiania działalności jest zwiększenie efektywności organizacji poprzez wykorzystanie wyspecjalizowanych zasobów międzynarodowych w realizacji bieżących działań organizacji (Bossak, 2013). Ma to miejsce przede wszystkim w przypadku outsourcingu międzynarodowego, gdzie organizacja macierzysta liczy na poprawę efektywności wykorzystywanych zasobów poprzez nawiązanie współpracy z jednostką wyspecjalizowaną w obszarze, który podlega wydzieleniu ze struktury macierzystej na zewnątrz (Ciszewska-Mlinarič, 2021). Tutaj wzrost zyskowności organizacji mający być efektem takiej współpracy

następuje poprzez ograniczenie kosztów działalności dzięki optymalizacji wykorzystania zasobów (w tym przypadku przez organizację zewnętrzną, która w zamian otrzymuje stosowaną zapłatę).

Inaczej wygląda sytuacja w organizacjach wirtualnych. W tym przypadku podstawowym motywem umiędzynarodowienia jest optymalizacja wytwarzanej wartości dodanej dla klienta zewnętrznego poprzez współdziałanie wyspecjalizowanych organizacji w ramach odrębnych gniazd procesowych. Poszczególne operacje powierzone są organizacjom, które posiadają kluczowe czynniki sukcesu i obsadzone są wzdłuż procesu wytwórczego. Poprzez wyspecjalizowanie tych organizacji osiągnięta jest optymalizacja wykonania poszczególnych operacji, a także wykorzystania zasobów podlegających zużyciu w tych operacjach i będących podstawą funkcjonowania poszczególnych gniazd. Z jednej strony zatem optymalizuje się wykorzystanie zasobów, a z drugiej wpływa na maksymalizację wartości dodanej dla klienta, zatem następuje tutaj swoista synergia motywatorów i efektów umiędzynarodowienia w obrębie takich struktur (Brojakowska-Trząska, 2023).

Biorąc pod uwagę powyższe czynniki sprzyjające umiędzynarodowieniu funkcjonowania organizacji, należy zauważyć, że proces ten jest naturalnie wpisany w cele funkcjonowania zarówno organizacji biznesowych, jak i publicznych – należy zatem założyć, że będzie on przyspieszał w najbliższej przyszłości. Powoduje to, że rozpatrywanie tutaj zagadnienia międzynarodowej współpracy wewnątrzprocesowej nabierają szczególnego znaczenia zarówno w ujęciu praktycznym, jak i opracowań o charakterze teoretyczno-poznawczym.

Krótką charakterystyka outsourcingu międzynarodowego oraz struktur wirtualnych

Rozwój technologii komunikacyjnych oraz transportowych spowodował, że rozproszenie geograficzne i odległości fizyczne tracą swoje znaczenie w kontekście barier współpracy międzynarodowej. Dotyczy to przede wszystkim możliwości specjalizacji obszarowej i sprzedaży swoich wyrobów i usług przez średnie lub małe organizacje w skali międzynarodowej (Brzozowski, 2007). Tworzy to naturalne warunki do nawiązania umów outsourcingowych z większymi/innymi organizacjami chcącymi optymalizować swoje koszty oraz wykorzystanie zasobów finansowych. Dzięki specjalizacji nawet małe organizacje mogą sprawnie funkcjonować w środowisku międzynarodowym, kooperując na bieżąco z partnerami z całego świata. Przynosi to obopólne korzyści zgodnie z mechanizmami opisanymi w poprzednim punkcie tego opracowania.

W aspekcie założeń teoretycznych outsourcing międzynarodowy jest uzasadniony i korzystny dla obu stron współpracy (Davy, 2018). Konieczne jednak staje się praktyczne spojrzenie na mechanizmy współpracy, gdzie sama współpraca może warunkować efektywność całego przedsięwzięcia. Innymi słowy, czym innym są założenia strategiczne i uzasadnienie efektywności wykorzystania outsourcingu

międzynarodowego przez obie strony, a czym innym bieżąca współpraca i jej efektywność. Temat niniejszego opracowania zwraca uwagę właśnie na ten drugi aspekt, który może być kluczowy dla powodzenia całego przedsięwzięcia (Vitasek, 2022).

Inaczej sytuacja wygląda w przypadku struktur wirtualnych. Tutaj współpracujące organizacje wybierane są na podstawie posiadanych kluczowych czynników sukcesu przez integratora całej organizacji (Flieger, 2019). Każde gniazdo procesowe jest zatem odrębną organizacją, która współpracuje w ramach relacji procesowych ze swoimi klientami i dostawcami wewnętrznymi oraz z integratorem. Tutaj specjalizacja dotyczy zatem każdej operacji procesowej, a osiągnane korzyści dotyczą, jak już wspomniano, dwóch obszarów: po pierwsze – optymalizacji wykorzystania zasobów w gniazdach poprzez zatrudnienie KCSów, po drugie – maksymalizacji wytworzonej wartości dodanej zarówno w perspektywie mikro (wewnątrzprocesowej), jak i makro (dla klienta zewnętrznego).

W przypadku organizacji wirtualnych bieżąca współpraca nie dotyczy współdziałania z jedną organizacją, tak jak w kwestii outsourcingu. Tutaj mamy do czynienia ze współpracą poszczególnych gniazd, z których każde jest odrębną organizacją funkcjonującą często w innym obszarze kulturowo-geograficznym (Sankowska, 2009). Powoduje to, że mechanizmy kreowania i prowadzenia współpracy w tym ujęciu są szczególnie istotne dla powodzenia całego przedsięwzięcia oraz podkreśla fakt, że organizacje wirtualne mają charakter jednorazowy – co dodatkowo utrudnia mechanizmy kooperacyjne tworzone krótkofalowo i często improwizowane. Na całość procesu współpracy wpływają także różnice wynikające z rozprzestrzenienia geograficznego, zarówno kulturowe, jak i prawne, społeczne czy ekonomiczne. Podkreśla to istotę poruszanej tematyki, jej aktualność oraz konieczność poszukiwania sposobów budowania mechanizmów sprzyjających efektywności i skuteczności współpracy (Brzozowski, 2010) – to one bowiem często decydują o sukcesie całego przedsięwzięcia.

Definicja styków pośrednich i bezpośrednich

Zarówno w przypadku outsourcingu międzynarodowego, jak i struktur wirtualnych mamy do czynienia z koniecznością harmonizacji współpracy pomiędzy jednostkami zewnętrznymi (Grajewski, 2016). Harmonizacja ta wynika z poszukiwania spójności i kompatybilności mechanizmów funkcjonowania, a zatem i współdziałania odrębnych podmiotów. Zakłada się, że im większa kompatybilność i spójność, tym efektywniejsza, skuteczniejsza i wydajniejsza współpraca. Należy zadać sobie zatem pytania: w jaki sposób identyfikować poszczególne elementy, które mogą podlegać harmonizacji i w jaki sposób opracowywać mechanizmy osiągania spójności?

Pewnej perspektywy poszukiwań spójności dostarczyć może identyfikacja styków pośrednich i bezpośrednich. W przypadku organizacji, które współpracują ze sobą, szczególnie w środowisku międzynarodowym, elementami łączącymi je są pewne obszary współpracy podlegające bieżącym uzgodnieniom podczas codziennej współpracy. Obszary podlegające wspólnej komunikacji i dwustronnym uzgodnieniom

w ramach kooperacji nazywamy stykami bezpośrednimi. Ich charakter uzależniony jest bezpośrednio od zainteresowanych stron. Mogą one, w ramach negocjacji, wypracować takie schematy funkcjonowania oraz współdziałania, które odpowiadać będą ich wzajemnej charakterystyce i w ten sposób będą pozytywnie wpływać na efektywność kooperacji. Ponadto w ramach wzajemnych uzgodnień powstawać mogą połączenia synergiczne dodatkowo wzmacniające harmonizację, spójność oraz efektywność. Analiza współpracy w perspektywie takich właśnie synergii i spójności jest niezmiernie ważna, ponieważ może ona warunkować współpracę w ogóle – brak takich dopasowań może doprowadzić do zerwania współpracy ocenianej jako nieefektywna lub nieskuteczna.

Drugim rodzajem styków są styki pośrednie. Dotyczą one powiązań każdej ze współpracujących organizacji z organizacjami trzecimi oraz z ich otoczeniem zewnętrznym (Skorupska, 2005). Są to zatem wszystkie połączenia, które nie dotyczą bezpośredniej współpracy zainteresowanych podmiotów. W tym przypadku możliwość wpływu i kształtowania tych połączeń jest ograniczona, ponieważ pozostaje poza bezpośrednim oddziaływaniem zleceniodawców (w przypadku outsourcingu) lub gniazd procesowych (w przypadku organizacji wirtualnych). Ważne jest również, że styki te wpływają na funkcjonowanie organizacji/partnerów i stąd ich rozpoznanie oraz poszukiwanie możliwości wpływu na nie. Kształtowanie ich, mające na celu dopasowanie poszczególnych elementów i osiąganie większego stopnia spójności, może być konieczne.

W przypadku styków pośrednich istotna jest analiza już na etapie poszukiwania współpracujących organizacji. Jest to związane z faktem, że styki te mają bardzo wyraźny wpływ na charakter i działanie organizacji partnerów, a jednocześnie są trudne do zmiany, kształtowania i kontroli przez partnera. Stąd odpowiednie rozpoznanie charakteru styków pośrednich i ich wpływu pozwala na wyeliminowanie sytuacji, w których styki te utrudnią lub uniemożliwią sprawną współpracę z daną organizacją.

Modelowanie styków pośrednich związane jest oczywiście z budowaniem strategii różnego rodzaju działań, które w jakikolwiek sposób mogą na nie wpłynąć, a w efekcie sprzyjać mechanizmom współpracy bieżącej (Bitkowska & Weiss, 2016). Często są to jednak działania złożone, wymagające kompleksowego podejścia, a także perspektywy długofalowej.

Przykładem zastosowania analizy styków jest współpraca pomiędzy gniazdami organizacji wirtualnej, gdzie bezpośrednio kontakty stanowią styki bezpośrednie, które mogą być wprost kształtowane. Współpraca danych gniazd z ich kooperantami, która wpływa na charakter tych gniazd i na współpracę bezpośrednią z nimi, stanowi natomiast przykład styków pośrednich, na które mamy ograniczony wpływ. W ten sposób przy użyciu takich perspektyw analizy identyfikuje się styki oraz ich rodzaje i przyjmuje się odpowiednie strategie ich modelowania.

Należy zaznaczyć, że koncepcje zastosowania styków pośrednich oraz bezpośrednich mogą być trudne do zastosowania szczególnie w środowisku międzynarodowym, w strukturach o charakterze wirtualnym, w których poszczególne gniazda

są rozproszone geograficznie oraz funkcjonują w różnych rodzajach otoczenia. W takich przypadkach faktyczne oddziaływanie na styki, szczególnie te pośrednie, może być trudne lub wręcz niemożliwe. Mogą wystąpić problemy już na etapie identyfikacji tych styków oraz na etapie ich analizy. Są to nowe, ciekawe wyzwania, przed którymi stoi obecnie nauka zarządzania.

W przypadku analizy i modelowania styków bezpośrednich i pośrednich konieczne jest zastosowanie perspektywy koncepcji spójności oraz koncepcji systemowej. Obie perspektywy zostaną omówione poniżej w odniesieniu do tematyki niniejszego opracowania.

Podejście systemowe w analizie styków bezpośrednich i pośrednich

Powyższa analiza ma charakter kompleksowy i konieczne jest jej prowadzenie z zastosowaniem zasad koncepcji systemowej. Przede wszystkim niezbędna jest analiza charakteru poszczególnych styków i ich wpływu na wszystkie inne. Jest to szczególnie istotne przy projektowaniu zmian indywidualnych styków, ponieważ może mieć wpływ na pozostałe styki i jednocześnie na charakter współpracy generalnie. Poza tym należy mieć świadomość tego, że optymalizacja jednego ze styków może przynieść trojaki skutki w kontekście poprawy efektywności współpracy, czyli może ją poprawić, pogorszyć lub nie mieć na tą efektywność żadnego wpływu (Górna i in., 2021).

Kolejnym aspektem, który należy wziąć pod uwagę, jest konieczność analizy 360 stopni, co oznacza poszukiwanie związków pomiędzy poszczególnymi stykami i ich zmianami ze wszystkimi innymi, nawet tymi pośrednio związanymi z obszarem planowanych ulepszeń. Często bywa tak, że związki pomiędzy stykami znajdują się w miejscach pozornie oddalonych, które na pierwszy rzut oka nie korespondują ze sobą. Takie ujęcie jest trudne ze względu na konieczność poszukiwania powiązań hipotetycznych oraz na zadawanie pytań nieoczywistych – czy dane związki istnieją i jaki mają charakter. Tylko w ten sposób można przewidzieć skutki stosowanych strategii dotyczących kształtowania współpracy oraz zdecydować o zasadności ich wdrażania.

Ponieważ styków bezpośrednich i pośrednich jest zwykle wiele, aktualny staje się problem wyznaczenia ram systemu, czyli podjęcia decyzji dotyczącej tego, które styki poddawać analizie, a które pominąć, często bowiem dochodzi do sytuacji, w której analiza wszystkich styków nie jest możliwa, ponieważ jest ich zbyt dużo lub pozostają one poza jakimkolwiek wpływem z naszej strony.

Niezbędne jest określenie, czy po analizie wybranych styków należy tworzyć strategię zmian, czy nie jest to konieczne, oraz ustanowienie hierarchii ważności poszczególnych styków i konieczności wprowadzania w nich zmian. Jest to ważne z powodu ograniczonych zasobów organizacyjnych i braku możliwości prowadzenia zmian we wszystkich wymagających tego obszarach w jednym czasie. Należy

ustalić, które działania są ważniejsze, a które mogą zostać wykonane w drugiej kolejności.

Kolejną kluczową wytyczną, która wynika z zasad koncepcji systemowej i którą należy uwzględnić w analizie styków, jest zasada wzmocnień oraz osłabień efektów wprowadzanych zmian (Werpachowski, 2009). W tym przypadku należy mieć świadomość, że regulacja styków, zarówno bezpośrednich, jak i pośrednich, może przynieść efekt wzmacniający, czyli taki, który niejako lawinowo wywiera zmiany w innych stykach, albo osłabiający, który wpłynie na zanik występującej charakterystyki jakiegoś styku. Ma to szczególne znaczenie dla rozpoznania faktycznych skutków wprowadzanych zmian w stykach, które bezpośrednio analizujemy. Chodzi o to, żeby nie zapomnieć o ewentualnych następstwach o charakterze długoterminowym, które mogą mieć znaczący wpływ na efektywność współpracy jako całości, a właśnie takie spojrzenie całościowe jest najistotniejsze w procesie modelowania i wprowadzania poszczególnych zmian.

Koncepcja spójności w procesie kształtowania styków

Rozpatrując zagadnienie styków bezpośrednich oraz pośrednich, menadżerowie stawiają sobie za cel maksymalizację efektywności współpracy międzyorganizacyjnej. Efektywność ta jest pochodną spójności osiągananej w wyniku analizy styków i ich odpowiedniego kształtowania (Flieger, 2019). W ten sposób harmonizuje się mechanizmy współdziałania, a jest to osiąganane dzięki kształtowaniu organizacji partnerskiej poprzez wpływ właśnie na te styki.

Aby owa harmonizacja wystąpiła, konieczne jest przyjęcie perspektywy spójności, w tym przypadku międzyorganizacyjnej (CliffsNotes, b.r.). Spójność ta odnosi się do identyfikacji właściwych styków, które będą podlegać modelowaniu oraz określeniu sposobu i celu tego modelowania (Flieger, 2012). Efektem tych działań ma być taki kształt organizacji partnerskiej, który umożliwi sprawną współpracę.

Używając pojęcia „kształt”, należy rozumieć je jako funkcjonowanie poszczególnych obszarów organizacji partnerskich, które wpływają na rodzaj, charakter oraz sposób bezpośredniej współpracy. Modelując w odpowiedni sposób styki, wpływamy w efekcie na te obszary, a to z kolei powoduje, że współpraca układać się będzie sprawniej.

Spojrzenie z perspektywy spójności w tym przypadku dotyczy zatem następujących kwestii:

- a) wyboru odpowiednich styków bezpośrednich i pośrednich podlegających wpływowi i modelowaniu;
- b) określenia sposobu wywierania wpływu na zidentyfikowane styki;
- c) identyfikacji obszarów, które ulegną zmianie w wyniku wpływu na wybrane styki;
- d) określenia sposobu zmian owych obszarów;

- e) analizy wpływu zmian na mechanizmy współpracy z organizacją–inicjatorem zmian;
- f) określenia poziomu poprawy efektywności współpracy na skutek osiągnięcia wyższego poziomu spójności współpracy;
- g) bieżącej analizy obszarów, które w przyszłości mogą ulec zmianie poprzez modelowanie kolejnych styków.

Jak wynika z przedstawionych powyżej kroków, osiąganie spójności jest procesem, który w dynamicznie zmieniających się organizacjach w zasadzie trwa nieustannie (Flieger, 2012). Powoduje to, że – czysto teoretycznie – wieczna fluktuacja organizacyjna wymaga ciągłych dostosowań, a pełna spójność jest celem, stanem idealnym, który nigdy nie zostanie osiągnięty. Analiza taka pozwala jednak na zwrócenie uwagi oraz koncentrację wysiłków menadżerów na aktywnych działaniach harmonizujących opisanych w powyższym schemacie. W istocie organizacje pozostają w ciągłej nierównowadze, ale może ona być nieustannie minimalizowana i utrzymywana na tak niskim poziomie, jak jest to możliwe albo konieczne.

Warto tutaj zwrócić uwagę, że można wyobrazić sobie sytuacje, w których występowanie pewnego poziomu nierównowagi jest korzystne dla współpracy dwustronnej. Zatem spójność organizacyjna to nie tylko osiąganie równowagi poprzez harmonizację, ale także identyfikacja pożądaných nierównowag i utrzymywanie ich na właściwym poziomie. Spójność nie oznacza jedynie pełnego dopasowania w sensie dosłownym, ponieważ niedopasowanie może być także przejawem świadomej strategii.

Prowadząc te rozważania dalej, ciekawym pytaniem jest: czy dla efektywności współpracy bardziej korzystna jest dominacja obszarów harmonijnych czy dysharmonii? Czy może powinny one być sobie równe? Na te pytania nie da się odpowiedzieć jednoznacznie na poziomie rozważań teoretycznych. Ponadto sytuacja będzie wyglądać inaczej w przypadku konkretnych sytuacji. Granica korzystności dysharmonii będzie się zatem przesuwac w poszczególnych przypadkach, a także będzie się zmieniać z czasem. Opierając się jednak na ogólnej wiedzy menadżerskiej, należy przypuszczać, że zbyt duży poziom dysharmonii będzie miał wpływ negatywny na organizacje i na efektywność ich współpracy. Zbyt duża dysharmonia (czasami nawet minimalna) będzie wywoływać konflikty, nieporozumienia, błędy oraz ogólny chaos we współpracy pomiędzy organizacjami. Jej poziom powinien być zatem przedmiotem szczegółowej analizy ze strony menadżerów z uwzględnieniem wspomnianych powyżej możliwych następstw negatywnych.

Podsumowanie

Współczesna gospodarka światowa jest złożona i zróżnicowana. Jej cechą wspólną w wielu obszarach geograficznych jest jednak zwiększanie lub zachowanie mechanizmów otwartości w kontekście możliwości umiędzynarodawiania funkcjonowania organizacji. Oczywiście wraz z tym umiędzynarodowieniem zachodzą procesy

odwrotne, czyli mające na celu powrót z zagranicy do kraju macierzystego, ale w istocie oba te procesy, czyli umiędzynarodowienie oraz proces odwrotny, występują jednocześnie, tworząc naturalne zjawiska gospodarcze i ruchy kapitału w skali całego świata.

Typowymi przejawami umiędzynarodowienia współpracy jest outsourcing międzynarodowy oraz tworzenie przedsięwzięć wirtualnych opartych na międzynarodowych procesach wytwórczych z wykorzystaniem kluczowych czynników sukcesu funkcjonujących w różnych krajach. W obu przypadkach mamy do czynienia z procesem współpracy jednostek w kontekście międzynarodowym. To właśnie kreowanie i optymalizacja tej współpracy warunkują skuteczność wymienionych form organizacyjnych i ich efektywność.

Aby owa współpraca przebiegała sprawnie i efektywnie, konieczne jest jej modelowanie w perspektywie identyfikacji, analizy oraz kształtowania styków bezpośrednich oraz pośrednich. Jest to jedno z podstawowych działań zarówno na poziomie strategicznym, jak i operacyjnym, którym menadżerowie powinni poświęcać uwagę i wysiłek organizacyjny, ponieważ wpływa ono na całokształt współpracy.

Powyższa analiza wymaga przyjęcia perspektywy i założeń zarówno koncepcji systemowej, jak i koncepcji spójności. Są to założenia dość złożone i wymagają znacznej znajomości i zrozumienia ze strony menadżerów. Ich pominięcie prowadzić może do poważnych patologii we współpracy międzyorganizacyjnej, czemu sprzyjają dodatkowo różnice wynikające właśnie z umiejscowienia partnerów w różnych krajach. Jest to ciekawy przykład kompatybilności, synergii oraz wzajemnego uzupełniania się założeń koncepcyjnych w zarządzaniu wykorzystywanych w nowych perspektywach zarządczych, którymi są analizowane w opracowaniu styki.

Należy zaznaczyć, że opisywane zagadnienia analizowane są tutaj na poziomie strategicznym i koncepcyjnym. Perspektywa ta stanowić powinna punkt wyjścia do dalszego rozwoju teoretycznego zarówno na poziomie strategicznym oraz koncepcyjnym, jak i na poziomach niższych – taktyczno-operacyjnych. Ponadto ciekawe wydaje się podjęcie badań praktycznych w obszarze opisywanych zagadnień i problemów, co stanowić może inspiracje dla kolejnych opracowań pogłębiających ową tematykę. Kolejne opracowania sprzyjać będą rozwojowi nauki o zarządzaniu w obrębie założeń teoretycznych analizowanych zagadnień oraz wzbogacą wskazania implementacyjne dla menadżerów.

Literatura

1. Bitkowska, A., & Weiss, E. (2016). *Metody i koncepcje podejścia procesowego w zarządzaniu*. Vizja Press.
2. Bossak, J. W. (2013). *Konkurencja i współpraca międzynarodowa*. Difin.
3. Brojakowska-Trząska, M. (2023). *Przedsiębiorstwo wobec internacjonalizacji. Modele, strategie, finansowanie*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego.
4. Brzozowski, M. (2007). Istota organizacji wirtualnej. *Przegląd Organizacji*, 2(805), 7-11. <https://doi.org/10.33141/po.2007.02.01>

5. Brzozowski, M. (2010). *Organizacja wirtualna*. PWE.
6. Ciszewska-Mlinarič, M. (2020). *Internalizacja polskich przedsiębiorstw. Historie opowiedziane z pasją*. Wydawnictwo Poltext.
7. CliffsNotes. (b.r.). *Factors affecting organizational design*. <https://www.cliffsnotes.com/study-guides/principles-of-management/organizational-design-and-structure/factors-affecting-organizational-design>
8. Davy, A. (2018). *Międzynarodowy outsourcing usług IT. Pozycja Polski na światowym rynku outsourcingu usług*. Difin.
9. Flieger, M. (2012). *Zarządzanie procesowe w urzędach gmin. Model adaptacji kryteriów dojrzałości procesowej*. Wydawnictwo Naukowe UAM.
10. Flieger, M. (2016). Koncepcja spójności organizacyjnej. *Organizacja i Zarządzanie: kwartalnik naukowy*, 2(34), 21-30.
11. Flieger, M. (2019). *The consistency concept in management. Operational Approach*. Wydawnictwo Naukowe UAM.
12. Górna, J., Kaźmierczak, M., & Zapłata, S. (2021). *Praktyka zarządzania systemowego w doskonaleniu organizacji*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
13. Grajewski, P. (2016). *Organizacja Procesowa*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
14. Konecka, S., & Łupicka, A. (2022). *Logistyka gospodarki światowej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
15. Lenart-Gansiniec, R., & Najda-Janoszka, M. (2023). Krytyczne spojrzenie na zastosowanie metaanalizy w badaniach nad zarządzaniem. *Przegląd Organizacji*, 4(999), 6-13. <https://doi.org/10.33141/po.2023.04.01>
16. Majewski, M. (2020). Model rozwoju organizacji wirtualnej. W A. Kuźmińska-Haberla & S. Bobowski (red.), *Ekonomia i międzynarodowe stosunki gospodarcze* (s. 86-96). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
17. Perechuda, K. (red.) (2000). *Zarządzanie przedsiębiorstwem przyszłości. Koncepcje, modele, metody*. Wydawnictwo Placet.
18. Sankowska, A. (2009). *Organizacja wirtualna. Koncepcja i jej wpływ na innowacyjność*. WAiP.
19. Skorupska, A. (2005). *Współpraca międzynarodowa*. Polski Instytut Spraw Międzynarodowych.
20. Vitasek, K. (2022). *Zaangażowany outsourcing*. MT Biznes.
21. Wąsowska, A. (2019). *Przedsiębiorcy wobec okazji na rynkach zagranicznych. Mikrofundamenty umiędzynarodawienia firmy*. Poltext.
22. Werpachowski, W. (2009). *Wybrane problemy zarządzania w przedsiębiorstwie. Systemowe i procesowe podejście do zarządzania*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej.
23. Wosiek, R. (2016). Międzynarodowa konkurencyjność gospodarki – aspekty teoretyczne. *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, 269.
24. Zbieg, A., Żak, B., & Zaręba, P. (2014). The application of social network analysis for the studies on organizational structure. *Nauki o zarządzaniu. Management Sciences*, 2(19).

ROZDZIAŁ 2

ZASTOSOWANIE I OGRANICZENIA MODELI JĘZYKOWYCH W ZARZĄDZANIU PROCESAMI DECYZYJNYMI

Alicja Góralczyk-Putowska

AGH w Krakowie
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

Podjęcie decyzji jest nieodłącznym i kluczowym elementem zarządzania, zarówno strategicznego, jak i operacyjnego każdej organizacji. Jak zauważa Simon (1997), decyzje stanowią centralny mechanizm funkcjonowania organizacji, a ich jakość wpływa na skuteczność realizacji celów oraz zdolność adaptacji do zmiennego otoczenia.

Współczesne organizacje funkcjonują w dynamicznym i złożonym środowisku, w którym zdolność do szybkiego oraz trafnego podejmowania decyzji jest kluczowym czynnikiem sukcesu konkurencyjnego (Davenport & Harris, 2017). Tradycyjne procesy decyzyjne, często oparte na intuicji, doświadczeniu ekspertów czy manualnej analizie ograniczonych zbiorów danych, stają się niewystarczające w erze cyfrowej, charakteryzującej się dużą ilością oraz różnorodnością danych. W odpowiedzi na te wyzwania rośnie zainteresowanie wykorzystaniem zaawansowanych technologii, w tym sztucznej inteligencji, do wspierania, a także automatyzacji procesów decyzyjnych (Brynjolfsson & McAfee, 2014).

W ostatnich latach postęp technologiczny dotyczył rozwoju dużych modeli językowych, takich jak GPT-4, Llama 3 czy Claude 3. Modele te, bazujące na architekturze transformatorów, trenowane na ogromnych zbiorach danych tekstowych, wykazały zdolności w zakresie rozumienia języka naturalnego (Devlin i in., 2019) oraz generowania spójnych i kontekstowo dostosowanych treści (Brown i in., 2020). Ich potencjał do wspierania procesów decyzyjnych w organizacjach jest coraz częściej przedmiotem dyskusji w literaturze naukowej. Duże modele językowe mogą odgrywać istotną rolę na różnych etapach cyklu decyzyjnego, od usprawniania analizy danych i identyfikacji wzorców, poprzez wspieranie w generowaniu strategii i scenariuszy alternatywnych, aż po automatyzację komunikacji wewnętrznej i zewnętrznej. Najnowsze badania wskazują, że wykorzystanie modeli językowych jako narzędzi wsparcia decyzji otwiera nowe możliwości, ale równocześnie stawia pytania

dotyczące ich niezawodności, transparentności i integracji z istniejącymi systemami zarządzania (Handler i in., 2024).

Implementacja LLM w środowisku korporacyjnym niesie za sobą wiele wyzwań praktycznych i metodologicznych, które dotyczą m.in. ich niezawodności, możliwości wyjaśnienia ich działania, a także bezpieczeństwa. Organizacje mają problemy z określeniem, które narzędzie będzie najbardziej odpowiednie do danego zadania i muszą ocenić, a także wybrać rozwiązania, których rzeczywista wartość biznesowa jest trudna do oszacowania. Trudność tę dodatkowo potęguje fakt, iż publiczne benchmarki, takie jak *Massive Multitask Language Understanding* (MMLU) czy *Holistic Evaluation of Language Models* (HELM), koncentrują się na zadaniach niezwiązanych bezpośrednio z praktyką biznesową oraz nie odzwierciedlają złożoności codziennych wyzwań biznesowych, a tym samym nie oceniają skuteczności modeli językowych dla realnych zadań, które pojawiają się w organizacjach (Liang i in., 2022).

Celem niniejszego rozdziału jest analiza roli wielkich modeli językowych i wyzwań związanych z ich zastosowaniem w celu poprawy jakości procesów decyzyjnych w organizacjach. Praca ta, oparta na przeglądzie literatury, ma na celu zarysowanie aktualnego stanu wiedzy, identyfikację potencjalnych korzyści, a także krytyczną ocenę ryzyka i problemów, które mogą pojawić się podczas ich implementacji. W rozdziale poruszono kwestie związane z wiarygodnością generowanych wyników, wyzwaniami w zarządzaniu agentami LLM oraz lukami badawczymi, które wymagają dalszych badań.

Metodyka badań

Niniejsza praca badawcza ma charakter przeglądu literatury. Metoda ta polega na systematycznej oraz krytycznej analizie istniejących publikacji naukowych, raportów branżowych oraz materiałów konferencyjnych w celu zsyntetyzowania i podsumowania aktualnego stanu wiedzy na badany temat (Webster & Watson, 2002). Proces badawczy obejmował przeszukiwanie baz danych, takich jak Scopus, Web of Science, Google Scholar, ACM Digital Library oraz archiwum preprintów arXiv, z wykorzystaniem słów kluczowych: „large language models and decision making”, „LLM for business intelligence”, „AI in strategic management”, „challenges of LLM agents”, „AI hallucinations and reliability”. Analiza zebranych materiałów koncentrowała się na identyfikacji:

- potencjalnych zastosowań dużych modeli językowych,
- korzyści związanych z implementacją dużych modeli językowych,
- wyzwań i korzyści związanych z użytkowaniem dużych modeli językowych,
- luk badawczych i obszarów, które wymagają dalszych badań.

Przegląd literatury stworzył solidną podstawę do określenia dalszych kierunków badań.

Ocena i selekcja modeli językowych w środowisku biznesowym

Implementacja dużych modeli językowych w organizacjach wiąże się z trudnościami na poziomie decyzyjnym. Organizacje mają problemy z określeniem, które narzędzie będzie najodpowiedniejsze dla danego zadania. Zadaniem organizacji jest zatem ocena oraz późniejszy wybór rozwiązań, których realna wartość biznesowa jest ciężka do oszacowania na etapie przedwdrożeniowym. Głównymi problemami są ograniczenia standardowych benchmarków, a także różnica między teorią a praktyką biznesową.

Ograniczenia benchmarków

Publiczne benchmarki, takie jak *Massive Multitask Language Understanding* (MMLU) czy *Holistic Evaluation of Language Models* (HELM), nie są w pełni miarodajne w kontekście rzeczywistych procesów biznesowych. MMLU koncentruje się w dużej mierze na wiedzy akademickiej oraz ogólnej (Hendrycks i in., 2020), podczas gdy HELM, mimo swojej wielowymiarowości, nadal bazuje na zadaniach odizolowanych od specyfiki konkretnych branż (Liang i in., 2022). W efekcie wysokie wyniki modelu w tych benchmarkach nie gwarantują jego skuteczności w kontekście realnych zastosowań biznesowych, szczególnie tam, gdzie ważne są specyficzne kompetencje w obrębie branżowych danych i zadań.

Różnica między teorią a praktyką biznesową

Standardowe testy nie odzwierciedlają złożoności codziennych wyzwań biznesowych. Według Lianga i współpracowników (2022) publiczne zestawy danych koncentrują się na zadaniach niezwiązanych bezpośrednio z praktyką biznesową, tym samym nie oceniają one skuteczności modeli językowych dla realnych zadań wykonywanych w organizacjach, takich jak analiza specyficznej dokumentacji wewnętrznej, automatyzacja procesów zgodności czy interakcja z unikalnymi danymi firmy. Brak metodologii łączącej techniczne parametry modelu z operacyjnymi wskaźnikami sukcesu sprawia, że proces wyboru technologii staje się obciążony wysokim ryzykiem inwestycyjnym (Davenport & Mittal, 2023).

Potencjalne zastosowanie modeli językowych w procesach decyzyjnych

Wdrożenie dużych modeli językowych w architekturę informacyjną organizacji to coś więcej niż usprawnienie istniejących narzędzi analitycznych. Technologia ta inicjuje istotną zmianę podejścia, od pasywnego przetwarzania danych w kierunku aktywnego, generatywnego partnerstwa w procesach poznawczych.

Duże modele językowe można postrzegać jako kolejny etap ewolucji systemów *business intelligence*, które od lat wspierają analizę danych (Chen i in., 2012), dodając do klasycznych narzędzi analitycznych nowe warstwy – konwersacyjną oraz generatywną. Oferują one mechanizmy, które umożliwiają zaawansowaną integrację oraz interpretację informacji w skali, która nie była wcześniej osiągalna. Potencjał dużych modeli językowych zauważyć można na każdym etapie cyklu decyzyjnego, od analizy danych, przez formułowanie strategii, po komunikację.

Wsparcie analityczne

Tradycyjne sposoby zbierania danych w celu podjęcia decyzji często bywają czasochłonne oraz mogą nie być w stanie unikać błędów. Duże modele językowe stanowią pomoc w automatyzacji tego procesu, umożliwiając szybkie przeszukiwanie, streszczanie oraz integrowanie danych z różnych źródeł, takich jak raporty finansowe, badania rynkowe czy dane wewnętrzne (Chen i in., 2023). Używając dużych modeli językowych, można na przykład dokonać szybkiej analizy wielu raportów biznesowych w celu identyfikacji trendów czy zagrożeń, co w przypadku podejścia tradycyjnego nie byłoby łatwym zadaniem. Modele te mają także zdolność do identyfikacji wzorców oraz powiązań w nieustrukturyzowanych danych tekstowych, takich jak recenzje produktów czy opinie klientów, co pozwala na uzyskanie bardziej precyzyjnych informacji dotyczących potrzeb rynku oraz nastrojów konsumentów.

Wsparcie w generowaniu oraz ocenie strategii

Duże modele językowe mogą służyć jako narzędzia do generowania pomysłów strategicznych i kreatywnych. Poprzez analizę danych historycznych, studiów przypadków czy najlepszych praktyk branżowych modele językowe mogą proponować alternatywne scenariusze strategiczne, oceniać ich potencjalne konsekwencje i identyfikować potencjalne ryzyka (Gandhi i in., 2023; Zhang i in., 2024). Może być to wartościowe w fazie burzy mózgów czy planowania, gdzie LLM, działając jako cyfrowy asystent, będzie wspierał innowacyjność czy też redukował błąd poznawczy, który często pojawia się w grupach decyzyjnych (Kahneman, 2011). Duże modele językowe mogą również wspomagać organizacje w tworzeniu harmonogramów projektów, dokładnych planów operacyjnych, a nawet alokacji zasobów, na podstawie wcześniej zdefiniowanych celów biznesowych.

Wsparcie komunikacji w organizacji

Nawet najlepsza decyzja podjęta na podstawie rzetelnych danych oraz dogłębnej analizy może stracić na wartości jeśli nie zostanie odpowiednio przekazana i zrozumiana przez jej odbiorców. Organizacje, które chcą dążyć do spójnej i efektywnej komunikacji, coraz częściej wdrażają technologie, które wspierają te procesy. W tym kontekście duże modele językowe pełnią ważną rolę w automatyzacji tworzenia

dokumentacji takiej jak raporty, prezentacje czy procedury. Dzięki zaawansowanym algorytmom przetwarzania języka naturalnego LLM umożliwiają generowanie wysokiej jakości spójnych treści, które mogą być dostosowane do konkretnych grup odbiorców czy ich specyficznych potrzeb. Organizacje, które decydują się na automatyzację tych procesów oszczędzają czas i zasoby, eliminując konieczność ręcznego tworzenia dokumentów. Wykorzystując LLM do generowania raportów finansowych i analiz rynkowych, można znacząco przyspieszyć proces decyzyjny (Ravi i in., 2020), co więcej możliwa jest także personalizacja komunikatów umożliwiająca dostosowanie treści do indywidualnych preferencji odbiorców, a co za tym idzie zwiększenie efektywności komunikacji wewnętrznej (Swift, 2025).

Automatyzacja rutynowych decyzji

Znaczna liczba decyzji w organizacjach ma powtarzalny charakter i opiera się na prostych zasadach. Duże modele językowe mogą być zastosowane w celu automatyzacji tych procesów, na przykład w obsłudze klienta, procesie rekrutacji czy zarządzaniu łańcuchem dostaw. Dzięki temu pracownicy mogą skoncentrować się na bardziej złożonych i strategicznych zadaniach wymagających ludzkiej kreatywności i intuicji. Empiryczne badania wskazują, że systemy sztucznej inteligencji, działając jako asystenci, przejmują rutynowe i powtarzalne zadania, co skutkuje wzrostem kreatywności u pracowników (Jia i in., 2024). Analiza Holzner i in. (2025) potwierdza, że współpraca człowieka z generatywną sztuczną inteligencją efektywnie wspiera generowanie innowacyjnych rozwiązań. Ponadto kultura organizacyjna, traktująca sztuczną inteligencję jako partnera zamiast narzędzia, sprzyja wzrostowi kultury innowacyjności wśród pracowników (Chu i in., 2024).

Wyzwania i ryzyka związane z wdrożeniem dużych modeli językowych w procesy decyzyjne

Choć duże modele językowe wykazują olbrzymi potencjał, to wdrażanie ich w krytyczne procesy decyzyjne wiąże się ze sporą ilością wyzwań oraz ryzyk, które powinny zostać uwzględnione. Ignorowanie problemów może prowadzić do podjęcia błędnych decyzji, strat finansowych, a nawet do utraty reputacji.

Wiarygodność oraz jakość generowanych wyników

Jednym z najpoważniejszych problemów związanych z dużymi modelami językowymi jest ich skłonność do generowania halucynacji, czyli informacji wiarygodnie brzmiących, które nie są prawdziwe lub nie mają oparcia w danych źródłowych (Ji i in., 2023). Zdarza się, że modele nie przyznają się do nieposiadania wystarczających danych, w wyniku czego tworzą przekonujące, lecz fałszywe treści, co jest szczególnie niebezpieczne w kontekście biznesowym. Ponadto jakość generowanych

przez modele wyników zależy od wielu determinantów, w tym od jakości danych treningowych, precyzji konstrukcji zapytań oraz kontekstu, zarówno w zakresie formatu, jak i zawartości. Opisanie w literaturze eksperymenty wykazały, że właściwość zapytania, np. *perplexity*, i jego niewielkie formatowanie znacząco wpływają na efektywność modeli językowych (Gonen i in., 2022; Sclar i in., 2023).

Problem *lost in the middle*

W przypadku znacznej ilości tekstu przekazanego do analizy duże modele językowe mogą mieć problem z zachowaniem spójności oraz pomijać istotne informacje, które znajdują się w środkowej części tekstu (Liu i in., 2023). Zjawisko to znane jest pod nazwą *lost in the middle* i może prowadzić do niepełnej lub nawet błędnej analizy danych, co w efekcie skutkuje podjęciem decyzji na podstawie niekompletnych informacji.

Wyzwania związane z agentami dużych modeli językowych

Agenci dużych modeli językowych to autonomiczne systemy, które przy użyciu modeli językowych potrafią wykonywać złożone zadania wymagające planowania, interakcji z innymi narzędziami czy podejmowania decyzji. Implementacja agentów niesie ze sobą dodatkowe trudności:

- **Dryf modelu:** Duże modele językowe, podobnie jak inne modele sztucznej inteligencji, są statyczne i stale tracą swoją trafność, ponieważ nie są dostosowane do zmieniających się danych i warunków. Badania wskazują, że tradycyjne modele językowe, które nie są regularnie aktualizowane, wykazują spadek wydajności w kontekście zmieniających się danych i warunków (Zhu i in., 2024; Lazaridou i in., 2021). Oznacza to, że model, który był wytrenowany na danych z przeszłości, może stracić swoją przydatność, gdy zmieniają się preferencje klientów lub pojawiają się nowe regulacje rynkowe.
- **Niestabilność wnioskowania:** Zadając te same pytania, duże modele językowe mogą generować różne odpowiedzi (Song i in., 2024), co utrudnia ich pewne i bezpieczne wdrożenie w ważnych systemach decyzyjnych. Brak deterministycznego działania modeli językowych stanowi istotne wyzwanie, gdyż utrudnia ich weryfikację oraz audyt, dlatego wskazywana jest potrzeba opracowania technik weryfikacji, które umożliwią potwierdzenie, że dany model i zapytanie zostały użyte podczas obliczeń inferencyjnych.
- **Kumulacja błędów:** W przypadku agentów dużych modeli językowych, które podejmują sekwencję decyzji, błąd na jednym etapie może być pogłębiany i prowadzić do coraz większych błędów na kolejnych etapach, co stanowi ryzyko w sytuacji, gdzie każda podjęta decyzja może mieć poważne konsekwencje. Wyzwanie to jest jednym z aspektów ryzyka i nieprzewidywalności systemów agentowych opisanych w literaturze przeglądowej (Wang i in., 2024) oraz w pracach analizujących sekwencyjne podejmowanie decyzji.

Aspekt etyczny

Korzystanie z modeli językowych przy podejmowaniu decyzji rodzi poważne wątpliwości etyczne. Jednym z problemów jest fakt, iż modele językowe mogą utrwalać, a nawet wzmacniać uprzedzenia zawarte w danych treningowych, co z kolei może prowadzić do dyskryminujących decyzji w procesie rekrutacji, ocenie pracowników czy przyznawaniu kredytów. Naukowcy oraz praktycy proponują różne metody identyfikacji oraz łagodzenia tych uprzedzeń, takie jak techniki preprocesingu danych, modyfikacje algorytmów oraz strategie postprocesingu (Ferrara, 2023), jednak nawet przy takich zabezpieczeniach pozostaje wyzwaniem zapewnienie pełnej przejrzystości. Dodatkowo brak jasnych zasad w działaniu modeli, czyli tak zwana czarna skrzynka sztucznej inteligencji, utrudnia zrozumienie, dlaczego podjęły taką, a nie inną decyzję, co jest kluczowe w kwestii odpowiedzialności prawnej i możliwości audytu (Davenport & Harris, 2017). Problematyczne staje się również ustalenie odpowiedzialności w przypadku ewentualnych błędów popełnionych przez autonomiczne systemy. Czy odpowiedzialność ponosi twórca modelu, dostawca danych czy użytkownik końcowy? To zjawisko określane jest jako *responsibility gap* i zostało wprowadzone w debacie filozoficznej przez Matthiasa (2004).

Bezpieczeństwo danych

Wdrażanie dużych modeli językowych stanowi również ryzyko dla prywatności i bezpieczeństwa danych. Modele językowe, a w szczególności te oferowane jako usługi w chmurze, bardzo często wymagają przesyłania danych do zewnętrznych serwerów w celu ich przetworzenia. Istnieje realne ryzyko ujawnienia poufnych informacji, na przykład strategii biznesowych, danych osobowych klientów i pracowników, a nawet szczególnie chronionych informacji medycznych o pacjentach, co prowadzić może do poważnych konsekwencji prawnych oraz wizerunkowych. LLM stanowią zagrożenie nie tylko poprzez bezpośrednie powielanie poufnych danych, ale również poprzez możliwość ich wydedukowania z pozornie bezpiecznych, nieskaterygowanych informacji (Staab i in., 2024), są podatne na zaawansowane ataki na prywatność (Li i in., 2023; Wan i in., 2024), a ich architektura nadal uniemożliwia pełne realizowanie praw ochrony danych, takich jak prawo do zapomnienia czy dostępu (EDPS European Data Protection Supervisor, 2024).

Istotnym zagrożeniem dla bezpieczeństwa dużych modeli językowych są ataki typu iniekcja promptów, która polega na wprowadzaniu złośliwych instrukcji do zapytań. Takie działania mogą skutkować m.in. obejściem mechanizmów kontroli oraz nieautoryzowanym ujawnieniem danych wrażliwych, w tym kluczy API czy haseł (Sclar i in., 2023).

Podsumowanie i dalsze kierunki badań

W niniejszej pracy przedstawiono krytyczną analizę zastosowania dużych modeli językowych w procesach decyzyjnych organizacji opartą na systematycznym

przeglądzie literatury. Badania wskazują, że duże modele językowe posiadają istotny potencjał w ewolucji metod pozyskiwania i analizy informacji, generowania strategii oraz optymalizacji komunikacji wewnątrz organizacji. Ich zdolność do przetwarzania danych nieustrukturyzowanych oraz automatyzacji rutynowych decyzji może istotnie zwiększyć efektywność operacyjną i poprawić jakość podejmowanych decyzji.

Identyfikacja korzyści płynących z implementacji dużych modeli językowych w systemach decyzyjnych ujawniła jednak również poważne wyzwania z tym związane. Wśród głównych problemów znalazły się kwestie związane z wiarygodnością modeli, w tym zjawisko halucynacji oraz utrata istotnych informacji w długich kontekstach *lost in the middle*. Ponadto integracja agentów opartych na LLM w złożone procesy decyzyjne napotyka trudności techniczne, takie jak dryf modelu, niestabilność wnioskowania oraz kumulacja błędów. Niezwykle istotnym wyzwaniem pozostaje również kwestia bezpieczeństwa danych i prywatności wymagająca od organizacji wdrożenia rygorystycznych protokołów, aby chronić poufne informacje przed potencjalnym wyciekiem i atakami. Wymienione ograniczenia są ściśle powiązane z kwestiami etycznymi, w tym z uprzedzeniami w danych treningowych oraz brakiem przejrzystości mechanizmów decyzyjnych, co stanowi obszar wymagający dalszych badań. Choć duże modele językowe wykazują wielki potencjał, to wdrażanie ich w ważne procesy decyzyjne wiąże się ze sporą ilością wyzwań oraz ryzyk, które powinny zostać uwzględnione. Ignorowanie tych problemów może prowadzić do podjęcia błędnych decyzji, strat finansowych, a nawet do utraty reputacji. Duże modele językowe są potężnym narzędziem, którego użytkowanie wymaga świadomości ograniczeń.

W związku z powyższym przyszłe badania powinny koncentrować się na następujących obszarach:

- Rozwój branżowych benchmarków – stworzenie standardów oceny dużych modeli językowych, które będą odzwierciedlały specyfikę realnych zadań biznesowych.
- Badania nad niezawodnością i wyjaśnialnością – pogłębienie prac nad technikami ograniczającymi halucynacje i zwiększającymi transparentność modeli.
- Modele *human in the loop* – projektowanie systemów, w których LLM pełnią rolę asystenta, a ostateczna decyzja zawsze należy do człowieka (Monarch, 2021).
- Długoterminowy wpływ na organizację – badania nad wpływem wdrożeń LLM na kulturę organizacyjną, strukturę zatrudnienia i ewolucję roli menadżera.

Zintegrowane podejście, które połączy postęp technologiczny z analizą krytyczną, pozwoli w pełni wykorzystać potencjał dużych modeli językowych w sposób bezpieczny, który przyniesie realną wartość.

Literatura

1. Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., ... & Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 1877-1901.

2. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W. W. Norton & Company.
3. Chen, H., Chiang, R. H. L., & Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big AI. *MIS Quarterly*, 36(4), 1165-1188. <https://doi.org/10.2307/41703503>
4. Chu, C., Cheng, S., & Cao, C. (2024). Artificial intelligence has become your co-worker! Exploring changes related to corporate culture and innovation capability. *Cross Cultural & Strategic Management*, 32(1), 77-108. <https://doi.org/10.1108/CCSM-08-2023-0165>
5. Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2017). *Competing on analytics: The new science of winning*. Harvard Business Press.
6. Davenport, T. H., & Mittal, N. (2023). *All-in on AI: How smart companies win big with artificial intelligence*. Harvard Business Review Press.
7. Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, 1, 4171-4186. <https://doi.org/10.18653/v1/N19-1423>
8. EDPS European Data Protection Supervisor (2024). *Large language models (LLM)*. https://www.edps.europa.eu/data-protection/technology-monitoring/techsonar/large-language-models-llm_en
9. Ferrara, E. (2024). Fairness and bias in artificial intelligence: A brief survey of sources, impacts, and mitigation strategies. *Sci*, 6(1), 3. <https://doi.org/10.3390/sci6010003>
10. Gandhi, K., Sadigh, D., & Goodman, N. D. (2023). *Strategic reasoning with language models*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.19165>
11. Gonen, H., Iyer, S., Blevins, T., Smith, N. A., & Zettlemoyer, L. (2022). *Demystifying prompts in language models via perplexity estimation*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.04037>
12. Handler, A., Larsen, K. R., & Hackathorn, R. (2024). Large language models present new questions for decision support. *International Journal of Information Management*, 79. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102811>
13. Hendrycks, D., Burns, C., Basart, S., Zou, A., Mazeika, M., Song, D., & Steinhardt, J. (2020). *Measuring massive multitask language understanding*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2009.03300>
14. Holzner, N., Maier, S., & Feuerriegel, S. (2025). *Generative AI and creativity: A systematic literature review and meta-analysis*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.17241>
15. Huang, L., Yu, W., Ma, W., Zhong, W., Feng, Z., Wang, H., Chen, Q., Peng, W., Feng, X., Qin, B., & Liu, T. (2025). A survey on hallucination in large language models: Principles, taxonomy, challenges, and open questions. *ACM Transactions on Information Systems*, 43(2), 1-55. <https://doi.org/10.1145/3703155>
16. Jia, N., Luo, X., Fang, Z., & Liao, C. (2024). When and how artificial intelligence augments employee creativity. *Academy of Management Journal*, 67(1).
17. Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. Farrar, Straus and Giroux.
18. Lazaridou, A., Kuncoro, A., Gribovskaya, E., Agrawal, D., Liska, A., Terzi, T., Gimenez, M., de Masson d'Autume, C., Kocisky, T., Ruder, S., Yogatama, D., Cao, K., Young, S., & Blunsom, P. (2021). Mind the gap: Assessing temporal generalization in neural language models. *W 35th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2021)*. <https://openreview.net/pdf?id=73OmmrCfSyy>
19. Li, H., Chen, Y., Luo, J., Wang, J., Peng, H., Kang, Y., Zhang, X., Hu, Q., Chan, C., Xu, Z., Hooi, B., & Song, Y. (2023). Privacy in large language models: Attacks, defenses and future directions. *Journal of the ACM*, 27(4).

20. Liang, P., Bommasani, R., Lee, T., Tsipras, D., Soylu, D., Yasunaga, M., Zhang, Y., Narayanan, D., Wu, Y., Kumar, A., Newman, B., Yuan, B., Yan, B., Zhang, C., Cosgrove, C., Manning, C. D., Ré, C., Acosta-Navas, D., Hudson, D. A., ... & Koreeda, Y. (2023). Holistic Evaluation of Language Models. *Transactions on Machine Learning Research*, 8.
21. Liu, N. F., Lin, K., Hewitt, J., Paranjape, A., Bevilacqua, M., Petroni, F., & Liang, P. (2023). *Lost in the middle: How language models use long contexts*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.03172>
22. Matthias, A. (2004). The responsibility gap: Ascribing responsibility for the actions of learning automata. *Ethics and Information Technology*, 6(3), 175-183.
23. Monarch, R. (2021). *Human-in-the-loop machine learning. Active learning and annotation for human-centered AI*. Manning.
24. Ravi, V., Amrouni, S., Stefanucci, A., Nourbakhsh, A., Reddy, P., & Veloso, M. (2020). *DocuBot: Generating financial reports using natural language interactions*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.01169>
25. Sclar, M., Choi, Y., Tsvetkov, Y., & Suhr, A. (2023). *Quantifying language models' sensitivity to spurious features in prompt design or: How I learned to start worrying about prompt formatting*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.11324>
26. Simon, H. A. (1997). *Administrative behavior. A study of decision-making processes in administrative organizations* (4th ed.). The Free Press.
27. Staab, R., Vero, M., Balunović, M., & Vechev, M. (2024). Beyond memorization: Violating privacy via inference with large language models. W *12th International Conference on Learning Representations (ICLR 2024)*. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000720050>
28. Song, Y., Wang, G., Li, S., & Lin, B. Y. (2024). The good, the bad, and the greedy: Evaluation of LLMs should not ignore non-determinism. North American chapter of the Association for Computational Linguistics. W *Proceedings of the 2025 Conference of the Nations of the Americas Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (Volume 1: Long Papers)*, 4195-4206. Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2025.naacl-long.211>
29. Swift, P. (2025, April 18). *AI in internal communications: 5 steps to implement it effectively*. <https://cerkl.com/blog/ai-in-internal-communications/>
30. Wan, Z., Cheng, A., Wang, Y., & Wang, L. (2024). *Information leakage from embedding in large language models*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.11916>
31. Wang, L., Ma, C., Feng, X., Zhang, Z., Yang, H., Zhang, J., Chen, Z., Tang, J., Chen, X., Lin, Y., Zhao, W. X., Wei, Z., & Wen, J. (2024). A survey on large language model based autonomous agents. *Frontiers of Computer Science*, 18. <https://doi.org/10.1007/s11704-024-40231-1>
32. Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly*, 26(2), xiii-xxiii.
33. Zhang, Y., Mao, S., Ge, T., Wang, X., de Wynter, A., Xia, Y., Wu, W., Song, T., Lan, M., & Wei, F. (2024). *LLM as a mastermind: A survey of strategic reasoning with large language models*. <https://arxiv.org/html/2404.01230v1>
34. Zhu, C., Chen, N., Gao, Y., Zhang, Y., Tiwari, P., & Wang, B. (2024). Is your LLM outdated? Evaluating LLMs at temporal generalization. W *Proceedings of the 2025 Conference of the Nations of the Americas Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (Volume 1: Long Papers)*. <https://doi.org/10.18653/v1/2025.naacl-long.381>

ROZDZIAŁ 3

UWARUNKOWANIA UŻYCIA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W ORGANIZACJACH

Artur Sierpiński

Europejska Uczelnia Nauk Medycznych i Społecznych
Wydział Finansów i Rachunkowości

Wprowadzenie

Wśród wielu definicji sztucznej inteligencji (SI) dostępnych w literaturze na uwagę zasługuje ta podkreślająca użytkowy, utylitarny charakter maszyn zdolnych do logicznego wnioskowania, planowania, uczenia się, percepcji, integracji i interakcji z innymi systemami, do świadczenia usług oraz działania zgodnego z normami etycznymi i prawnymi (Samoili i in., 2020, s. 5, 11): „*Sztuczna inteligencja to infrastruktura, oprogramowanie i platforma dostarczona jako usługi dostępne na żądanie w celu umniejszenia wysiłku koniecznego do zarządzania strukturami o stosunkowo dużym stopniu złożoności*” (Samoili i in., 2020, s. 13). Celem niniejszego rozdziału jest przedstawienie uwarunkowań użycia sztucznej inteligencji w organizacjach, a zwłaszcza podstawowego kryterium stosowności, jakim jest rentowność rozwiązań technicznych i ich zdolność do generowania zysku. Cel osiągnięto za pomocą:

- badań literaturowych;
- badań terenowych (uczestnictwo w AWS Summit 6 maja 2025 w Katowicach (ITReseller, 2025), obserwacja dyskusji podczas Sympozjum PSSI 11 września 2025 we Wrocławiu (PSSI, 2025));
- eksperymentów z instancjami sztucznej inteligencji: prywatną oraz świadczoną jako usługą (*Artificial Intelligence as a Service, AIaaS*);
- konfrontacji i porównania wyników pozyskanych wszystkimi trzema metodami;
- syntezy i prezentacji pozyskanego materiału badawczego w postaci referatu konferencyjnego i publikacji w monografii.

Wstępna eksploracja pola badawczego pozwoliła uznać za prawdziwe następujące założenia:

- **Z1:** Sztuczna inteligencja osiągnęła status technologii dojrzałej.
- **Z2:** Przy obecnym stanie technologii sztucznej inteligencji korpus tekstów naukowych dotyczących sztucznej inteligencji przybiera postać ustalonego kanonu.

Przyjmując założenia **Z1** i **Z2**, można sformułować następujące problemy badawcze:

- **P1:** Czy istnieją publikacje podsumowujące dotychczasowy dorobek piśmienniczy dotyczący uwarunkowań zastosowania sztucznej inteligencji w organizacjach?

- **P2:** Jakie minimalne uwarunkowania zastosowania sztucznej inteligencji muszą być spełnione w organizacji, by można było korzystać z badanej technologii?

Na podstawie pytań problemowych **P1** i **P2** postawiono hipotezy:

- **H1:** Dokumentami zawierającymi w sobie syntezę dotychczasowego dorobku piśmienniczego na temat uwarunkowań użycia sztucznej inteligencji są rankingi dojrzałości organizacji (*readiness indices*).
- **H2:** Istnieje jeden dostateczny i wystarczający warunek zastosowania sztucznej inteligencji w organizacji.

Sztuczna inteligencja jako technologia dojrzała

Technologia dojrzała (*mature technology*) to technologia łatwa w użytkowaniu, wydajna, o przewidywalnych kosztach w całym cyklu swojego życia (Weiss & Dale, 1998, s. 299). Osiągnięcie przez paradygmat technologiczny punktu dojrzałości na trajektorii swojego rozwoju (Szost, 2015, s. 57) poprzedzone jest przejściem z poziomu niepewnego (Jelonek & Chluski, 2014, s. 195) do punktu dojrzałości wdrożeniowej (Mazurkiewicz i in., 2010), by następnie wejść na rynek przez kolejne poziomy technologii taktycznych, zogniskowanych, strategicznych czy przenikających (Jelonek & Chluski, 2014, s. 195).

Dojrzałość technologii do wypełnienia warunku zdatności do wykonywania zadań, do jakich jest przeznaczona, i do zaspokojenia potrzeb użytkownika jest przedmiotem indywidualnego i subiektywnego osądu konsumenta (Weiss & Dale, 1998, s. 297), którego opinia może być zbadana za pomocą ankiety lub przez analizę udziału badanej technologii w rynku konsumenckim.

Według Agencji Reutera tygodniowo z serwerów usługi ChatGPT korzysta 200 milionów ludzi na całym świecie (Reuters, 2024), co świadczy o pozytywnym charakterze subiektywnej oceny na temat dojrzałości technologii sztucznej inteligencji i jej zdatności do praktycznego zastosowania w życiu użytkowników. Przykład ten jest reprezentatywny dla technologii SI ogólnego użycia oferowanej także przez Microsoft, Google i Amazon. Również technologie sztucznej inteligencji użycia sektorowego (np. w medycynie) oceniane są przez użytkowników jako dojrzałe (Gielerak, 2025, s. 63).

Dojrzałość technologii sztucznej inteligencji a trendy publikacyjne

Przeszukanie serwisu Google Scholar w celu odnalezienia publikacji na tematy „artificial intelligence” lub „sztuczna inteligencja” ujawniło duże fluktuacje ilości pozycji literaturowych udostępnionych w latach 2000-2025, w tym wyraźne trendy spadkowe okresów pandemicznego i popandemicznego. Wyniki badań liczebności publikacji przedstawiono na rysunkach 3.1 oraz 3.2, uzupełniając je badaniami triangulacyjnymi z wykorzystaniem danych OECD (OECD.AI, 2025).



Rysunek 3.1. „Artificial intelligence” jako fraza kluczowa występująca w publikacjach w latach 2000-2025

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów dostępnych na Google Scholar (2025a)



Rysunek 3.2. „Sztuczna inteligencja” jako fraza kluczowa występująca w publikacjach w latach 2000-2025

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów dostępnych na Google Scholar (2025b)

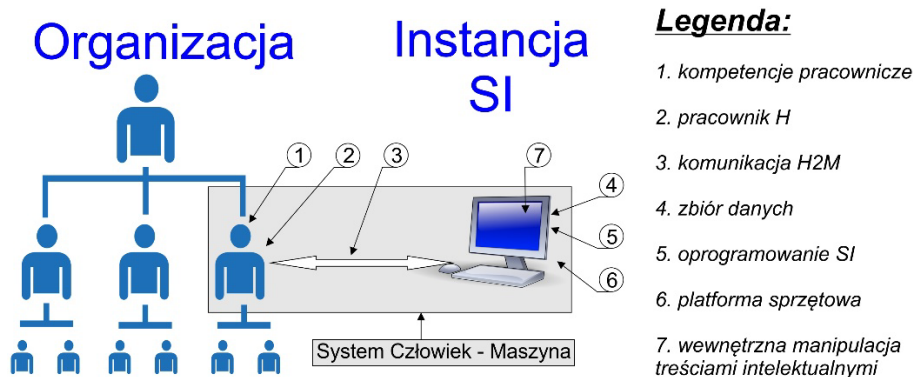
Można założyć, że ilość publikacji na temat badanej technologii jest skorelowana z poziomem dojrzałości tejże technologii. Innymi słowy, im zgodniej badana technologia działa z założeniami swoich twórców, tym atrakcyjniejszym tematem badawczym się staje. Jednakże badając przebieg funkcji wykreślonych na rysunkach 3.1 i 3.2, możemy wskazać punkt D jako moment wyznaczający osiągnięcie dojrzałości przez technologię. Po przekroczeniu punktu D z upływem czasu maleje ilość publikacji na temat dojrzałej technologii.

Ogólne i szczególne przypadki użycia sztucznej inteligencji

Przypadki użycia sztucznej inteligencji mogą być zaklasyfikowane w dwóch podstawowych kategoriach:

- wewnętrznej manipulacji treściami intelektualnymi przez instancję SI w interakcji z człowiekiem (H) (rys. 3.3),
- interakcji instancji SI ze środowiskiem zewnętrznym bez pośrednictwa człowieka (Kiełtyka & Zygoń, 2018, s. 27) (rys. 3.5).

Konkretyzacje ogólnych przypadków użycia sztucznej inteligencji – poprzez ograniczenie jej do instancji prywatnej izolowanej od Internetu lub wprost przeciwnie, poprzez umożliwienie komunikacji instancji lokalnych z internetowymi instancjami współdzielonymi modelu AIaaS – korzystają z podstawowych elementów (1-7) wyszczególnionych na rysunkach 3.3 i 3.5.



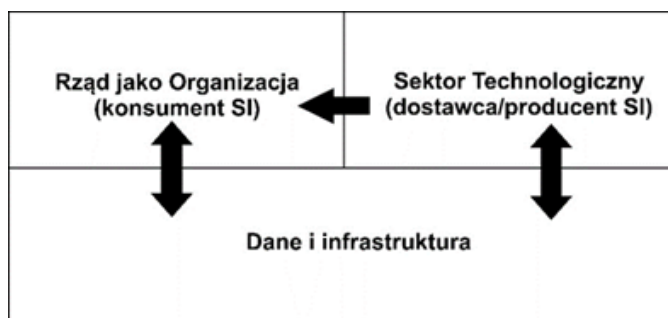
Rysunek 3.3. Wewnętrzna manipulacja treściami intelektualnymi przez instancję SI pracującą w systemie Człowiek–Maszyna w kontekście organizacji zatrudniającej pracowników

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Karpov & Yusupov, 2018, s. 77; Sharma i in., 1998)

Autorzy *Government AI Readiness Index* (Fuentes Nettel i in., 2024) parametryzują przypadek ogólny użycia SI przez organizację, grupując wskaźniki pomiarowe w trzy zbiory:

- zbiór wskaźników dotyczący organizacji korzystającej z SI (w tym przypadku rządu ogólnokrajowego),
- zbiór wskaźników dotyczący sektora technologicznego,
- zbiór wskaźników dotyczący danych i infrastruktury.

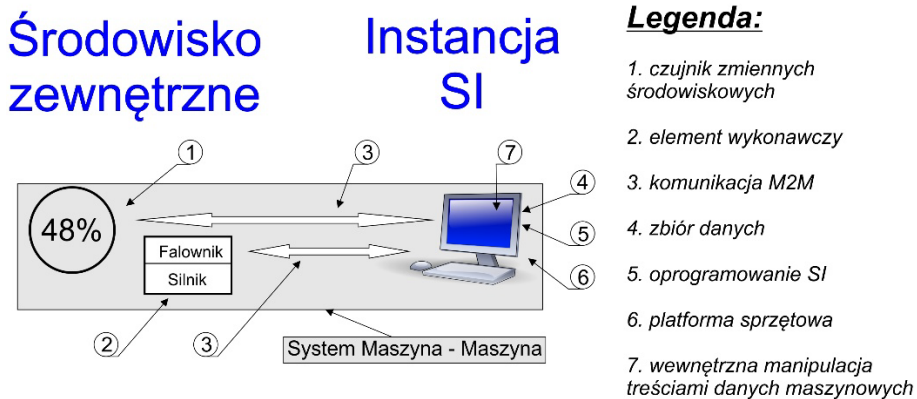
Powyższy trójpodział przedstawiono graficznie na rysunku 3.4.



Rysunek 3.4. Ośrodki grupujące uwarunkowania użycia sztucznej inteligencji w organizacjach wg *Government AI Readiness Index 2024*

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Fuentes Nettel i in., 2024)

Trójpodział grup wskaźników zastosowany przez badaczy związanych z Uniwersytetem Oksfordzkim przenosi model użycia sztucznej inteligencji w organizacji, jaki został przedstawiony na rysunku 3.3, z poziomu powiązania organizacji konsumującej pożytek z SI z konkretną tworzącą go instancją na poziom relacji między organizacjami.



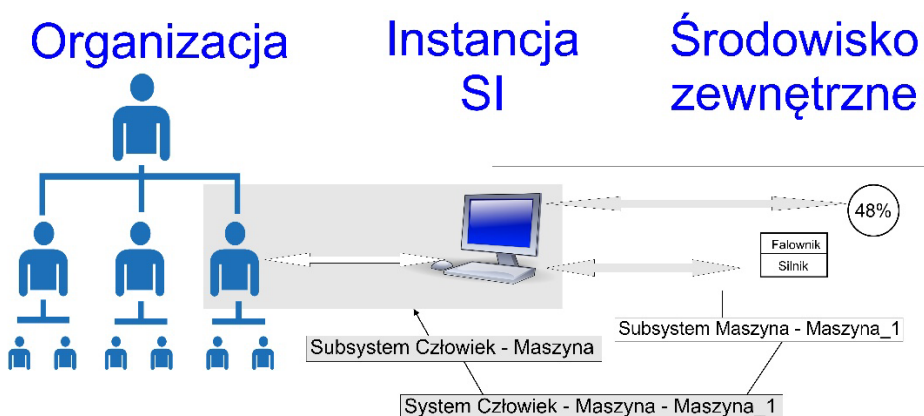
Rysunek 3.5. Interakcje instancji SI ze środowiskiem zewnętrznym bez pośrednictwa człowieka w kontekście wykorzystania Internetu rzeczy i wszechrzeczy w kontekście Przemysłu 4.0

Źródło: Opracowanie własne

System Maszyna–Maszyna (M–M) przedstawiony na rysunku 3.5 powiela strukturę systemu Człowiek–Maszyna (Cz–M) przedstawionego na rysunku 3.3 z zastrzeżeniem dotyczącym istotnych różnic:

- W systemie Cz–M instancja SI pracuje w kontekście organizacji pracowniczej, a w systemie M–M instancja SI pracuje w kontekście zewnętrznego środowiska fizykalno-przyrodniczego.
- W systemie Cz–M instancja SI funkcjonuje, będąc zależną od człowieka osadzonego w zespole pracowniczym, a w systemie M–M wykonuje algorytmy w sposób autonomiczny, będąc osadzoną w otoczeniu zewnętrznym.

W organizacji wdrażającej założenia Przemysłu 4.0 obydwa systemy mogą zostać zespolone w jeden system, Cz–M–M_1, co przedstawiono na rysunku 3.6.



Rysunek 3.6. Instancja SI w interakcjach z zespołem pracowniczym i przyrodniczym środowiskiem zewnętrznym

Źródło: Opracowanie własne

Struktury systemów przedstawionych na rysunkach 3.3 i 3.5 zbudowane są z elementów, których poprawne działanie warunkuje poprawne ogólne funkcjonowanie systemów Cz–M i M–M. W przypadku instancji SI w interakcji z człowiekiem tymi elementami są pracownik i jego kompetencje sprzęgnięte komunikacyjnie z instancją SI składającą się ze zbioru danych, oprogramowania i sprzętu informatycznego. W przypadku autonomicznej instancji SI elementami systemu są czujnik zmiennych środowiskowych i element wykonawczy połączone z instancją SI – także korzystającą ze zbioru danych, oprogramowania i sprzętu. Powyższe wyliczenia poczynione są bardzo ogólne, niemniej jednak stanowią one podstawę do opracowań bardziej szczegółowych, jakimi są listy rankingowe.

Rankingi dojrzałości organizacji do korzystania ze sztucznej inteligencji jako katalogi warunków użycia technologii

Listy rankingowe są szczególnym typem dokumentu naukowego – ich zadaniem jest zestawienie listy obiektów badań w szeregu uporządkowanym wedle reguł przystawalności do obranych wcześniej wzorców. Tak sporządzony ranking może zostać wykorzystany do benchmarkingu czy do dalszych analiz ekonomicznych, politycznych lub militarnych. Do badania literaturowego wstępnego katalogów uwarunkowań użycia sztucznej inteligencji wybrano trzy rankingi:

- *Government AI Readiness Index*, Oxford Insights (Fuentes Nettel i in., 2024);
- *The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI) Index Reports 2024 i 2025* (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2024; 2025);
- *CISCO AI Readiness Index. Hype Meets Reality* (CISCO, 2024).

Tabela 3.1 zawiera informacje na temat modeli teoretycznych użytych w konstrukcjach powyższych dokumentów oraz zastosowanych metod badawczych, natomiast w tabeli 3.2 zestawiono uwarunkowania zastosowania SI w organizacjach wyszczególnione w tych dokumentach.

Autorzy dokumentów wykorzystanych w badaniu posługiwali się różnymi modelami teoretycznymi, a co się z tym wiąże, różnymi metodami badawczymi. Niemniej jednak uwarunkowania zastosowań SI w organizacjach przez nich wskazywane w wielu wypadkach są identyczne, choć często ten sam czynnik przyporządkowany jest do różnych kategorii (tabela 3.2). Kapitał ludzki raz wyliczany jest przez autorów Raportu Oxfordzkiego wśród uwarunkowań technicznych, a kiedy indziej na potrzeby firmy CISCO umieszczany jest wśród uwarunkowań społeczno-organizacyjnych, podobnie jak sprzęt komputerowy (*hardware*).

O ile przypisanie uwarunkowań wynikających z jakości i właściwości kapitału ludzkiego do różnych grup czynników jest sprawą dyskusyjną, o tyle sam fakt brania kapitału ludzkiego pod uwagę przez badaczy nie budzi wątpliwości, gra bowiem istotną rolę w systemie Człowiek–Maszyna, realizując funkcje SI. Co ciekawe, nie wszystkie uwarunkowania badane przez autorów są konieczne do zastosowania SI w organizacjach.

Tabela 3.1. Modele teoretyczne i metody badawcze wykorzystane w tworzeniu publikacji na temat uwarunkowań użycia SI w organizacjach

	Systemy przedstawione na rysunkach 3.5 i 3.6	<i>Government AI Readiness Index, Oxford Insights</i>	<i>The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI) Index Reports 2024 i 2025</i>	<i>CISCO AI Readiness Index. Hype Meets Reality</i>
Użyty model teoretyczny	Model komunikacji Shannona-Weavera	Model relacji konsument–dostawca	Model środowiska makroekonomicznego organizacji	Teoria dyfuzji innowacji Rogersa
Metoda badawcza	Analiza systemowa w trakcie eksperymentu badawczego	Badania wtórne i triangulacja wyników	Analiza PESTEL	Wywiad strukturyzowany kadry zarządzającej integracją i wdrożeniami SI w organizacjach zatrudniających min. 500 pracowników w 30 krajach (n = 7985)

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 3.2. Synopsa uwarunkowań zastosowania SI w organizacjach na podstawie wybranych dokumentów

	Systemy przedstawione na rysunkach 3.5 i 3.6	<i>Government AI Readiness Index, Oxford Insights</i>	<i>The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI) Index Reports 2024 i 2025</i>	<i>CISCO AI Readiness Index. Hype Meets Reality</i>
Uwarunkowania zdeterminowane kontekstem społeczno-organizacyjnym	– kompetencje pracownicze	– wizja strategiczna – zarządzanie, regulacje i etyka – zdolność do korzystania z technologii cyfrowych – zdolność do adaptacji – dojrzałość technologiczna organizacji	– aspekty etyczne – aspekty ekonomiczne – edukacja – polityka stosowania SI i zarządzanie nią – różnorodność społeczna – opinia publiczna	– strategia zarządzania SI – kapitał ludzki (dosł. „talent”) – kultura organizacyjna – rozmiar organizacji – rodzaj przemysłu
Uwarunkowania technologiczne	– oprogramowanie – sprzęt komputerowy – czujniki zmiennych otoczenia – elementy wykonawcze	– dojrzałość stosowanej technologii – innowacyjność – kapitał ludzki	– poziom badań i zaawansowanie rozwoju sztucznej inteligencji – wydajność techniczna sztucznej inteligencji – SI w nauce – SI w medycynie	– sprzęt informatyczny dla SI – oprogramowanie dla SI
Uwarunkowania wynikające z konieczności użycia danych i infrastruktury	– zbiory danych – łącza komunikacyjne	– infrastruktura: telekomunikacja, sprzęt informatyczny – dane: dostępność, reprezentatywność	—	– infrastruktura ogólna – dane: bezpieczeństwo, dostępność

Źródło: Opracowanie własne

Raport stanfordzki za rok 2024 (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2024) przedstawia różnorodność społeczną jako ważne uwarunkowanie dla zastosowania SI w organizacji, natomiast w roku następnym, już po zmianie krajobrazu politycznego w USA na skutek wyborów prezydenckich, raport stanfordzki (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2025) w ogóle nie traktuje o konieczności kultury różnorodności w organizacji celem stworzenia warunków dla zastosowania technologii SI. Objętość niniejszego rozdziału nie pozwala na zamieszczenie dwóch tabel synoptycznych dla lat 2024 i 2025, dlatego też należy uciec się do eksperymentu myślnego i – stosując zasady indukcji eliminacyjnej Bacona – uznać tabelę 3.2 za „tabelę obecności” (Bacon, 1878, s. 354), a następnie wyobrazić sobie – wyimaginować – „tabelę nieobecności” (Bacon, 1878, s. 358). Skoro więc wśród czynników warunkujących zastosowanie SI jedne są obecne w każdych okolicznościach, a inne tylko w niektórych, konieczne jest zajęcie się problemem **P1** i zbadanie, które uwarunkowania spełniają minimalne warunki zastosowania SI w organizacji, a następnie zweryfikowanie hipotezy **H1** i ustalenie, czy istnieje jeden i tylko jeden warunek konieczny.

Badanie rentowności jako uwarunkowania użycia sztucznej inteligencji w organizacjach

Rentowność stosowanej technologii jest warunkiem koniecznym, aby aktywność gospodarcza wykorzystująca dane rozwiązania techniczne miała sens ekonomiczny. Wynika to z konieczności ulokowania nakładów inwestycyjnych w rozwiązania techniczne dla zapoczątkowania działalności ekonomicznej z wykorzystaniem technologii. Kontynuacja tejsze działalności nie jest możliwa po pierwsze – bez zwrotu nakładów, a po drugie – bez osiągnięcia zysku. Moment utraty zysków z inwestycji jest początkiem końca używania niedochodowego rozwiązania technicznego. Korzystając z obrachunkowej funkcji pieniądza, informatyka ekonomiczna może dokonać pomiaru wszystkich czynników zaangażowanych zarówno w proces inwestycyjny, jak i w osiągnięcie dochodu czy też straty z zarobkowego użycia technologii i przypisać im odpowiednią wartość finansową w wyliczeniach rentowności, w tym także rentowności korzystania ze sztucznej inteligencji w organizacji.

Jeżeli całkowite koszty związane z użyciem technologii w działalności organizacji są niższe od przychodów wytworzonych z wykorzystaniem tejsze technologii zgodnie z nierównością (3.1) – technologia spełnia warunek opłacalności, co dotyczy także sztucznej inteligencji.

$$K_C < P_C \quad (3.1)$$

gdzie:

K_C – koszty całkowite użycia sztucznej inteligencji w organizacji,

P_C – przychody całkowite pozyskane dzięki użyciu sztucznej inteligencji w organizacji.

Ustalenie progu rentowności dla sztucznej inteligencji w organizacji jest zadaniem trudnym, zwłaszcza ze względu na nieuchwytny, niematerialny charakter danych,

informacji i wiedzy – czyli „surowców”, jakie przerabia w swoistym procesie produkcyjnym sztuczna inteligencja. W przypadku przedstawionych powyżej opracowań rankingowych rentowność inwestycji w sztuczną inteligencję nie jest brana pod uwagę jako warunek użycia jej w organizacji, a co najwyżej wysokość nakładów inwestycyjnych w infrastrukturę lub kapitał ludzki. Należy jednak odnotować, że autorzy raportu powstałego we współpracy z Uniwersytetem Stanforda odnotowują korzyści w postaci redukcji kosztów i zwiększenia przychodów na skutek użycia sztucznej inteligencji w organizacjach (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2024, s. 263), jednak nie formułują, ani tym bardziej nie operacjonalizują pytania o zdolność organizacji do przekroczenia progu rentowności po dokonaniu inwestycji w sztuczną inteligencję.

Zjawiska redukcji kosztów i wzrostu przychodów jako skutki zastosowania sztucznej inteligencji w organizacji zostały objaśnione przez zespół badawczy kierowany przez Hanelta (2025). Zespół Hanelta przyjął komercyjny model czerpania zysku ze sztucznej inteligencji świadczonej usługowo (AIaaS) i porównał ze sobą koncepcje organizacji powiązanych relacją (Dyer & Singh, 1998) z koncepcją organizacji budującej swoją przewagę konkurencyjną na unikalności posiadanych przez nią zasobów (Barney, 1991). Badanie przeprowadzono na przedsiębiorstwach z grupy S&P 500 Index posiadających patenty z dziedziny sztucznej inteligencji oraz specjalnego dyrektora ds. informacji (*Chief Information Officer*, CIO) po uprzednim wykluczeniu banków, instytucji finansowych i dostawców usług sztucznej inteligencji, jak IBM, Google, Amazon.

Pomiar efektywności operacyjnej przedsiębiorstw został dokonany przez wyliczenie przeciętnego kosztu operacyjnego (*operating expence*, OPEX) i wartości sprzedaży netto przypadających na jednego pracownika. Badacze przyjęli, że zastosowanie sztucznej inteligencji ze względu na wewnętrzne potrzeby organizacji skutkuje zwiększeniem efektywności procesów, a w konsekwencji obniżeniem kosztów operacyjnych. Jeżeli sztuczna inteligencja jest stosowana w organizacji ze względu na presję zewnętrzną ze strony klientów i ze strony organizacji konkurencyjnych, efektem wdrożenia sztucznej inteligencji jest udoskonalenie oferowanego produktu, wzrost udziału w rynku i ostatecznie wzrost przychodów z operacji.

Zapis matematyczny zjawiska redukcji kosztów operacyjnych i zwiększenia strumienia przychodów dzięki użyciu sztucznej inteligencji w organizacji przedstawiono za pomocą równania (3.2).

$$P_C = |R_{SI}| + \Delta P_{SI} \quad (3.2)$$

gdzie:

P_C – przychody całkowite pozyskane dzięki użyciu sztucznej inteligencji w organizacji,

$|R_{SI}|$ – wartość bezwzględna redukcji kosztów operacyjnych powstałej na skutek użycia sztucznej inteligencji w organizacji,

ΔP_{SI} – wzrost przychodu operacyjnego pozyskany dzięki użyciu sztucznej inteligencji w organizacji.

W przeciwieństwie do trudności z ewentualnym wyliczeniem przychodów pozyskanych dzięki użyciu sztucznej inteligencji w organizacji wyliczenie całkowitych kosztów operacyjnych specyficznych dla infrastruktury dostarczającej usługi SI jest względnie łatwe. Koszty te zależą przede wszystkim od decyzji zarządu przedsiębiorstwa odnośnie dostawcy i modelu świadczenia usług AIaaS (Mesaglio & LeHong, 2025).

Jeżeli przedsiębiorstwo posiada komórkę wewnętrzną, której zadaniem jest usługowe dostarczanie sztucznej inteligencji innym pracownikom, to całkowite koszty organizacyjne tej komórki będą jednocześnie całkowitymi kosztami specyficznymi dla sztucznej inteligencji. Jeżeli zaś obsługa zapotrzebowania organizacji na usługi AIaaS będzie powierzona dostawcy zewnętrznemu, to całkowite koszty użycia sztucznej inteligencji w organizacji będą po prostu równe cenie opłaty regulowanej dostawcy za wybraną opcję usługi (Mikciński, 2025). Formuła matematyczna wyrażająca składniki kosztów operacyjnych wynikających z używania sztucznej inteligencji w organizacji przedstawiona jest za pomocą wzoru (3.3).

$$K_C = K_{ByoAI} + K_{AIaaS} + K_{Hyb} \quad (3.3)$$

gdzie:

K_{ByoAI} – koszty całkowite wytworzenia i użycia sztucznej inteligencji w organizacji w modelu BYOAI (*Bring Your Own AI*),

K_{AIaaS} – koszty całkowite zakupu usług sztucznej inteligencji od dostawcy zewnętrznego,

K_{Hyb} – koszt całkowity użycia modelu hybrydowego sztucznej inteligencji w organizacji.

Ostatecznie po podstawieniu zmiennych z równań (3.2) i (3.3) nierówność (3.1) przybiera postać (3.4).

$$K_{ByoAI} + K_{AIaaS} + K_{Hyb} < |R_{SI}| + \Delta P_{SI} \quad (3.4)$$

Spełnienie nierówności (3.4) jest podstawowym warunkiem użycia sztucznej inteligencji w organizacjach. Dopiero po jej spełnieniu można rozważać uwarunkowania drugorzędne, sprowadzając zyski i straty z ich spełnienia do wartości finansowych wynikających z korzyści lub szkód, jakie mogą nastąpić na skutek wykorzystania rozwiązań SI w praktyce.

Uwarunkowania użycia sztucznej inteligencji w Polsce na podstawie badania „Polityki rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce do 2030 roku” i uwag z konsultacji publicznych

Polityka rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce do 2030 roku (dalej: *Polityka*) to rządowy dokument Ministerstwa Cyfryzacji opublikowany w czerwcu 2025 i poddany konsultacjom społecznym w okresie od 5 czerwca 2025 do 1 lipca 2025

(Ministerstwo Cyfryzacji, 2025a). Proponowana *Polityka* przywołuje wcześniej omówione rankingi, czerpiąc z proponowanej przez nie metodologii badawczej i jednocześnie powielając zawarty w nich metodologiczny „błąd przeżywalności” poprzez pominięcie rzetelnej oceny spełniania warunku rentowności użycia technologii w krajach ujętych badaniem.

Kwestia finansowania inwestycji w sztuczną inteligencję wzmiankowana jest na stronie 13 raportu, a grafika na stronie 16 uwzględnia problem źródeł kapitału i wspomina o dostawcach potencjalnie komercjalizujących oprogramowanie do sztucznej inteligencji oraz o przedsiębiorstwach tworzących rozwiązania własne w modelu BYOAI bez osiągania wyniku finansowego zdefiniowanego w równaniu (3.2). Wreszcie, na koniec dokumentu, autorzy umieszczają sekcję 7.2., „Finansowanie”, pomijając zagadnienie całkowitych przychodów z użytkowania sztucznej inteligencji w organizacjach publicznych czy prywatnych. Na tym tle bardzo ciekawie wypada uwaga nr 291 z konsultacji publicznych (zanonimizowane autorstwo osoby prywatnej): „**Firmy boją się ryzyka, nie widzą korzyści.** Tylko garstka polskich przedsiębiorstw używa dziś AI. **Właściciele obawiają się, że wdrożenie będzie drogie i skomplikowane a zyski niewymierne i ulotne.** (...) Niemcy przełamali strach przed kosztami kuponami »Bon na AI«: państwo pokrywa nawet połowę kosztów pilotażowego projektu. Jeśli Polska uruchomi podobny bon dla małych i średnich firm, technologia szybciej trafi do firm i na linie produkcyjne. Obejście: jeśli nie gotówka to można dawać »kredyty na coś« np. na dostęp i realizację automatyzacji, na moc obliczeniowa z chmury, na szkolenia online” (Ministerstwo Cyfryzacji, 2025b).

Cytowany tekst przedstawia alternatywne metody finansowania inwestycji w sztuczną inteligencję, a zagadnienie czerpania z niej pożytków prezentuje w sposób bardzo sceptyczny. Nie mniej jednak problem przekroczenia progu rentowności, choć nie jest wyartykułowany w sposób wyzuty z emocji i dostatecznie wyrazisty, odnotowany jest w komentarzu do proponowanej *Polityki* w kontekście świadomości przedsiębiorców i stanowi przestrożę przed nieprzemyślanymi pomysłami stosowania sztucznej inteligencji tylko z powodów wizerunkowych (Ministerstwo Cyfryzacji, 2025b, s. 25) czy dla osiągnięcia wyższych pozycji na listach rankingowych (Ministerstwo Cyfryzacji, 2025b, s. 11, n.).

W „tabeli obecności” warunków stosowania sztucznej inteligencji w organizacji rentowność jest z punktu widzenia informatyki ekonomicznej jedynym i najważniejszym warunkiem. Jednak oprócz rentowności mogą zaistnieć także inne uwarunkowania artykułowane na przykład przez lobbystów. Opublikowana przez Ministerstwo Cyfryzacji lista uwag do proponowanej *Polityki* jest źródłem informacji o grupach społecznych zainteresowanych kształtowaniem uwarunkowań użycia sztucznej inteligencji w Polsce w latach 2025-2030.

„Tabelę nieobecności” dla listy uwag (Ministerstwo Cyfryzacji, 2025a) wypełniają różnorodne uwarunkowania niekonieczne, podobnie jak w przypadku pominiętego w raporcie stanfordzkim z roku 2025 (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2025) warunku kultywowania różnorodności w organizacji. Całkowita liczba wyodrębnionych osób prywatnych i jednostek organizacyjnych jakie wniosły

swoje uwagi do Ministerstwa Cyfryzacji w procesie konsultacyjnym wynosi 87 podmiotów, z czego tylko 8 to producenci/dostawcy usług sztucznej inteligencji (51 uwag), a 79 podmiotów to aktualni lub potencjalni konsumenci tych usług. Najwięcej uwag złożyły 3 osoby prywatne (271 uwag), a najliczniejsze jednostki organizacyjne, jakie wyraziły swoje zdanie wobec propozycji ministerialnych, to 23 organizacje pozarządowe (122 uwagi) i 17 uczelni wyższych (84 uwagi). Wśród organizacji komercyjnych, nastawionych na zysk, wyróżniają się dwa banki, trzy organizacje medialne i dwoje producentów farmaceutyków – łącznie zgłosiły one 62 uwagi wobec 780 uwag zgłoszonych przez podmioty niekomercyjne.

Badanie empiryczne

Badania empiryczne przeprowadzono z powodzeniem pomiędzy 7 stycznia 2025 a 1 października 2025. W trakcie badań uruchomiono prywatną instancję serwera sztucznej inteligencji na podstawie artykułów Mukherjee (2005) oraz Joosa (2025). Uruchomienie instancji wymagało zakupu wersji papierowej dosyć drogiego czasopisma w salonie prasowo-multimedialnym, rozbudowy posiadanej platformy o nowy procesor Intel i7 (12 400), procesor grafiki NVIDIA 3060Ti i dodatkowe 32 GB RAM, co wymagało zainwestowania 2500 zł. Następnie dostęp do instancji został udzielony zorganizowanej *ad hoc* grupie trzech osób podwyższających swoje kwalifikacje zawodowe w dziedzinie sztucznej inteligencji. W trakcie badań (lipiec 2025) osoby uczestniczące w eksperymencie uzyskały podwyżkę wynagrodzenia u swego pracodawcy w wysokości 300 zł netto miesięcznie w związku z opanowaniem nowych umiejętności. Przychody projektu w październiku wyniosły zgodnie z równaniem (3.5) 2700 zł:

$$3 \text{ osoby} \times 3 \text{ miesiące} \times 300 \text{ zł} = 2700 \text{ zł} \quad (3.5)$$

Ponieważ koszty wyniosły 2500 zł punkt rentowności został osiągnięty po trzech miesiącach – gdy przychody przekroczyły koszty o 200 zł. Paradoksalnie, mimo osiągnięcia celów przez projekt empiryczny, raport z jego przeprowadzenia musi zostać opatrzony dwiema uwagami:

- Przekroczenie progu rentowności nastąpiło nie na skutek sprzedaży produktu uszlachetnionego przez sztuczną inteligencję pracującą według schematu przedstawionego na rysunkach 3.5 i 3.6 odbiorcy końcowemu, a dzięki decyzji inwestycyjnej pracodawcy finansującej podniesienie kwalifikacji przez pracowników. W przypadku podatku od wartości dodanej kwota pierwotnego opodatkowania producenta przekazywana jest w łańcuchu dostaw od wytwórcy przez pośredników, aż powiększona osiągnie odbiorcę końcowego i obciąży go płatnością daniny państwu. Podobnie kwota przedmiotowa 2500 zł powinna ostatecznie zostać sfinansowana przez odbiorcę końcowego. Jeśli to nie nastąpi, to opisany proces finansowania inwestycji w SI kończy się fiaskiem, czyli finansową stratą w skali

mikroekonomicznej. W skali makroekonomicznej mechanizm masowych inwestycji celowo nieopłacalnych przypomina schemat Ponziego.

- Opisane powyżej proste badanie empiryczne nie jest w stanie obronić się przed zarzutem niereprezentatywności. Wartość naukowo-poznawcza przeprowadzonego eksperymentu zasadza się na tym, że jest on symptomatyczny, ukazując w skali laboratoryjnej wciąż obserwowalne zjawiska technologiczno-ekonomiczne związane z inwestycjami w sztuczną inteligencję czy z problemami w pomiarze korzyści ze stosowania sztucznej inteligencji.

Wnioski i podsumowanie

W trakcie badań obydwie hipotezy – H0 i H1 – zostały potwierdzone:

- Listy rankingowe dostarczyły w sposób syntetyczny informacje o uwarunkowaniach użycia sztucznej inteligencji w organizacjach wraz opisem metod do pomiaru wskaźników spełniania postawionych warunków.
- Kryterium rentowności okazało się jedynym i wystarczającym warunkiem korzystania ze sztucznej inteligencji w stworzonej w celach badawczych organizacji.

Planując zastosowanie sztucznej inteligencji w organizacji, warto wykorzystać dokumenty przygotowane przez ekspertów do pomiaru parametrów organizacji oraz do oceny otoczenia zewnętrznego, w jakim funkcjonuje, a takimi właśnie dokumentami są badane listy rankingowe. Ponadto należy wypracować i dopracować metody pomiaru korzyści ze stosowania sztucznej inteligencji w organizacjach, ponieważ wciąż istnieje w tym zakresie luka badawcza, a zagadnienie to posiada dużą doniosłość dla praktycznej działalności podmiotów gospodarczych.

Literatura

1. Bacon, F. (1878). *Novum Organum*. Clarendon Press.
2. Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
3. CISCO. (2024). *CISCO AI Readiness Index. Hype Meets Reality*. https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/ai/readiness-index/2024-m11/documents/cisco-ai-readiness-index.pdf
4. Dyer, J. H., & Singh, H. (1998). The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. *Academy of Management Review*, 23(4), 660-679. <https://doi.org/10.2307/259056>
5. Fuentes Nettel, P., Hankins, E., Stirling, R., Cirri, G., Grau, G., Rahim, S., & Crampton, E. (2024). *Government AI Readiness Index 2024*. Oxford Insights.
6. Gielerak, G. (2025). Sztuczna inteligencja i robotyka w praktyce. *Menedżer Zdrowia*, wrzesień-październik 3/2025, 58-69.
7. Google Scholar. (2025a). Hasło „Artificial Intelligence”. https://scholar.google.com/scholar?hl=pl&as_sdt=0%2C5&q=Artificial+Inteligencja&btnG= (dostęp: 08.10.2025).
8. Google Scholar. (2025b). Hasło „Sztuczna inteligencja”. https://scholar.google.com/scholar?hl=pl&as_sdt=0%2C5&q=Sztuczna+Inteligencja&btnG= (dostęp: 08.10.2025).

9. Hanelt, A., Firk, S., Zapadka, P., & Oehmichen, J. (2025). Artificial intelligence boundary resources: A relational view on leveraging “AI-as-a-Service”. *European Journal of Information Systems*, 34(6), 937-960. <https://doi.org/10.1080/0960085X.2025.2473952>
10. ITReseller. (2025). *AWS Summit Poland 2025*. <https://itreseller.pl/wydarzenie/aws-summit-poland-2025/>
11. Jelonek, D., & Chluski, A. (2014). Ocena dojrzałości technologii informacyjnych w polskich szpitalach. *Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych/Szkola Główna Handlowa*, 35, 193-206.
12. Joos, T. (2025). Operating large language models in-house. *ADMIN*, 88(5).
13. Karpov, A. A., & Yusupov, R. M. (2018). Multimodal interfaces of human-computer interaction. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 88, 146-155.
14. Kiełtyka, L., & Zygoń O. (2018). Współczesne formy komunikacji – jak zarządzać z wykorzystaniem Internetu rzeczy i wszechrzeczy. *Przegląd Organizacji*, 2(937), 24-33. <https://doi.org/10.33141/po.2018.02.04>
15. Mazurkiewicz, A., Karsznia, W., Giesko, T., & Belina, B. (2010). Metodyka oceny stopnia dojrzałości wdrożeniowej innowacji technicznych. *Problemy Eksploatacji*, 1, 5-20.
16. Mesaglio, M., & LeHong, H. (2025). *Build, Buy or Blend? Deploying AI in Your Organization*. Gartner. <https://www.gartner.com/en/articles/deploying-ai>
17. Mikciński, M. (2025). Control the cost of your generative AI services. W *AWS Summit Poland 2025, GAI202*. <https://pages.awscloud.com/rs/112-TZM-766/images/GAI202-poland-pl.pdf>
18. Ministerstwo Cyfryzacji. (2025a). *Polityka rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce do 2030 roku*. <https://ai.gov.pl/media/2025/06/Polityka-rozwoju-sztucznej-inteligencji-w-Polsce-do-2030-r.pdf>
19. Ministerstwo Cyfryzacji. (2025b). *Zestawienie uwag z konsultacji publicznych Polityki AI*. <https://ai.gov.pl/media/2025/07/Zestawienie-uwag-z-konsultacji-publicznych-Polityki-AI.xlsx>
20. Mukherjee, S. (2025, January 7). *Running generative AI models locally with Ollama and Open WebUI*. Fedora Magazine. <https://fedoramagazine.org/running-generative-ai-models-locally-with-ollama-and-open-webui/>
21. OECD.AI Policy Observatory. (2025). *AI publications by country*. <https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&visualizationFiltersHash=eyJkYXRlIjpbIjIwMDEiLCIyMDI0Ii19>
22. PSSI. (2025). *Symposium Polskiego Stowarzyszenia Sztucznej Inteligencji*. <https://www.pssi.pwr.edu.pl/>
23. Reuters. (2024). *OpenAI says ChatGPT's weekly users have grown to 200 million*. <https://www.reuters.com/technology/artificial-intelligence/openai-says-chatgpts-weekly-users-have-grown-200-million-2024-08-29/>
24. Samoili, S., López-Cobo, M., Gómez, E., De Prato, G., Martínez-Plumed, F., & Delipetrev, B. (2020). *AI Watch. Defining Artificial Intelligence. Towards an operational definition and taxonomy of artificial intelligence*. Publications Office of the European Union. https://eprints.ugd.edu.mk/28047/1/3.%20jrc118163_ai_watch_defining_artificial_intelligence_1.pdf
25. Sharma, R., Pavlović, V. I., & Huang, T. S. (1998). Toward multimodal human-computer interface. *Proceedings of the IEEE*, 86(5), 853-869.
26. Szost, M. (2015). Paradygmaty i trajektorie technologiczne – studium przypadku broni pancerniej. *Gospodarka w Praktyce i Teorii*, 41(4), 55-76. <https://doi.org/10.18778/1429-3730.41.04>
27. The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI). (2024). *The 2024 AI Index Report*. <https://hai.stanford.edu/ai-index/2024-ai-index-report>
28. The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI). (2025). *The 2025 AI Index Report*. <https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report>
29. Weiss, J. A., & Dale, B. C. (1998). Diffusing against mature technology: Issues and strategy. *Industrial Marketing Management*, 27, 293-304.

Część II

INNOWACJE TECHNOLOGICZNE I SEKTOROWE W ERZE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

ROZDZIAŁ 4

ZARZĄDZANIE KOSZTAMI W ERZE DANYCH: KALKULACJA I PREDYKCJA Z UŻYCIEM ALGORYTMÓW UCZENIA MASZYNOWEGO

Janusz Hamryszczak

Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu
Instytut Nauk Społecznych i Humanistycznych

Wprowadzenie

Współczesne środowisko produkcyjne charakteryzuje się rosnącą złożonością procesów, większym udziałem kosztów pośrednich oraz rosnącą presją na precyzyjne podejmowanie decyzji kosztowych. W takich warunkach tradycyjne modele kalkulacji kosztów – oparte głównie na prostych kluczach alokacji i średnich wskaźnikach – coraz częściej okazują się niewystarczające. Klasyczny rachunek kosztów ukształtowany w epoce dominacji kosztów bezpośrednich nie odpowiada współczesnym potrzebom informacyjnym zarządzających w warunkach automatyzacji, cyfryzacji i zmienności obciążeń stanowisk.

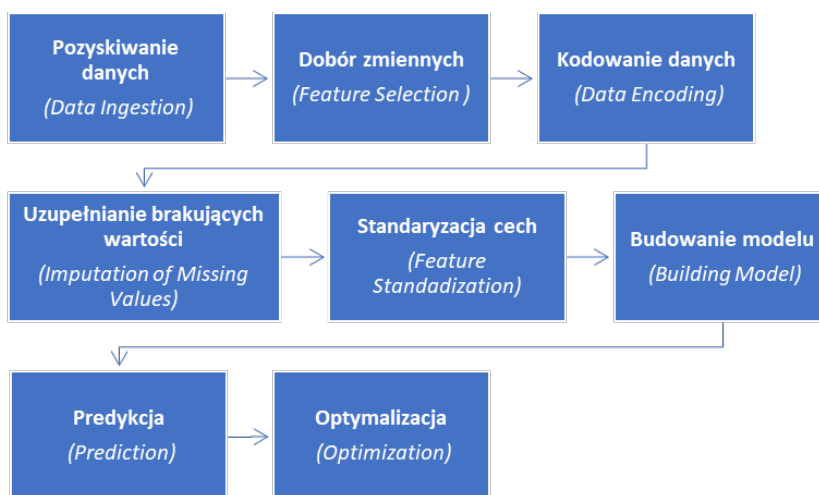
Punktem przełomowym w rozwoju rachunku kosztów było pojawienie się koncepcji rachunku kosztów działań (*Activity-Based Costing*, ABC). Model ABC stanowił odpowiedź na rosnący udział kosztów pośrednich i potrzebę bardziej precyzyjnego ich przypisania do produktów lub usług. Zamiast przypisywać koszty na podstawie prostych kluczy (np. roboczogodziny), ABC alokował koszty poprzez identyfikację działań i nośników kosztów (*cost drivers*), co pozwoliło na bardziej dokładne ustalenie jednostkowego kosztu wytworzenia. Jednakże mimo wyższej precyzji, wdrożenie ABC było kosztowne, czasochłonne i trudne do utrzymania przy dynamicznie zmieniających się procesach produkcyjnych.

Współcześnie jesteśmy świadkami kolejnej fundamentalnej zmiany w obszarze zarządzania kosztami wynikającej z rozwoju technologii takich jak **Internet rzeczy (IoT)**, **Big Data** oraz **uczenie maszynowe (ML)**. IoT umożliwia ciągły pomiar fizycznych parametrów procesów produkcyjnych – takich jak zużycie energii, temperatura, prędkość obrotowa, czas pracy maszyn – które dotychczas były trudne do precyzyjnego przypisania do jednostek kosztowych. Z kolei algorytmy ML pozwalają na identyfikację ukrytych wzorców, korelacji i trendów w dużych zbiorach danych oraz generowanie predykcji kosztów w czasie rzeczywistym.

Dzięki tym technologiom możliwe staje się przejście od uśrednionej alokacji kosztów do **alokacji dynamicznej, bazującej na rzeczywistych wartościach**. Modele predykcyjne, oparte na danych zbieranych z poziomu maszyn i stanowisk pracy,

umożliwiają bardziej wiarygodne i granularne (szczegółowe) ustalenie kosztów operacyjnych, ich prognozowanie oraz kontrolę w czasie rzeczywistym. To nie tylko rozwinięcie koncepcji ABC, ale także fundament nowego paradygmatu w controlingu produkcyjnym – **inteligentnego rachunku kosztów** (*Smart Costing*).

Modelowe przetwarzanie informacji kosztowej bazuje na schematach używanych w analizie **Big Data**, od pozyskania danych, przez ich oczyszczenie, dobór predyktorów i budowę modelu, po predykcję i optymalizację (rys. 4.1).



Rysunek 4.1. Początkowy pipeline ML (uczenia maszynowego) do szacowania kosztów

Źródło: (Eichenwald i in., 2024)

Celem niniejszego rozdziału jest prezentacja modelu kalkulacyjno-predykcyjnego wykorzystującego możliwości algorytmów uczenia maszynowego w kontekście stanowiskowej kalkulacji kosztów oraz kosztów utrzymania ruchu. Model bazuje na danych syntetycznych skonstruowanych na podstawie obserwacji rzeczywistych uwarunkowań przedsiębiorstw produkcyjnych, zachowujący proporcje i zależności wykazane w obliczeniach stanowiskowej kalkulacji kosztów (Hamryszczak, 2022). W rozdziale zaprezentowano również wybrane algorytmy ML oraz sposób ich implementacji do przewidywania zmiennych kosztowych w funkcji danych operacyjnych zbliżonych do pomiarów IoT. Praca ma charakter poznawczy i koncepcyjny, stanowi przyczynek do szerszej dyskusji nad przyszłością kalkulacji kosztów w warunkach Przemysłu 4.0 i transformacji cyfrowej.

Ewolucja rachunku kosztów w perspektywie rozwoju technologii i rewolucji przemysłowych – ujęcie teoretyczne

Analizując literaturę przedmiotu z obszaru rachunku kosztów, jego ewolucja opisywana jest najczęściej w odniesieniu do zmian systemu rachunkowości podmiotów

gospodarczych, a precyzyjniej – jako składowa tego systemu. Powszechnie prezentowana funkcjonalna struktura rachunkowości obejmuje: księgowość, sprawozdawczość finansową oraz rachunek kosztów, i co do zasady podział ten pozostaje aktualny. W rozdziale tym podjęto próbę nieco innego ukazania ewolucji w podejściu do ujęcia kosztów kalkulacji i prognozowania – mianowicie pokazania tych zmian w odniesieniu do rozwoju przemysłowego i technologicznego podmiotów gospodarczych. W dalszych rozważaniach pojęcie „podmiot gospodarczy” będzie oznaczać przedsiębiorstwo produkcyjne. Takie doprecyzowanie wynika z dwóch przyczyn: po pierwsze, to właśnie te podmioty były i są głównym beneficjentem postępu technologicznego i przemysłowego; po drugie, jak wskazuje praktyka gospodarcza i literatura przedmiotu, to właśnie w tych podmiotach najbardziej przejawia się potrzeba i złożoność zarządzania kosztami (Garrison, 1985; Sobańska, 2009).

Na przestrzeni kolejnych etapów rozwoju gospodarczego, których ramy wyznaczają kolejne rewolucje przemysłowe, model rachunku kosztów ulegał ewolucji – zarówno w zakresie jego funkcji, jak i stosowanych narzędzi. W okresie pierwszej rewolucji przemysłowej (koniec XVIII – początek XIX wieku), domowe manufaktury zastępują fabryki. Pojawia się mechanizacja, nowe źródła energii, proces produkcyjny i zatrudnieni pracownicy. Prosta ewidencja księgową staje się niewystarczająca, a proste formy rachunku kosztów nie spełniają potrzeb informacyjno-kontrolnych właścicieli. Pojawia się większe zainteresowanie rachunkiem kosztów, który pełnił głównie funkcję ewidencyjną i kontrolną, a koszty koncentrują się przede wszystkim na kosztach bezpośrednich (Kaplan, 1984; Karmańska, 2000).

Wraz z rozwojem przemysłu i pojawieniem się większego zróżnicowania produktów oraz procesów produkcyjnych (druga rewolucja przemysłowa: druga połowa XIX – początek XX wieku) pojawiły się bardziej rozbudowane metody kalkulacji uwzględniające podział kosztów na bezpośrednie i pośrednie koszty produkcji. Duży wpływ na rachunek kosztów miały też powstanie klasycznych teorii zarządzania oraz początki teorii menadżeryzmu i naukowej organizacji pracy. Rosnąca dynamika produkcji (produkcja masowa) oraz zmiany w technologii i organizacji produkcji wymagały dostosowania rachunku kosztów do koordynowania i sterowania przerobu niespotykanych wcześniej ilości materiałów (Chandler, 1977). Powstaje rachunek kosztów pełnych normalnych, który zapoczątkował planowanie i kontrolę kosztów oraz ich analizę (Sobańska, 2009).

Z przedstawionego opisu rozwoju rachunku kosztów wynika, że w okresie od rewolucji przemysłowej do początku XX wieku najpierw ukształtował się rachunek kosztów pełnych oparty na kosztach rzeczywistych. Następnie w celu zwiększenia efektywności kontroli kosztów oraz szybszej i dokładniejszej kalkulacji jednostkowych kosztów produktów zastosowano normowanie kosztów. Na początku wprowadzono wzorce dla kosztów pośrednich, a potem dla bezpośrednich, w wyniku czego powstał rachunek kosztów normalnych, potem budżetowanych. Nie można nie zauważyć, że w okresie tym (początek XX wieku) powstaje również model rachunku kosztów stałych i zmiennych.

Trzecia faza industrializacji (druga połowa XX wieku – trzecia rewolucja przemysłowa) to z perspektywy przedsiębiorstw odejście od modelu produktowego do modelu rynkowego oraz okres niespotykanego dotąd skoku technologicznego – era cyfryzacji, automatyzacji i robotyki. Głównym czynnikiem wpływającym na koszty staje się technologia, metodyka produkcji i obsługa logistyczna klientów. Zmienia się struktura kosztów produkcji, gdzie w miejsce dominującej do tej pory pracy bezpośredniej dominującą rolę przyjmują koszty pośrednie. Odpowiedzią na te zmiany jest pojawienie się koncepcji rachunku kosztów działań (ABC), który zyskał popularność w latach 80. XX wieku. Model ABC, opracowany m.in. przez Kaplana i Coopera (1998, s. 55-71), umożliwił bardziej precyzyjne przypisywanie kosztów pośrednich na podstawie rzeczywistego wykorzystania zasobów przez produkty i procesy. Rewolucje przemysłowe przyczyniły się i dały prawdziwy impuls do rozwoju rachunku kosztów, co zauważył już w pierwszej połowie XX wieku Perrent, wskazując jednocześnie, że postęp technologii był dużo szybszy niż te zmiany (Perrent, 1944) – co zatem powiedziałyby w trakcie aktualnie następujących zmian w technologii pozyskiwania i analizy danych kosztowych?

Współcześnie – w warunkach czwartej rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0) – model rachunku kosztów podlega niespotykanej dotąd transformacji. Pojawiają się nowe podejścia, takie jak *predictive cost modeling* i *predictive cost accounting*, które integrują dane operacyjne, sensoryczne i finansowe z algorytmami uczenia maszynowego oraz sztucznej inteligencji. Modele te pozwalają nie tylko dokładniej alokować koszty, ale również przewidywać ich kształtowanie się w czasie rzeczywistym, bazując na danych pomiarowych – takich jak zużycie energii, temperatura, czas pracy maszyn czy obciążenie linii produkcyjnych (MDPI, 2023). *Predictive cost modeling* w inżynierii mechanicznej pozwala na wysoką dokładność estymacji kosztów nawet na wczesnym etapie projektowania, dzięki analizie danych technicznych i operacyjnych. Podobnie wykorzystanie modeli Explainable AI do predykcji kosztów obróbki CNC wskazało kluczowe parametry konstrukcyjne wpływające na koszty. Z kolei przegląd systematyczny opublikowany w MDPI (2023) opisuje skuteczne zastosowanie hybrydowych modeli predykcyjnych – takich jak XGBoost, Random Forest i sieci neuronowe – w różnych branżach produkcyjnych. Te podejścia, stanowiące element szerszego nurtu *predictive analytics*, zmieniają dotychczasowy sposób kalkulacji i zarządzania kosztami. Umożliwiają tworzenie dynamicznych modeli kosztowych, które funkcjonują w czasie rzeczywistym i reagują na zmienne warunki produkcyjne. W efekcie rachunek kosztów przestaje być jedynie systemem ewidencji przeszłych zdarzeń, a staje się elementem **predykcyjnego wsparcia decyzyjnego** w zarządzaniu przedsiębiorstwem (Bhimani & Willcocks, 2014, s. 195-210). Podsumowanie krótkiego przeglądu ewolucji rachunku kosztów w odniesieniu do postępu przemysłowego i rozwoju nowoczesnych technologii przedstawiono w tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Ewolucja rachunku kosztów w kontekście rewolucji przemysłowych

Etap	Okres	Rachunek kosztów	Cechy dominujące	Źródła danych	Zastosowanie	Ograniczenia
Koszty 1.0 – Rewolucja Przemysłowa 1.0	XVIII-XIX w.	Rachunek kosztów rzeczywistych	Ewidencja kosztów bezpośrednich (materiały, robocizna), prosty podział	Dokumenty papierowe, księgi rachunkowe	Kalkulacja jednostkowa, kontrola operacyjna	Brak informacji o kosztach pośrednich, brak standardów
Koszty 2.0 – Rewolucja Przemysłowa 2.0	XIX-XX w.	Rachunek kosztów pełnych, standardowych	Uwzględnienie kosztów pośrednich, kalkulacje normatywne, kontrola odchyleń	Dokumenty księgowo, normy technologiczne	Ustalenie cen, kontrola budżetowa, planowanie	Uproszczenia w alokacji kosztów, niedopasowanie do złożonej produkcji
Koszty 3.0 – Rewolucja Przemysłowa 3.0	II połowa XX w.	<i>Activity-Based Costing (ABC)</i> , rachunek kosztów działań	Precyzyjna alokacja kosztów pośrednich, orientacja na procesy i działania	Systemy ERP (moduły kosztowe), arkusze kalkulacyjne	Rentowność produktów, klientów, ocena procesów	Złożoność implementacji, wysoki koszt utrzymania
Koszty 4.0 – Rewolucja Przemysłowa 4.0	XXI w.	Rachunek kosztów 4.0 (inteligentny, predykcyjny)	Integracja IoT, AI, MI, automatyzacja danych kosztowych w czasie rzeczywistym	Sensory, dane IoT, ERP/MES/CMMS, chmura danych	Dynamiczne zarządzanie kosztami, predykcja kosztów, optymalizacja procesów, decyzje strategiczne	Wysokie wymagania technologiczne, konieczność transformacji kultury danych

Źródło: Opracowanie własne

Big Data, AI i IoT jako nowe źródła i narzędzia analizy kosztów

Jak opisano we wcześniejszym rozdziale, zmiany przemysłowe oraz postęp technologiczny wywierają znaczący wpływ na funkcjonowanie współczesnych organizacji gospodarczych, w tym na systemy rachunkowości i zarządzania kosztami. Tradycyjne składniki rachunku kosztów – zużycie materiałów i energii, robocizna, amortyzacja – zyskują dziś nowy wymiar interpretacyjny. Przystają one być wyłącznie statycznymi wielkościami ewidencyjnymi, a stają się dynamicznym, wielowymiarowym wektorem informacji pozyskiwanym i przetwarzanym w czasie rzeczywistym. W tej perspektywie informacja, zwłaszcza finansowa i kosztowa, staje się strategicznym zasobem organizacji, a jej właściwa interpretacja i wykorzystanie podstawą budowy przewagi konkurencyjnej.

Współczesne trendy jednoznacznie wskazują, że procesy rachunkowe, controllingowe i analizy kosztów ewoluują w kierunku coraz szerszego wykorzystania zaawansowanych technologii – przede wszystkim Big Data, Internetu rzeczy oraz sztucznej inteligencji (AI), w tym uczenia maszynowego (ML). Według danych McKinsey & Company z 2024 roku aż 78% firm globalnie wdrożyło rozwiązania z zakresu AI

przynajmniej w jednym obszarze działalności, co oznacza wzrost o 23 punkty procentowe względem roku 2023 (McKinsey Digital, 2025). Równocześnie prywatne inwestycje w sztuczną inteligencję w USA przekroczyły 109 miliardów dolarów, a tylko infrastruktura AI (w tym centra danych i układy obliczeniowe) pochłonęła globalnie ponad 750 miliardów dolarów. Przemysł, logistyka i finanse należą do sektorów, w których technologie te implementowane są najintensywniej – także w zakresie rachunku kosztów.

Podobne dane płyną z polskiego rynku – ponad 75% firm rozpoczęło inwestycje w AI, a 55% organizacji ma zdefiniowaną strategię AI lub pracuje nad jej przygotowaniem. Najważniejszym obszarem rozwoju we wszystkich organizacjach była automatyzacja procesów oraz analizy predykcyjne. Prawie połowa ankietowanych przedsiębiorstw (48%) korzysta obecnie z analityki predykcyjnej (PwC, 2025).

Big Data, rozumiane jako zbiory danych charakteryzujące się dużą objętością, zmiennością, różnorodnością i wartością, zmienia sposób pozyskiwania i przetwarzania informacji kosztowej. Zgromadzone dane pochodzą z wielu źródeł – systemów ERP, czujników IoT, platform B2B, systemów MES czy danych rynkowych – i są integrowane w celu identyfikacji wzorców, anomalii, a także przewidywania przyszłych kosztów. W tym ujęciu rachunek kosztów staje się coraz bardziej analityczny i adaptacyjny, z możliwością bieżącego śledzenia odchyleń od planu czy prognozowania kosztów jednostkowych na podstawie wielu zmiennych jednocześnie (np. w prognozowaniu kosztów wyrobu, kosztów energii, dostępności surowców).

Technologia IoT stanowi z kolei pomost między rzeczywistym procesem produkcyjnym a systemami analitycznymi. Czujniki instalowane na maszynach i liniach technologicznych umożliwiają ciągły pomiar parametrów, takich jak czas pracy, zużycie energii, drgania, zużycie komponentów czy temperatura. Dane te są rejestrowane z dużą częstotliwością i przypisywane konkretnym procesom, partiom produkcyjnym lub zleceniom. Dzięki temu możliwa staje się precyzyjna alokacja kosztów pośrednich, eliminująca potrzebę stosowania arbitralnych kluczy podziałowych – co jest jednym z najczęściej krytykowanych elementów tradycyjnego rachunku kosztów. Przykładowo systemy oparte na IoT w środowisku produkcji dyskretniej pozwalają na dokładne przypisanie kosztów utrzymania ruchu i energii do konkretnego numeru zlecenia lub typu maszyny.

Z kolei sztuczna inteligencja, a zwłaszcza jej poddziedzina – uczenie maszynowe (ML) – wnosi do rachunku kosztów zupełnie nowy poziom możliwości analitycznych. Modele predykcyjne, takie jak Random Forest (las losowy), Gradient Boosting (XGBoost) czy sieci neuronowe, wykorzystywane są do estymacji przyszłych kosztów jednostkowych, prognozowania kosztów zmiennych przy zmieniającej się skali produkcji, a także do wykrywania nietypowych wzorców kosztowych. Umożliwia to nie tylko dokładniejsze planowanie budżetów i kalkulacji ofertowych, ale także dynamiczną optymalizację kosztów w oparciu o dane historyczne i bieżące. W praktyce technologie AI już dziś wspierają zaawansowane modele *predictive cost modeling* wykorzystywane m.in. w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym, a także w logistyce i zarządzaniu energią (McKinsey Digital, 2024).

W rezultacie rachunek kosztów przechodzi od modelu retrospektywnego (*ex post*) do modelu predykcyjnego (*ex ante*), w którym koszt nie jest jedynie rejestrowany, lecz także prognozowany i zarządzany w czasie rzeczywistym. Mamy zatem do czynienia z wyłanianiem się nowego podejścia – określanego w literaturze jako ***predictive cost accounting*** – łączącego rachunkowość zarządczą z analityką danych i sztuczną inteligencją. Dane natomiast stają się podstawowymi nośnikami informacji kosztowej, tworząc nowy model dynamicznego rachunku kosztów, który można by określić terminem „**data based cost accounting**”.

Metodyka badawcza oraz środowisko analityczne

Celem części empirycznej niniejszego opracowania jest ukazanie możliwości zastosowania metod analityczno-modelowych opartych na algorytmach uczenia maszynowego w kalkulacji i predykcji kosztów stanowiskowych w przedsiębiorstwach przemysłowych. Podejście to wpisuje się w koncepcję Przemysłu 4.0 i nowoczesnego rachunku kosztów, w którym dane operacyjne (np. czas pracy maszyn, zużycie energii, powierzchnia stanowisk) stają się podstawą do dynamicznego przypisywania kosztów.

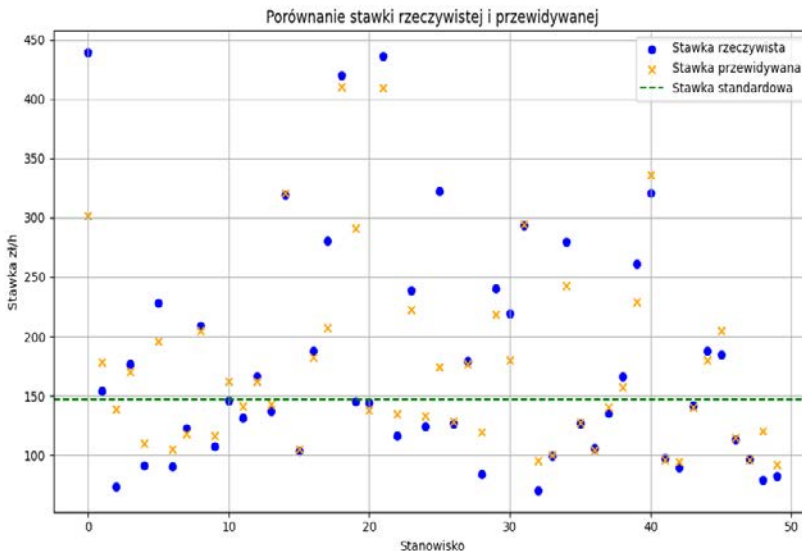
Z uwagi na brak dostępu do aktualnych danych rzeczywistych badanie przeprowadzono z wykorzystaniem danych syntetycznych, których zastosowanie może ograniczać wiarygodność oraz możliwości generalizacji wyników, dlatego szczególną uwagę poświęcono transparentnemu opisowi sposobu ich generowania. Dane syntetyczne odwzorowują logikę i zależności typowe dla działalności produkcyjnej, a ich konstrukcja opierała się na założeniach zgodnych z rzeczywistymi mechanizmami kosztotwórczymi. Wygenerowane zmienne obejmowały m.in. moc urządzenia, czas pracy, koszty energii i pracy, amortyzację oraz powierzchnię zajmowaną przez stanowisko pracy (konkretną maszynę produkcyjną). Proces generowania danych oparto na rozkładach i relacjach spotykanych w praktyce, tak aby zachować spójność ekonomiczną oraz zbliżenie do struktury danych obserwowanych w rzeczywistych systemach produkcyjnych. Do budowy modelu autor wykorzystał relacje i zależności funkcyjne, które analizował na rzeczywistych danych w badaniach dotyczących stanowiskowej kalkulacji kosztów (Hamryszczak & Hamryszczak, 2022). W przyszłych badaniach zasadnym będzie odniesienie modeli do większej próby danych empirycznych w celu weryfikacji uzyskanych wyników. Analizę przeprowadzono w środowisku Python 3.8 z wykorzystaniem platformy Google Colab. Do implementacji modeli ML użyto bibliotek scikit-learn, XGBoost, NumPy, Pandas oraz Matplotlib. Wykorzystane algorytmy obejmowały regresję liniową, Random Forest, k najbliższych sąsiadów (*k nearest neighbours*, KNN), a także modele *ensemble*: Gradient Boosting, AdaBoost i Extra Trees. Modele oceniano za pomocą wskaźników regresji: współczynnika determinacji (R^2), błędu średniokwadratowego (MSE) i jego pierwiastka (RMSE).

Predykcja kosztów stanowiskowych – analiza porównawcza modeli

Studium przypadku 1: Predykcja kosztów stanowiskowych produkcji

Pierwsze badanie dotyczyło oszacowania rzeczywistych stawek kosztów stanowiskowych (zł/h) – rozumianych jako techniczny koszt wytworzenia – dla ok. 50 stanowisk kosztowych wyposażonych w maszyny do obróbki metali. W podejściu tradycyjnym zastosowano jedną uśrednioną stawkę kalkulacyjną – 146,47 zł/h – uzyskaną poprzez proporcjonalny podział kosztów całkowitych przez liczbę godzin technologicznych. Oznacza to, że wszystkie stanowiska były traktowane jako jednako kosztotwórcze niezależnie od ich wartości nabycia (amortyzacja) czy rzeczywistych parametrów technicznych, poziomu zużycia energii elektrycznej, gazów technologicznych itp. czy intensywności eksploatacji.

Alternatywne podejście wykorzystujące model Random Forest pozwoliło na uwzględnienie zróżnicowanych czynników wpływających na koszty, takich jak moc urządzenia, powierzchnia stanowiska, czas pracy czy koszty serwisu. Osiągnięto wyniki: $R^2 = 0,8089$ zł/h oraz $RMSE = 41,32$ zł/h, co oznacza, że wyjaśnia ponad 80% zmienności rzeczywistych kosztów stanowiskowych, znacząco przewyższając metodę tradycyjną pod względem precyzji odwzorowania wartości jednostkowych/stanowiskowych (rys. 4.2).



Rysunek 4.2. Predykcja stawek kosztów stanowiskowych

Źródło: Opracowanie własne

Z perspektywy ekonomicznej ma to istotne konsekwencje. Model ML ujawnił, że koszty stanowisk nie są równomierne i że stosowanie jednej stawki prowadzi do systematycznych zniekształceń: część stanowisk jest niedoszacowana (co powoduje

nieadekwatne kalkulacje cen i marż), a część przeszacowana (co może błędnie wskazywać na ich rzekomą nieopłacalność). Szczególnie widoczne jest to dla stanowisk skrajnych – o bardzo wysokim lub bardzo niskim koszcie jednostkowym – gdzie tradycyjna metoda generuje największe błędy. Wiarygodniejsze oszacowanie kosztów dzięki modelowi ML poprawia jakość decyzji operacyjnych i strategicznych, w tym w zakresie: alokacji zasobów, identyfikacji stanowisk o najwyższym koszcie marginalnym, analizy opłacalności outsourcingu oraz kalkulacji cen usług jednostkowych.

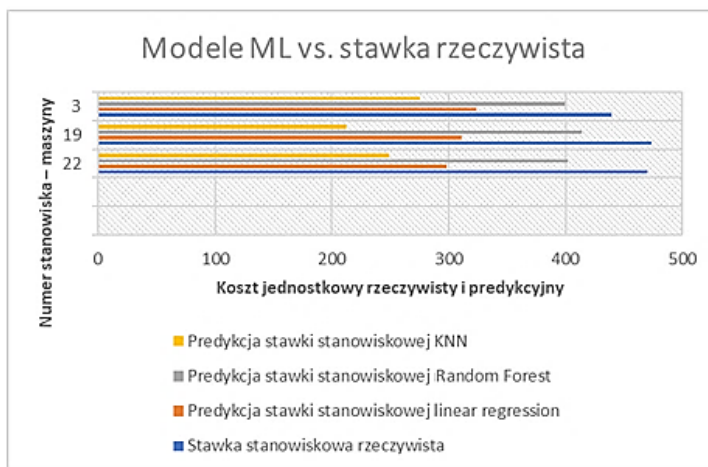
Studium przypadku 2: Porównanie jakości predykcji wybranych algorytmów ML

Przypadek drugi jest rozwinięciem badania zaprezentowanego w przypadku pierwszym, a mianowicie – do analogicznego zadania predykcji stawki stanowiskowej użyto trzy modele ML celem oceny uzyskanych wyników zarówno w relacji, model–model, jak i model–kalkulacja stanowiskowa rzeczywista. Uzyskane wyniki zaprezentowano w tabeli 4.2 oraz na rysunku 4.3.

Tabela 4.2. Predykcja kosztu stanowiska maszynowego wybranymi algorytmami ML

Stanowisko kosztów (nr maszyny)	Stawka stanowiskowa rzeczywista	Predykcja stawki stanowiskowej Linear Regression	Predykcja stawki stanowiskowej Random Forest	Predykcja stawki stanowiskowej KNN
22	470,18	298,31	402,00	249,18
19	473,68	311,29	413,97	212,74
3	439,67	323,67	399,51	274,98

Źródło: Opracowanie własne



Rysunek 4.3. Predykcja kosztu stanowiska maszynowego przy pomocy wybranych algorytmów ML

Źródło: Opracowanie własne

Analiza porównawcza wykazała, że **Random Forest** był najtrafniejszym algorytmem, który zredukował błąd predykcji o kilkadziesiąt złotych w stosunku do regresji liniowej i KNN. Regresja liniowa, mimo prostoty, znacząco zaniżała wartości prognoz, co wynika z jej ograniczeń w uchwyceniu nieliniowych zależności. Model KNN z kolei był wrażliwy na strukturę danych i parametr k , co przy ograniczonej liczbie obserwacji osłabiało jego skuteczność. Praktyczne wykorzystanie tej próby pozwala na wniosek, iż w przypadku adekwatnej ilości i jakości danych dotyczących poszczególnych stanowisk kosztów oparcie decyzyjne o wyniki uzyskane z zastosowaniem algorytmów ML stanowi alternatywę do indywidualnej kalkulacji każdego stanowiska. Zdaniem autora stanowi to bardzo przydatne narzędzie do bieżących celów procesów decyzyjnych, analiz *ad hoc* czy wstępnych projekcji oceny planowanych inwestycji.

Studium przypadku 3: Predykcja kosztów utrzymania ruchu

Trzecie badanie miało na celu predykcję kosztów utrzymania ruchu na podstawie danych historycznych. Wykorzystano zestaw modeli uczenia maszynowego i porównano je pod względem dokładności predykcji. Analiza wyników ma istotny wymiar ekonomiczny, ponieważ koszty utrzymania ruchu stanowią znaczącą pozycję w strukturze kosztów operacyjnych przedsiębiorstwa produkcyjnego, a ich zmienność bezpośrednio wpływa na płynność budżetową oraz stabilność procesów produkcyjnych.

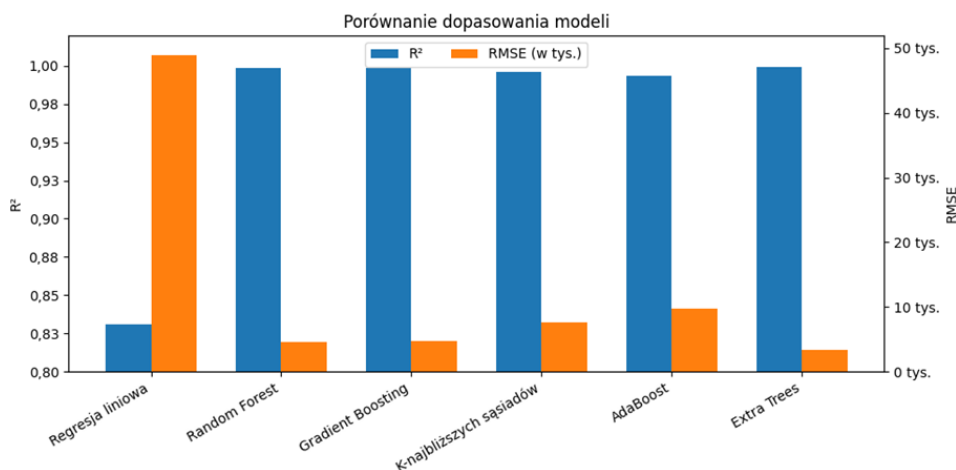
Dokładniejsze modele predykcyjne pozwalają na wcześniejsze identyfikowanie wzrostu kosztów, wykrywanie anomalii w pracy urządzeń oraz lepsze planowanie prac serwisowych. Z ekonomicznego punktu widzenia oznacza to możliwość redukcji kosztów nieplanowanych przestojów, bardziej efektywne zarządzanie zapleczem części zamiennych oraz precyzyjniejsze ustalanie budżetów działów utrzymania ruchu. Modele o wyższej dokładności generują mniejsze odchylenia między planem a wykonaniem, co przekłada się na stabilniejszy koszt jednostkowy wytwarzanych produktów, lepszą alokację zasobów i możliwość wdrażania strategii *predictive maintenance* na poziomie całej organizacji. W tabeli 4.3 przedstawione zostały dokładności poszczególnych modeli.

Tabela 4.3. Predykcja kosztu utrzymania ruchu maszyn wybranymi algorytmami ML

Model	R^2	MSE	RMSE
Regresja liniowa	0,831	2 397 047 364,400	48959,650
Random Forest	0,999	21 056 844,451	4588,774
Gradient Boosting	0,998	22 427 054,573	4735,721
K najbliższych sąsiadów	0,996	56 694 945,942	7529,605
AdaBoost	0,993	95 381 334,102	9766,337
Extra Trees	0,999	10 938 949,360	3307,408

Źródło: Opracowanie własne

Uzyskane wyniki wyraźnie wskazują na przewagę modeli zespołowych (*ensemble*), takich jak **Extra Trees** i **Random Forest**, które osiągnęły niemal idealne dopasowanie. Regresja liniowa – podobnie jak w poprzednim przykładzie – wykazała ograniczoną zdolność odwzorowywania nieliniowych relacji między kosztami cząstkowymi a wartością globalną (rys. 4.4).



**Rysunek 4.4. Predykcja kosztów utrzymania ruchu maszyn
wybranymi algorytmami ML – porównanie**

Źródło: Opracowanie własne

Wnioski z części empirycznej

W zaprezentowanych trzech studiach przypadków wykazano, że zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego znacząco zwiększa dokładność kalkulacji oraz predykcji kosztów stanowiskowych i procesowych. Modele takie jak Random Forest oraz Extra Trees osiągnęły wysokie wartości współczynnika determinacji przy jednocześnie niskich błędach predykcji, co potwierdza ich zdolność do odwzorowania złożonych mechanizmów kosztotwórczych. Z ekonomicznego punktu widzenia stanowi to istotną wartość dodaną względem tradycyjnych metod opartych na proporcjonalnym podziale kosztów, które często maskują realne zróżnicowanie stanowisk.

Modele ML umożliwiają m.in.:

- identyfikację stanowisk, których koszty są systematycznie zawyżane lub zaniżane,
- precyzyjniejsze przypisywanie kosztów wspólnych zgodnie z rzeczywistą intensywnością wykorzystania zasobów,
- tworzenie dynamicznych taryfikatorów kosztów w systemach ERP/MES wspierających bieżące decyzje operacyjne i strategiczne.

Jednocześnie należy podkreślić, że skuteczność modeli ML jest warunkowana jakością danych wejściowych oraz poprawnością ich przygotowania. Modele są wrażliwe na niepełne lub zniekształcone dane, co może prowadzić do generowania

błędnych oszacowań kosztów. Występuje również ryzyko przeuczenia (*overfitting*), zwłaszcza przy ograniczonej liczbie obserwacji lub nadmiernej liczbie zmiennych, co może skutkować pozornie wysoką dokładnością na danych treningowych, lecz niską stabilnością predykcji w praktyce. Z ekonomicznego punktu widzenia błędne prognozy mogą z kolei prowadzić do niewłaściwej alokacji zasobów, nietrafionych decyzji inwestycyjnych, zniekształceń taryf kosztowych czy błędnych ocen rentowności procesów.

Wyniki badań potwierdzają zatem potencjał rachunkowości predykcyjnej i *data-driven cost accounting*, ale równocześnie wskazują na konieczność kontrolowania jakości danych, walidacji modeli oraz monitorowania ich stabilności, aby zapewnić realną użyteczność ekonomiczną narzędzi ML w przedsiębiorstwach przemysłowych.

Podsumowanie

W rozdziale przedstawiono koncepcję zastosowania algorytmów uczenia maszynowego w kalkulacji oraz predykcji kosztów stanowiskowych w przedsiębiorstwach przemysłowych. Na tle teoretycznej ewolucji rachunku kosztów – od klasycznych modeli po systemy wspierane przez technologie Przemysłu 4.0 – wykazano, że nowoczesne podejście analityczne pozwala na znaczne zwiększenie trafności przypisywania kosztów w stosunku do metod tradycyjnych.

W części empirycznej zaprezentowano trzy studia przypadków oparte na danych syntetycznych odwzorowujących rzeczywiste warunki stanowisk produkcyjnych. Model Random Forest osiągnął współczynnik determinacji R^2 na poziomie 0,81 przy niskim błędzie predykcji (RMSE), co potwierdza jego wysoką skuteczność. Modele *ensemble*, takie jak: Extra Trees czy Gradient Boosting, okazały się szczególnie efektywne w analizie kosztów utrzymania ruchu, przewyższając dokładnością regresję liniową czy metodę KNN.

Porównanie z tradycyjnym podejściem – opartym na uśrednionej stawce wydziałowej – wykazało wyraźną przewagę modeli ML, zarówno pod względem precyzji, jak i możliwości uchwycenia rzeczywistych różnic między stanowiskami. Wyniki te potwierdzają zasadność rozwoju koncepcji **rachunkowości predykcyjnej** oraz ***data-driven cost accounting***, w których źródłem kalkulacji nie są arbitralne stawki, lecz rzeczywiste dane operacyjne i algorytmy analityczne.

Przedstawione podejście może stanowić podstawę do dalszych prac badawczych, w tym walidacji modeli na danych rzeczywistych, integracji z systemami ERP/MES oraz wdrożeń w controllingu operacyjnym. W dobie cyfryzacji i automatyzacji procesów przemysłowych inteligentna kalkulacja kosztów staje się nie tylko możliwa, ale i konieczna dla efektywnego zarządzania przedsiębiorstwem.

W procesie przygotowywania rozdziału wykorzystano narzędzie ChatGPT (OpenAI) w zakresie wsparcia przygotowania kodów języka Python dla modeli ML.

Literatura

1. Bhimani, A., & Willcocks, L. (2014). Digitisation, 'Big Data' and the transformation of accounting information. *Accounting and Business Research*, 44(4), 469-490. <https://doi.org/10.1080/00014788.2014.910051>
2. Chandler, Jr., A. D. (1977). *The Visible Hand: The managerial revolution in American business*. Harvard University Press.
3. Eichenwald, M., Karkowski, M., & Müller, R. (2024). Generalizable AI Pipeline for the cost estimation of manufacturing system structures in special machine engineering, *Procedia CIRP*, 126, 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.08.314>
4. Garrison, R. H. (1985). *Managerial Accounting, Concepts for Planning, Control, Decision Making*. Business Publications.
5. Hamryszczak, J., & Hamryszczak, Ł. (2022). Tradycyjna i stanowiskowa kalkulacja kosztów wydziałowych w procesach zarządczych przedsiębiorstwa. *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej*, 46, 32-44. <https://doi.org/10.17512/znpcz.2022.2.03>
6. Kaplan, R. S. (1984). The evolution of management accounting. *The Accounting Review*, 59(3), 390-418.
7. Kaplan, R. S., & Cooper, R. (1998). *Cost & effect: Using integrated cost systems to drive profitability and performance*. Harvard Business Press.
8. Karmańska, A. (2000). *Modelowanie rachunkowości zarządczej ubezpieczyciela na podstawie rachunku kosztów działań*. Oficyna Wydawnicza SGH.
9. McKinsey Digital. (2024). *The impact of AI and analytics on manufacturing*. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital>
10. McKinsey & Company. (2025, May 30). *The State of AI 2024: Generative AI's Breakout Year*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-2024>
11. MDPI. (2023). *Systematic Review: Machine Learning Approaches to Cost Estimation in Manufacturing*. <https://www.mdpi.com/journal/applsci> (dostęp: 10.10.2025).
12. Perren, A. (1944). The Development of Cost Accounting in Europe. *NACA Bulletin*, 25(19), 1053-1072.
13. PwC. (2025). *Raport PwC. Gotowi na sztuczną inteligencję*. <https://www.pwc.pl/pl/publikacje/gotowi-na-sztuczna-inteligencje-raport.html>
14. Sobańska, I. (2009). Systemy rachunku kosztów i wyników. W I. Sobańska (red.), *Rachunek kosztów. Podejście operacyjne i strategiczne*. C.H. Beck.

ROZDZIAŁ 5

ORGANIZACYJNE I FUNKCJONALNE ASPEKTY ZASTOSOWANIA DRONÓW W ORGANIZACJACH JEDNOSTEK SAMORZĄDOWYCH W RAMACH TRANSFORMACJI CYFROWEJ

Cezary Stępiak, Tomasz Turek, Dariusz Dudek

Politechnika Częstochowska
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

Pod koniec ubiegłego wieku systemy klasy ERP wydawały się niezastąpione we wspieraniu procesów zarządzania. Były one stosowane nie tylko w przedsiębiorstwach, ale (w okrojonym zakresie) nawet w wybranych jednostkach samorządu terytorialnego (JST). Zastosowanie narzędzi informatycznych wydawało się być uporządkowane i odnosiło się do określonych typów zdarzeń pierwotnych oraz przyjętych zasad sprawozdawczości. Owszem, istniały już systemy klasy CRM, których zadaniem było między innymi gromadzenie danych jakościowych nieustrukturalizowanych, ale stanowiły one uzupełnienie systemów klasy ERP i systemów branżowych (zazwyczaj stosowanych w jednostkach samorządu terytorialnego). W urzędach administracji publicznej zaczęto gromadzić dane branżowe w postaci nieustrukturalizowanych dokumentów elektronicznych, jednak w przypadku tych systemów również obowiązywały określone zasady ewidencjonowania dokumentów. Dodatkowym ograniczeniem było gromadzenie wszelkiego typu danych w zamkniętych systemach poszczególnych organizacji.

Ćwierć wieku później sytuacja uległa znaczącym przekształceniom. Do elementów, które wpłynęły na przekształcenie zasad gromadzenia i przetwarzania danych, można zaliczyć m.in.: upowszechnienie technologii sieciowej, w tym rozwiązań w zakresie chmury (*cloud computing*), pojawienie się nowych technologii, rozpowszechnienie multiorganizacyjnych środowisk biznesowych, a także podejścia procesowego, oraz wzrost zapotrzebowania na dane niesformalizowane. W efekcie zachwiany został uporządkowany styl gromadzenia i przetwarzania danych.

W niniejszym rozdziale podjęto rozważania, jak nowoczesne technologie zmieniają zasady przetwarzania danych, wpisując się w zjawisko transformacji cyfrowej. W tym wypadku jako przykładową technologię wybrano drony (*unmanned aerial vehicle*, UAV). Ponadto w rozdziale uwzględniono również problematykę *Aerial Intelligence* (Mahadasa i in., 2020), która zastosowanie technologii UAV łączy z narzędziami sztucznej inteligencji.

Celem opracowania jest wskazanie, jak technologia UAV wraz z *Aerial Intelligence* wpływają na dotychczasowe stosowanie transformacji cyfrowej w jednostkach administracji publicznej. Rozważania uwzględniają aspekty zastosowania technologii UAV i *Aerial Intelligence* z koniecznością przekształceń zasad organizacyjno-funkcjonalnych i informacyjnych stosowanych w jednostkach samorządowych. Analizę przeprowadzono na podstawie praktycznych rekomendacji dotyczących stosowania UAV (badań nad zasadami zastosowania dronów i praktycznymi doświadczeniami z nimi związanymi) oraz zasad wykorzystania technologii ICT w urzędach publicznych. Materiał badawczy powstał w trakcie szkoleń z zakresu zastosowania dronów w celu uzyskania licencji pilotów UAV, badań nad wykorzystaniem ICT oraz informacji przestrzennej w JST. Dodatkowym źródłem danych badawczych była analiza oprogramowania stosowanego do obróbki danych pozyskiwanych dzięki dronom.

Wyzwania w zakresie wprowadzania transformacji cyfrowej w urzędach administracji publicznej

Coraz więcej dziedzin życia społeczno-gospodarczego, politycznego i kulturalnego wspieranych jest przez stosowanie różnego typu narzędzi technologii informacyjno-komunikacyjnej (ICT). Narzędzia te usprawniają gromadzenie danych o zaistniałych zdarzeniach, procesach czy zjawiskach, a następnie ułatwiają przetwarzanie zgromadzonych danych, wyszukiwanie oraz dzielenie się zgromadzonymi zasobami informacyjnymi.

Wielkość rejestrowanych danych powoduje, że pojawia się potrzeba ich porządkowania, co zazwyczaj związane jest z zastosowaniem technologii Big Data. Tymczasem wraz z rozwojem technologicznym ciągle pojawiają się nowe technologie, które można zastosować w obsłudze zachodzących procesów informacyjnych. To dążenie do coraz szerszego wdrażania rozwiązań z zakresu technologii cyfrowych można uznać za działania w ramach transformacji cyfrowej (Kusto & Klepacki, 2023).

Biorąc pod uwagę wielkość zasobów informacyjnych będących przedmiotem transformacji cyfrowej, istotna jest potrzeba uporządkowania omawianego zjawiska. Innymi słowy jednostki podlegające transformacji powinny równocześnie uwzględniać nie tylko aspekty informacyjne, ale również technologiczne i organizacyjne. Ponadto należy zdawać sobie sprawę, że wraz z wdrażaniem nowych technologii może okazać się, że ich zastosowanie będzie miało znacznie większy zakres, niż początkowo zakładano. Dlatego istotne jest, aby opracować odpowiednie procedury organizacyjne, które usprawnią wdrażanie nowo implementowanych technologii do nowych zastosowań.

Wspomniane zmiany mogą być stosowane zarówno w jednostkach działających na zasadach funkcjonalnych, jak i procesowych. Konkretnie rozwiązania natomiast zależą w dużej mierze od wielkości urzędu, realizowanych zadań oraz podatności na wdrażanie nowoczesnych technologii. Należy pamiętać, że współcześnie dostępne są

różne technologie mające wielorakie zastosowanie. Problem stanowi jednak natężenie obowiązków, które powoduje, że szeregowi pracownicy urzędów samorządowych mają mało czasu oraz ograniczone możliwości, by rozglądać się za nowymi narzędziami będącymi w stanie wspierać ich w realizacji zadań.

Specyfika technologii UAV i *Aerial Intelligence*

Technologia *unmanned aerial vehicle* (UAV), co w tłumaczeniu na język polski oznacza „bezzałogowy statek powietrzny” (BSP lub inaczej dron), ma swoje korzenie w XIX wieku, jednakże ponownie stała się ona popularna pod koniec ubiegłego wieku, kiedy to okazało się, że może mieć bardzo szerokie zastosowanie w różnego rodzaju działalnościach.

Współcześnie drony wykorzystywane są w wielu dziedzinach życia społeczno-gospodarczego. Ich zastosowanie ma charakter zarówno pokojowy, jak i niestety militarny – w niniejszych rozważaniach pod uwagę brane będą wyłącznie zastosowania pokojowe. Drony wykorzystuje się m.in. w biznesie, administracji, geodezji i planowaniu przestrzennym oraz w zakresie bezpieczeństwa publicznego (np. ochrona przeciwpożarowa, przeciwpowodziowa czy przeciwdziałanie skutkom katastrof ekologicznych). Służą również do gromadzenia danych przestrzennych, a także do nauki i uprawiania różnych form sportu czy rekreacji.

Sam dron można porównać do latającego urządzenia posiadającego kamerę, lidar lub inne sensory. Dzięki nim drony mogą gromadzić dane pozyskiwane z powietrza, a urządzenia, takie jak np. RTK (*Real Time Kinetic*) czy RTN (*Real Time Network*) pozwalają na bardzo precyzyjne (z dokładnością do 1 cm) lokalizowanie różnego typu obiektów w przestrzeni. Dzięki różnym urządzeniom zamontowanym na dronach można budować różne modele terenu oraz chmury punktów, ale także monitorować wybrane obszary ludzkiej aktywności (np. ruch komunikacyjny, emisję zanieczyszczeń lub hałasu, nadzorować postępy w realizacji różnego typu inwestycji itp.). Coraz częściej jest mowa o logistycznych zastosowaniach dronów.

Zastosowanie technologii UAV jest jednym z elementów zagadnienia zwanego *Aerial Intelligence*, co w języku polskim oznacza „rozpoznanie powietrzne” lub „inteligentne przetwarzanie danych lotniczych”. Ten termin odnosi się do pozyskiwania, analizy i wykorzystania informacji zebranych z platform latających. Chodzi tu nie tylko o drony, ale także o inne obiekty latające, które mogą być wykorzystywane do gromadzenia danych przestrzennych.

Aby zbierać z powietrza dane, *Aerial Intelligence* wykorzystuje różnego rodzaju sensory, m.in.:

- obrazowanie optyczne (zdjęcia, wideo);
- kamery termowizyjne (detekcja ciepła);
- lidar (chmury punktów 3D);
- radar, w tym SAR;
- multispektralne i hiperspektralne obrazowanie.

Zgromadzone w ten sposób dane mogą być następnie przetwarzane na wiele sposobów w zależności od dziedziny, w której będą wykorzystywane. Pozyskane dane są analizowane, co można wykonać ręcznie, wykorzystując specjalistyczne oprogramowanie, a ostatnio również narzędzia sztucznej inteligencji (AI). W efekcie tych działań można m.in.:

- budować mapy;
- opracowywać warstwy tematyczne dla map;
- lokalizować obiekty, a także badać ich dynamikę, czyli przesuwanie się w przestrzeni;
- badać zmiany zachodzące w mapowanym środowisku.

W praktyce dzięki wspomnianej technologii można budować wspólne wielowarstwowe mapy, na podstawie których bada się relacje zachodzące między różnymi, czasami pozornie niepowiązаныmi ze sobą zagadnieniami. Można też dzięki temu określać skalę i kierunki zachodzących zjawisk (np. rozwój urbanistyczny miast czy rotację stosowanych upraw, migrację gatunków roślin czy zwierząt, zmiany geologiczne itp.), a nawet planować przyszłe inwestycje czy kierunki rozwoju badanych zjawisk (nie zawsze zależnych od woli człowieka – np. wysychania wód gruntowych).

Funkcjonowanie jednostek samorządowych

Polskie jednostki samorządowe działają opierając się na przepisach prawa państwowego. Każdemu z trzech poziomów samorządu terytorialnego przypisane zostały określone zadania ustawowe. W praktyce niektóre z zadań mogą być przesuwane między poszczególnymi urzędami na zasadzie pojedynczych umów. Ponadto specyfikę stanowią miasta na prawach powiatów, które łączą w sobie zadania drugiego i trzeciego poziomu administracyjnego (powiat i gmina).

Zadania samorządowe realizowane są przez odpowiednie urzędy lub specjalne jednostki powołane do wspierania działalności urzędów. We wspomnianych urzędach występuje dziedziny podział obowiązków. Zazwyczaj każdy z działów wyposażony jest w odpowiednie rozwiązania technologiczne adekwatnie do potrzeb. W niektórych przypadkach w wybranych departamentach występują terminale systemów państwowych umożliwiające gromadzenie i dostęp do danych w skali kraju, a czasami nawet Unii Europejskiej. Jednakże istnieje zasada mówiąca o tym, że poszczególne jednostki samorządowe są niezależne, a ich organizacja należy do władz danej jednostki. Same urzędy i wspierające je inne instytucje czy agencje są powoływane w ramach obszarów kompetencji przypisanych danemu poziomowi administracji samorządowej. Na zarządzie danej jednostki administracyjnej spoczywa odpowiedzialność, aby wszystkie przydzielone zadania były wykonywane – to w ich kompetencji jest organizacja urzędu, podział na jednostki, a przy okazji również na nich spoczywa obowiązek przygotowania odpowiedniego uzbrojenia technologicznego, od którego zależy poziom transformacji cyfrowej danego urzędu.

Wspomniane uzbrojenie technologiczne jest wykorzystywane do realizacji funkcji administracji publicznej. Do wspomnianych funkcji należy zaliczyć (Figliola, 2022):

- ochronę porządku i ładu publicznego,
- świadczenie usług publicznych,
- organizowanie działań państwa,
- wykonywanie aktów prawnych,
- kontrolę i nadzór nad obywatelami,
- planowanie działań publicznych.

Realizacja wspomnianych funkcji wymaga odpowiednich rozwiązań technologicznych w zakresie cyfryzacji. Punktem wyjścia są procesy informacyjne realizowane w urzędach. Wspomniane procesy można zaklasyfikować według różnych kryteriów, jednakże dwa podstawowe to podział według zadań realizowanych przez poszczególne urzędy i ich jednostki oraz według funkcji informacyjnych spełnianych przez poszczególne procesy informacyjne.

Część zadań informacyjnych jest organizowana przez państwo i wówczas to odpowiednie przepisy prawne określają, jaką technologię informacyjną należy stosować. W tych procesach poszczególne jednostki zdane są na procedury narzucane przez przepisy państwowe. Realizacja pozostałych zadań zależy od organizacji urzędów i mogą być one organizowane adekwatnie do ich możliwości, wiedzy technologicznej i realnych potrzeb informacyjnych zgłaszanych przez urzędników będących użytkownikami narzędzi technologii informacyjnej.

Drugie kryterium to funkcje informacyjne realizowane przez poszczególne procesy informacyjne. Możemy wyróżnić następujący układ funkcji informacyjnych (Turek & Stępiak, 2025):

- ewidencja danych,
- informowanie i sprawozdawczość,
- analiza i kontrola,
- planowanie,
- wspieranie procesów decyzyjnych,
- komunikacja.

Pojawia się zatem pytanie o cel informacyjny gromadzenia danych, o potrzeby informacyjne oraz inwencję użytkowników co do sposobów, w jakie mogą wykorzystywać technologię informacyjną do ułatwiania sobie pracy, a ponadto do lepszej obsługi i wsparcia petentów i interesariuszy działających na terenie danej jednostki administracyjnej. Od użytkowników oraz od możliwości urzędu zależy, jakie technologie zostaną zastosowane w celu realizacji procesów w danym urzędzie. W tym wypadku drony to jedno z narzędzi, które może wspierać procesy informacyjne realizowane w omawianych jednostkach.

Potencjalne możliwości wykorzystania dronów

Współcześnie pokojowym zastosowaniem technologii UAV jest przede wszystkim użycie jej w formie latającej kamery (różnego typu), lidar czy czujnika; planowane

są również zastosowania logistyczne. Z pomocą tej technologii można dokonywać pomiarów, ale również wykonywać artystyczne zdjęcia czy kontrolować wybrane aspekty życia społeczno-gospodarczego. Zdjęcia powiązane z odpowiednim oprogramowaniem umożliwiają automatyczną analizę wspartą technologią *Aerial Intelligence*.

Poszczególne szczeble administracji publicznej mają przypisane określone kompetencje, a w ramach tych kompetencji określone są dla nich procedury pozyskiwania i przetwarzania danych. Drony mogą stanowić jedno z potencjalnych źródeł danych. Problem w tym, że nie jest to zazwyczaj źródło przypisane do konkretnych procesów. Przykładowo: z badań przeprowadzonych w północnej części województwa śląskiego wynikało, że tylko część gmin korzysta z dronów – i to tylko w wybranych obszarach przypisanych gminom ustawowo. Częstotliwość ich zastosowania najprawdopodobniej będzie się zwiększać, jednakże ich dotychczasowe zastosowanie odnosiło się tylko do 5 z 19 ustawowych obszarów i było wykorzystywane w mniej niż połowie przebadanych gmin (Stępniaś & Pawełoszek, 2025). Wskazano takie dziedziny zastosowań dronów jak: ochrona środowiska, zarządzanie nieruchomościami, mediami i inwestycjami, bezpieczeństwo oraz promocja. We wszystkich tych dziedzinach drony stosowane były incydentalnie, raczej w ramach pojedynczych akcji, a nie procedur informacyjnych. Wyjątek stanowi rolnictwo, co związane jest z wykorzystaniem funduszy europejskich. Z badań wynika, że w wielu JST technologia UAV nie jest postrzegana jako niezbędna do funkcjonowania urzędów. Póki co wystarczająca jest incydentalność jej stosowania. Sprawa mogłaby ewentualnie ulec zmianie w przypadku wprowadzenia przepisów państwowych nakazujących zastosowanie dronów lub gdy wiodące w okolicy urzędy wdrożą ją z powodzeniem – wówczas inne urzędy mogą skopiować przyjęte rozwiązania organizacyjne i technologiczne. Ponadto zawsze pozostaje jeszcze kwestia zakupu oprogramowania uzupełniającego zastosowanie dronów.

Można przyjąć, że brak ujęcia dronów w procedurach informacyjnych stosowanych w urzędach administracji samorządowej czy w przedsiębiorstwach powoduje fakultatywność ich stosowania. Urzędy obciążone bieżącymi obowiązkami nie zawsze są zainteresowane wdrażaniem nowoczesnej technologii. Stwierdzono to, prowadząc badania nad integracją nowych technologii ze stosowanymi dotychczas rozwiązaniami w zakresie wykorzystywanych ICT w ramach jednostek samorządu terytorialnego (Stępniaś & Turek, 2024). Dotyczy to również dronów, ponieważ ich zastosowanie wymaga m.in.:

- 1) uzyskania praw operatora do latania UAV;
- 2) wykształcenia kadry, która będzie sterować dronami;
- 3) zakupu dronów i ubezpieczenia ich;
- 4) określenia zasad korzystania z dronów;
- 5) zakupu oprogramowania, które umożliwi przetwarzanie danych pozyskanych dzięki dronom oraz przeszkolenia użytkowników;
- 6) wpisania operacji dronowych do procedur urzędowych, zwłaszcza w urzędach działających na zasadach procesowych.

Zakup dronów nie jest trudnym zadaniem, natomiast inną kwestię stanowi wykształcenie kadry. Trzeba wybrać chętnych, którzy chcieliby zdobyć odpowiednie uprawnienia do latania dronami, a przy okazji nabyć odpowiednie kompetencje do odpowiednich misji, dzięki którym gromadzone będą dane. Zakładając, że zastosowanie dronów wcześniej czy później będzie miało charakter interdyscyplinarny, pojawia się pytanie – jak bezkolizyjnie (patrząc z punktu widzenia wykorzystania dronów) zapewnić możliwość korzystania z dronów przedstawicielom różnych departamentów? Przynajmniej na obecnym poziomie wykorzystywania technologii UAV nie ma sensu kupowanie dronów dla każdego departamentu czy wydziału, natomiast istotne jest opracowanie regulaminu korzystania z dronów dla całego urzędu. Taka sytuacja może funkcjonować, dopóki nie zostaną opracowane procedury wymagające użycia dronów w trakcie ich realizacji. Wówczas poszczególne departamenty będą musiały dysponować własnymi jednostkami latającymi i pilotami z odpowiednimi kompetencjami. Piloci mogą być interdyscyplinarni, natomiast w poszczególnych wydziałach funkcjonować będą użytkownicy przetwarzający zgromadzone dzięki dronom dane.

Zastosowanie dronów w urzędach administracji publicznej może być:

- szkoleniowe,
- incydentalne,
- kontrolne,
- okresowe,
- realizowane w ramach procesów.

Nabycie umiejętności latania dronem w celu profesjonalnego pozyskiwania danych wymaga także szkolenia w zakresie obsługi kamery czy lidar. Pozyskane dane muszą spełniać odpowiednie wymogi, bo inaczej oprogramowanie fotogrametryczne lub narzędzia do obsługi lidar nie będą w stanie odpowiednio opracować zgromadzonego materiału, dlatego istotne jest odpowiednie oblatanie pilotów.

Loty incydentalne to loty mające charakter pojedynczych zadań. Mogą to być loty pokazowe lub pojedyncze obloty służące na przykład pozyskiwaniu materiałów fotograficznych i fotogrametrycznych do opracowań czy wizualizacji materiałów promocyjnych danej jednostki administracyjnej.

Loty kontrolne mogą mieć różnoraki charakter. Mogą dotyczyć bezpieczeństwa przeciwpożarowego czy przeciwpowodziowego, kontrolować bezpieczeństwo ruchu drogowego czy uczestniczyć w poszukiwaniach. Kolejny zakres lotów kontrolnych to weryfikacja realizacji decyzji administracyjnych (np. w sprawie samowoli budowlanych), rozgraniczeń, stanu inwestycji municypalnych oraz prywatnych z oszacowaniem ich wpływu na otoczenie. Wyniki oblotów bardzo często mogą wymagać obróbki programowej, co oznacza, że zastosowanie dronów stanowi element transformacji cyfrowej urzędu.

Wdrożenie technologii UAV powinno prowadzić do upowszechniania jej zastosowań przynajmniej w niektórych obszarach, dlatego ich zastosowanie może prowadzić do okresowych oblotów dotyczących wybranych zagadnień funkcjonowania gminy, na przykład coroczne obloty zasiewów w rolnictwie lub leśnictwie, dokonywanie

pomiarów osuwisk zbroczy czy podmywania zakoli rzek. Mogą być także dokonywane regularne obloty inwestycji powiązane z technologiami Digital Twin lub BIM (*Building Information Modeling*). W ten sposób technologia UAV stanowić będzie formalne uzupełnienie technologii stosowanych w urzędach.

Analizując zgromadzony materiał faktograficzny, można przyjąć, że wdrażanie technologii UAV w JST można podzielić na kilka poziomów możliwych do osiągnięcia wraz z rozwojem zastosowania technologii, co przedstawiono w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Potencjalne poziomy zastosowania technologii UAV w jednostkach samorządu terytorialnego

Poziom	Stan zastosowania	Rozwiązania organizacyjne	Opracowanie danych
Brak dronów	Brak zainteresowania stosowaniem dronów	Nie ujęte	Brak potrzeby zakupu oprogramowania
Wypożyczenie dronów	Incydentalny	W ramach potrzeb zatwierdzanych przez kierownictwo urzędu	Obróbka danych zewnętrzna (z zabezpieczeniem praw i zachowaniem bezpieczeństwa danych)
Zakup pojedynczych dronów	Incydentalny	Loty wykonywane przez uprawnionych pracowników w celach szkoleniowych na zlecenie kierownictwa lub wybranych departamentów	Obróbka danych zewnętrzna lub zakup własnego dedykowanego oprogramowania
Powołanie jednostki wspierającej wydziału JST	Wsparcie dla wyznaczonych departamentów i zadań, czasami procesów (np. przy zbieraniu danych przestrzennych i do działań kontrolnych)	Powołanie odrębnej jednostki wspierającej działalność urzędu i poszczególne departamenty	Zakup oprogramowania adekwatnego do funkcji realizowanych przez powołaną jednostkę; niektóre narzędzia programowe mogą być obsługiwane przez wspierane departamenty
Strategia stosowania UAV	Opracowanie zasad korzystania z dronów w urzędzie, szkolenie pilotów w ramach wybranych departamentów, zakup specjalistycznych dronów dla poszczególnych departamentów	Drony mogą funkcjonować w ramach departamentów, natomiast nadzór nad ich zastosowaniem może sprawować jednostka wspierająca	Oprogramowanie specjalistyczne adekwatne do potrzeb departamentów; niewykluczone korzystanie z programów przez różne departamenty

Źródło: Opracowanie własne

Usankcjonowaniem zastosowań dronów w urzędach będzie wpisanie w procedury urzędowe operacji wymagających zastosowania dronów. W tym wypadku operatorzy dronów mogą mieć przypisane role aktorów w omawianych procedurach, a ich udział w nich będzie miał charakter obligatoryjny.

Zalety i wady zastosowania dronów w jednostkach samorządowych

Drony są jedną ze współczesnych technologii, którą można wykorzystywać do zarządzania jednostkami administracyjnymi. Dane pozyskiwane przy pomocy dronów mają charakter dużych zbiorów cyfrowych i zazwyczaj wymagają dalszego przetworzenia. W tym celu niezbędne jest pozyskanie odpowiedniego oprogramowania. Z kolei dane przetworzone mogą mieć bardzo zróżnicowane zastosowanie, dlatego w ramach urzędu należy sporządzić repozytorium danych przestrzennych, które można w określonych warunkach przekształcać w warstwy tematyczne map. Wspomniane mapy elektroniczne mogą być udostępniane zgodnie z przepisami prawa, czyli z uszanowaniem praw własności i przepisów o ochronie danych. Warto zwrócić uwagę na fakt, że przetwarzanie danych pozyskanych z dronów może być wspierane przez narzędzia sztucznej inteligencji, poszerzając tym samym zakres zastosowań technologii UAV, a przy okazji również zakres stosowanej *Aerial Intelligence*.

Drony wykorzystywać można do celów promocyjnych i opiniotwórczych (np. do oceny bezpieczeństwa dróg do szkół, do obserwacji zachowania kierowców na skrzyżowaniach, do analizy powstawania korków ulicznych itp.) oraz do dokumentowania działań inwentaryzacyjnych i kontrolnych na terenie jednostki administracyjnej. Zgromadzony materiał faktograficzny może warunkować podejmowanie decyzji administracyjnych zarówno dla petentów, jak i dla własnej działalności (np. w ramach przygotowywania inwestycji).

Stosowanie technologii UAV ma też pewne wady. Wykorzystanie dronów związane jest ze stosowaniem odpowiedniego oprogramowania, które jest wymagane, aby dokonać przetworzenia zgromadzonych przez maszyny danych. Może więc okazać się, że do kompleksowej obsługi dronów należy wykupić różne pakiety programowe. Wprawdzie można dokonać pojedynczych oblotów, ale wiąże się to z dokonywaniem różnego rodzaju analiz, bazując na zdobytych danych. Ponadto drony są bardzo wrażliwe na warunki pogodowe, a także na oddziaływanie słoneczne (Index KP), co w przypadku podejścia procesowego może opóźniać realizację operacji dronowych, a przez to całych instancji procesów. Dodatkowo nie zawsze istnieje możliwość wykonywania lotu ze względu na rezerwację przestrzeni powietrznej. Tego typu trudności mogłyby komplikować kwestie organizacyjne (np. terminowość wydawania decyzji).

Kolejną kwestią jest rodzaj pozyskiwanych danych, bowiem w trakcie oblotów i gromadzenia danych można naruszyć prywatność obywateli lub zarejestrować dane wchodzące w zakres tajemnic państwowych czy biznesowych, co stanowi kolejne utrudnienie w procesie korzystania z dronów. Ponadto zastosowanie technologii UAV wiąże się z dodatkowymi kosztami zakupu dronów i oprogramowań oraz szkoleniem pracowników. Inwestycja ta może jednak skutkować zwiększeniem efektywności zarządzania różnymi obszarami, takimi jak inwestycje, gospodarka nieruchomościami czy bezpieczeństwo.

Sposób, w jaki zastosowana zostanie technologia UAV, zależy od inwencji osób zarządzających infrastrukturą cyfrową urzędów. Niewątpliwie drony mogą umożliwić gromadzenie odpowiednich zbiorów danych i ułatwiać realizację różnych funkcji, jednakże w trakcie podejmowania decyzji o ich zastosowaniu należy mieć na uwadze ich ograniczenia. Wszystkie te czynniki powinny być brane pod uwagę przy opracowywaniu regulaminów korzystania z dronów w danym urzędzie.

Podsumowanie

Transformacja cyfrowa obejmuje m.in. aplikację nowych technologii pojawiających się wraz z postępem technologicznym. Współczesne urządzenia coraz częściej wyposażane są w procesory i urządzenia pamięci masowej, dzięki czemu mogą gromadzić różnorodne dane. Wraz z pojawieniem się narzędzi AI bardzo często odpowiednie algorytmy mogą być wgrywane w dane urządzenia lub stosowane w oprogramowaniu służącym do analizy i przetwarzania pozyskanych przez nie danych.

Zastosowanie dronów wzbudza obecnie mieszane uczucia, biorąc pod uwagę ich powszechne zastosowania militarne. Jednakże należy wierzyć, że konflikty zbrojne wreszcie się zakończą, a drony będą wykorzystywane do celów pokojowych. Mogą być one stosowane w wielu dziedzinach w zakresie działalności jednostek samorządowych. Pomijając ograniczenia stosowania technologii dronowej oraz koszty eksploatacji i przetwarzania zgromadzonych przez nie danych, możliwe jest ich stosowanie w bieżącej działalności urzędów.

Jeśli chodzi o same urzędy, zazwyczaj kierują się one własnymi potrzebami oraz analizą, czy dana technologia może poprawić zasady funkcjonowania danej jednostki. Można stwierdzić, że na obecnym etapie testowane są różne możliwości zastosowania dronów, a poszczególne jednostki próbują opracować własne zasady ich używania. Początkowo zazwyczaj dron stanowi w danej jednostce swego rodzaju ciekawostkę. Dopiero z czasem następują konkretne zlecenia, które z czasem mogą przekształcić się w procedury. Obecnie używanie dronów jest modne, jednakże nie opracowano jeszcze konkretnych wzorców ich stosowania. Zazwyczaj takie wzorce opracowują najbogatsze jednostki, a osiągnięty przez nie sukces może pociągnąć za sobą zarówno zainteresowanie mniej rozwiniętych jednostek, jak i regulację przepisów prawnych, które jednoznacznie określą konieczność i zasady stosowania dronów w danej jednostce.

Literatura

1. Figliola, A. (2022). *A Guide To Overseeing The Top 5 Responsibilities of Local Government*. <https://www.govpilot.com/blog/a-guide-to-overseeing-the-top-5-responsibilities-of-local-government-govpilot>
2. Kusto, B. A., & Klepacki, B. (2023). Transformacja cyfrowa w skali lokalnej. *Journal of Modern Science*, 52(3). <https://doi.org/10.13166/jms/174026>

3. Mahadasa, R., Surarapu, P., Vadiyala, V. R., & Baddam, P. R. (2020). Utilization of agricultural drones in farming by harnessing the power of aerial intelligence. *Malaysian Journal of Medical and Biological Research*, 7(2).
4. Stępniaak, C., & Pawełoszek, I. (2025). Application of UAV technology in local public administration: Evidence from Polish municipalities. *Procedia Computer Science*, 270, 6086-6095. 29th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems (KES 2025), Osaka, Japan (10-12 September 2025). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.10.078>
5. Stępniaak, C., & Turek T. (2024). Integration of GIS systems with advanced ICT solutions in the field of local government management. *Procedia Computer Science*, 246, 5254-5262. 28th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems (KES2024), Sevilla, Spain (11-13 September 2024). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.63>
6. Turek, T., & Stępniaak, C. (2025). Organisation of GIS tools in management at the third level of local government in Poland. *Procedia Computer Science*, 270, 6168-6176. 29th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems (KES 2025), Osaka, Japan (10-12 September 2025). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.10.086>

ROZDZIAŁ 6

W KIERUNKU EKOSYSTEMU INNOWACJI SEKTORA INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ

Lilla Knop, Arkadiusz Szmaj

Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania

Wprowadzenie

Współczesna opieka zdrowotna stoi w obliczu szeregu wyzwań – od starzejących się społeczeństw, przez pojawiające się choroby cywilizacyjne, po konieczność zwiększania efektywności systemów zdrowotnych. Skuteczność inwestycji w tym sektorze warunkują efektywne systemy zarządzania projektami, które zapewniają synergię między nakładami finansowymi a wymiernymi korzyściami społeczno-gospodarczymi. Zgodnie z założeniami Rządowego Planu Rozwoju Sektora Biomedycznego na lata 2022-2031 (ABM, 2022) rozwój sektora biomedycznego w Rzeczypospolitej Polskiej wymaga stworzenia sprzyjającego ekosystemu, ustalenia jasno zdefiniowanych celów rozwojowych oraz podmiotów zaangażowanych w ich realizację, w tym podmiotów, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1-6 i 8 *Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, oraz innych podmiotów prowadzących badania naukowe i prace rozwojowe, jak firmy typu start-up oraz scale-up, a także dojrzałe przedsiębiorstwa. W ten nurt wpisuje się również inżynieria biomedyczna – interdyscyplinarna dziedzina łącząca osiągnięcia inżynierii, nauk medycznych, biologii i informatyki. Sektor ten, podobnie jak sektor biomedyczny, wymaga stworzenia ekosystemu, szczególnie ekosystemu innowacji, stąd niniejsze opracowanie stanowi omówienie istoty ekosystemu innowacji sektora inżynierii biomedycznej, który podlega szybkim i częstym zmianom, w celu jego zrozumienia. W rozdziale zaprezentowane zostały praktyczne narzędzia wspierające identyfikację i rozwój tego ekosystemu, zwłaszcza w odniesieniu do realizowanych projektów. Jako metody badawcze wykorzystano analizę dokumentów, studium przypadku projektu BioMeDiG oraz narzędzia diagnostyczne.

Istota ekosystemu innowacji

Zaproponowana przez Moore'a metafora „ekosystemu” ilustrująca procesy koewolucji i symbiotycznych współzależności w systemach technologicznych znacząco poszerzyła pole badawcze naukowców (Moore, 1993). Dynamiczny wzrost

zainteresowania tym paradygmatem wśród badaczy, praktyków i decydentów zaowocował żywymi debatami oraz ewolucją samego pojęcia w kontekście nauk o zarządzaniu i jakości (Klimas & Czakon, 2022). Opracowano rozbudowany katalog pojęć, konceptualizujących ekosystem w rozmaitych ujęciach, definiując m.in. ekosystemy: przemysłowy (Korhonen, 2001), cyfrowy (Tsujimoto i in. 2018), hub ekosystem (Nambisan & Baron, 2013), innowacji (Adner, 2006), biznesowy (Peltoniemi, 2005), przedsiębiorczości (Prahalad, 2005), wiedzy (van der Borgh, 2012), społeczny (Peltoniemi & Vuori, 2008), a także w skali globalnej, narodowej i regionalnej (Rong i in., 2015). Zjawisko to zostało nazwane przez Audretscha i współautorów „wybuchem badań związanych z ekosystemami” (Audretsch i in., 2019). Koncepcje te łączy nowatorskie ujęcie koordynacji działań wielu podmiotów, której celem jest wytworzenie na poziomie całego systemu spójnego końcowego rozwiązania. „W ujęciu ekonomicznym i społecznym można mówić o ekosystemie, który jest złożonym systemem systemów, składającym się z jednej strony z zaplanowanych określonych elementów i powiązań między nimi, a z drugiej żyje własnym życiem, uzależnionym od aktywności dotychczasowych i nowych aktorów” (Knop & Odlanicka-Poczobutt, 2018).

Ostatnia dekada to okres dynamicznego wzrostu popularności badań nad ekosystemem innowacji. Ekosystem innowacji bywa postrzegany jako struktura obejmująca dwie odrębne gospodarki: opartą na badaniach (tworzenie wiedzy przez uniwersytety i instytuty) oraz napędzaną przez rynek. Zhang i Liang (2011) przedstawiają go w formie trzech koncentrycznych kręgów: „podstawowej działalności”, „rozszerzonej sieci” i „peryferii”, co ułatwia grupowanie uczestników według ich wkładu w tworzenie wartości. Podobnie Klein i inni (2021) podkreślają wzajemne powiązania i współzależności między podmiotami gospodarczymi, społecznymi i politycznymi, kładąc nacisk na współpracę między sektorem MŚP, dużymi firmami i środowiskiem naukowym, co sprzyja horyzontalnemu przepływowi wiedzy. Hannah i Eisenhardt (2018) wskazują na kluczową rolę współpracy w zapewnieniu dostępności komponentów i tworzeniu wartości, a Wessner (2007) postrzega ekosystem jako narzędzie wzrostu konkurencyjności gospodarek. Adner i Kapoor (2013) oraz Chesbrough i Appleyard (2007) wskazują na znaczenie ekosystemu dla otwartych innowacji. W tym modelu duże korporacje, redukując koszty B+R, współpracują ze start-upami, co generuje wzajemne korzyści: dostęp do technologii dla korporacji i komercjalizację dla start-upów, a finalnie stymuluje rozwój gospodarczy regionu. Odmienne ujęcie proponują Katz i Wagner (2014), utożsamiając ekosystem z *Innovation District* – geograficzną koncentracją instytucji, firm i start-upów w atrakcyjnej przestrzeni, która sprzyja współpracy i integracji gospodarczo-kulturowej, stając się katalizatorem innowacji w rozwoju miejskim.

Ekosystem innowacji to samoorganizujący, samoregulujący i samorozwijający się otwarty system, który charakteryzuje się przepływami pomysłów, wartości, ludzi, informacji i zasobów (Tolstykh i in., 2020). Jak podkreślają Adner i Kapoor (2013), jego istotę definiują wzajemne współzależności oraz dynamiczna koewolucja wszystkich elementów. Ekosystem ten ewoluuje, nieustannie dostosowując swoje

wewnętrzne struktury – możliwości, zasoby i podmioty – do zmieniającego się otoczenia. Kluczową rolę odgrywają w tym procesie interesariusze, których współdziałanie zapewnia życiodajny przepływ informacji i środków, umożliwiając transformację koncepcji w konkretne produkty (Kramarz i in., 2021). W ten sposób budowane jest środowisko, w którym innowatorzy mogą szybciej odpowiadać na wyzwania rynkowe, co z kolei prowadzi do powstawania nowych obszarów wiedzy, dywersyfikacji gospodarki i utrwalania kultury innowacyjności. Szczególna wartość ekosystemu innowacji przejawia się w dwóch wymiarach: zapewnianiu młodym podmiotom (start-upom, spin-offom) dostępu do kluczowych zasobów oraz umożliwianiu przepływu informacji między wszystkimi interesariuszami. Centralną rolę w tym systemie odgrywają twórcy wartości – innowatorzy oraz młode, innowacyjne przedsiębiorstwa odpowiedzialne za kreowanie miejsc pracy i rozwiązywanie problemów. Jak wskazują badania, ekosystem ten charakteryzuje się wielolokacyjnością (*multi-locality*), co oznacza, że łączy on w sobie podmioty z różnych lokalizacji, umożliwiając transgraniczny przepływ wiedzy i procesów innowacyjnych (Kramarz i in., 2021; Sotarauta i in., 2016). W efekcie strukturę ekosystemu tworzą podmioty pełniące trzy role: kluczowe (*keystone*) – organizujące rozwój, dominujące (*physical dominator*) – narzucające strategię, oraz niszowe (*niche entities*) – wyspecjalizowane jednostki korzystające z zasobów przez węzły centralne (Mielcarek, 2018). Ekosystem ułatwia płynny przepływ zasobów intelektualnych, finansowych i ludzkich, a wartość jest w nim współtworzona poprzez połączenie współpracy i konkurencji.

Sektor inżynierii biomedycznej

Inżynieria biomedyczna to dziedzina łącząca nauki inżynieryjne z medycyną mająca na celu rozwijanie urządzeń, systemów i technologii wspomagających diagnostykę, leczenie i opiekę nad pacjentami. Obejmuje projektowanie i produkcję urządzeń medycznych, biomateriałów, systemów obrazowania oraz technologii telemedycznych (Saltzman, 2007, s. 6-7). Sektor ten dynamicznie się rozwija, zwłaszcza w obszarach takich jak sztuczna inteligencja w diagnostyce, robotyka chirurgiczna, inżynieria tkanek czy bioprinting. Postęp technologiczny przyczynia się do poprawy skuteczności leczenia i jakości życia pacjentów.

Według raportów rynkowych (np. *Markets and Markets, Grand View Research*), wartość globalnego rynku inżynierii biomedycznej rośnie, a przewidywany jest jej dalszy wzrost ze względu na starzenie się społeczeństw, rosnącą liczbę chorób przewlekłych oraz rozwój nowych technologii (Malyshev i in., 2025). Przegląd rynku wskazuje, że wielkość rynku inżynierii biomedycznej osiągnęła 320,38 mld dolarów w 2024 r., a oczekuje się, że wzrośnie on do 593,78 mld dolarów w 2029 r., przy założeniu średniego rocznego wzrostu na poziomie 13,1% (*Bioengineering Technology Global Market Report 2025*, 2025). Biorąc pod uwagę kluczowe trendy i ograniczenia tego sektora, można wskazać na kilka kluczowych obszarów (por. tab. 6.1).

Tabela 6.1. Czynniki napędzające, trendy i ograniczenia rynku inżynierii biomedycznej

Obszar	Czynniki napędzające	Trendy	Ograniczenia
Rozwój technologiczny	Rosnące wykorzystanie technologii AI i ML	Włączanie analityki predykcyjnej do procesów rozwoju farmakologii	Wysokie koszty wdrożenia zaawansowanych rozwiązań analitycznych
Spersonalizowana opieka zdrowotna	Dostosowywanie metod leczenia do indywidualnych potrzeb pacjenta	Rozwój technologii zdolnych do analizy danych genomicznych i molekularnych	Ograniczony dostęp do nowoczesnych technologii dla małych firm
Środowisko regulacyjno-prawne	Coraz większe wymagania dotyczące bezpieczeństwa danych i zgodności z przepisami	Wykorzystywanie technologii <i>blockchain</i> w celu zwiększenia przejrzystości i bezpieczeństwa danych	Trudności w utrzymaniu zgodności regulacyjnej w różnych krajach
Popyt na innowacje w ochronie zdrowia	Rosnące zapotrzebowanie na innowacyjne metody leczenia, szczególnie chorób przewlekłych	Zastosowanie narzędzi do wizualizacji danych w celu wspomagania diagnostyki	Ograniczenia finansowe w krajach rozwijających się utrudniające wdrażanie innowacyjnych rozwiązań

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Malyshev i in., 2025)

Wsparcie dla ekosystemu śląskiej inżynierii biomedycznej

Wsparcie dla ekosystemu śląskiej inżynierii biomedycznej zostanie wykazane poprzez analizę typów interwencji realizowanych w projekcie w ramach Funduszy Europejskich dla Śląskiego 2021-2027 (Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji) – *Rozwój potencjału śląskiej inżynierii biomedycznej w obliczu wyzwań cyfrowej i zielonej gospodarki (BioMeDiG)*.

W ramach przygotowań do konkursu została wykonana wstępna identyfikacja aktualnego stanu elementów ekosystemu innowacji w śląskiej inżynierii biomedycznej. Wymagało to zastosowania narzędzi, które pozwalają na analizę środowiska technologicznego, naukowego, biznesowego i regulacyjnego. Zostały zastosowane następujące narzędzia: mapowanie relacji między interesariuszami, analiza publikacji i patentów, narzędzia do analizy rynku i potrzeb klinicznych, platformy współpracy i innowacji otwartej. Dogłębnie przeanalizowano potencjał Politechniki Śląskiej, w szczególności Wydziału Inżynierii Biomedycznej wraz z Europejskim Centrum Innowacyjnych Technologii dla Zdrowia, w kontekście wkładu merytorycznego ekosystemu inżynierii biomedycznej. Proces ten ujawnił typowe luki i słabości ekosystemu innowacji biomedycznych tj.: słabą współpracę międzysektorową, niewystarczającą integrację uczelni, szpitali, firm MedTech i instytucji publicznych, bariery komunikacyjne między naukowcami a przedsiębiorcami, ograniczoną infrastrukturę testową, niedobór talentów interdyscyplinarnych czy fragmentację działań innowacyjnych. Diagnoza ta pozwoliła zaprojektować interwencję nakierowaną na eliminację ujawnionych słabości. Projekt uzyskał uznanie komisji konkursowej i jest realizowany od 1 września 2024 do 30 czerwca 2026. Wartość projektu wynosi

16456 167,01 zł. Celem projektu BioMeDiG jest kompleksowe wsparcie rozwoju kadry naukowej i doktorantów Politechniki Śląskiej, podniesienie jakości oraz dostępności oferty edukacyjnej Wydziału Inżynierii Biomedycznej, wsparcie uczniów szkół ponadpodstawowych, a także intensyfikacja transferu wiedzy i technologii do i z gospodarki wraz z rozwojem potencjału śląskiej inżynierii biomedycznej w obliczu wyzwań cyfrowej i zielonej gospodarki.

Projekt jest wielowymiarowy, niemniej w niniejszym rozdziale skupiono się na działaniach sprofilowanych na rozwój ekosystemu innowacji śląskiej inżynierii biomedycznej. Kluczowe interwencje obejmują:

1. Wsparcie transferu wiedzy i technologii, w szczególności w zakresie zielonej i cyfrowej gospodarki: Zaprojektowano możliwość odbywania staży przemysłowych pracowników naukowych w przedsiębiorstwach krajowych i zagranicznych, wizyty studyjne i szkolenia praktyczne w przedsiębiorstwach krajowych (cecha *multi-locality*). Przekłada się to na podniesienie świadomości i kompetencji pracowników w zakresie realizacji prac badawczych w realnej współpracy z przedsiębiorstwami. Następuje pozytywny impuls dla rozwoju współpracy między uczelnią a przedsiębiorstwami oraz dyfuzja wiedzy między partnerami zainteresowanymi innowacjami produktowymi, organizacyjnymi, procesowymi bądź marketingowymi. Korzyści z tych form współpracy są wielostronne i bardzo wartościowe (tab. 6.2).

Tabela 6.2. Interesariusze a korzyści staży przemysłowych i wizyt studyjnych

Grupa interesariuszy	Korzyści ze staży przemysłowych
Pracownicy naukowci	<ul style="list-style-type: none"> – Zrozumienie realnych potrzeb przemysłu – Zwiększenie praktycznego doświadczenia – Rozwój kompetencji miękkich i zarządczych – Inspiracja do nowych, rynkowych kierunków badań – Lepsze przygotowanie do komercjalizacji wyników badań
Przedsiębiorstwa	<ul style="list-style-type: none"> – Dostęp do najnowszej wiedzy naukowej – Współpraca przy projektach B+R – Budowanie relacji z uczelniami – Zwiększenie konkurencyjności
System i społeczeństwo	<ul style="list-style-type: none"> – Wzmacnianie ekosystemu innowacji – Zwiększenie efektywności inwestycji publicznych w naukę – Rozwój regionalny

Źródło: Opracowanie własne

2. Powstanie HUBu w zakresie technologii cyfrowych w medycynie: Działania w tym zadaniu zostały dobrane tak, aby osiągnąć efekt wirtualnego HUB technologicznego, który jest przestrzenią do pracy i współpracy firm, studentów, naukowców oraz start-upów. Tworzone jest środowisko ukierunkowane na dynamiczny rozwój firm technologicznych poprzez m.in. ciągłą wymianę doświadczeń i pomoc

w nawiązywaniu kontaktów z innymi, podobnie ukierunkowanymi przedsiębiorstwami. HUB technologii cyfrowych dla medycyny (inżynierii medycznej) docelowo będzie platformą współpracy wszystkich interesariuszy procesu transformacji i wdrażania technologii cyfrowych w medycynie (rola *keystone*). HUB będzie się koncentrował wokół kluczowych technologii w inżynierii biomedycznej takich jak: biomateriały i inżynieria tkankowa, neurotechnologie, diagnostyka molekularna i obrazowanie medyczne, robotyka medyczna, bioinformatyka i sztuczna inteligencja, technologie terapeutyczne, telemedycyna i urządzenia noszone (*wearables*). Koncentracja na tych obszarach pozwoli na udział w globalnym trendzie rozwoju i da wiele korzyści interesariuszom (tab. 6.3).

Tabela 6.3. Korzyści partycypacji w HUBie technologicznym

Rodzaje korzyści	Korzyści z funkcjonowania HUB technologicznego
Korzyści gospodarcze	<ul style="list-style-type: none"> – Stymulacja lokalnej przedsiębiorczości – Przyciąganie inwestycji krajowych i zagranicznych – Tworzenie nowych miejsc pracy w sektorze wysokich technologii – Rozwój sektora MŚP poprzez dostęp do infrastruktury i wiedzy
Korzyści naukowo-technologiczne	<ul style="list-style-type: none"> – Wspieranie transferu technologii z uczelni do przemysłu – Integracja środowisk naukowych i biznesowych – Ułatwienie komercjalizacji wyników badań – Rozwój interdyscyplinarnych projektów B+R
Korzyści społeczne i regionalne	<ul style="list-style-type: none"> – Zwiększenie atrakcyjności regionu dla specjalistów i młodych talentów – Poprawa jakości edukacji i szkoleń technicznych – Wzrost innowacyjności i konkurencyjności regionu – Budowanie marki regionu jako centrum innowacji

Źródło: Opracowanie własne

Działanie to, kładąc nacisk na współpracę między sektorem MŚP, dużymi firmami i środowiskiem naukowym, sprzyja horyzontalnemu przepływowi wiedzy.

3. Wspieranie edukacji przedsiębiorczej: Interwencja projektu zakłada szkolenia praktyczne /kursy /konferencje dla pracowników, doktorantów i studentów zwiększające kompetencje do badań i współpracy z biznesem. Założono promowanie przedsiębiorczości akademickiej jako kluczowy element budowania innowacyjnego ekosystemu wokół uczelni i instytucji badawczych. Dobrze wykreowana przedsiębiorczość akademicka polega na wykorzystywaniu wiedzy, wyników badań i kompetencji naukowców do tworzenia innowacyjnych rozwiązań, produktów i usług, które mają realne zastosowanie w gospodarce i społeczeństwie. Jej rozwój w środowisku akademickim:
 - a) zwiększa efektywność wykorzystania potencjału naukowego, umożliwiając przekształcanie wyników badań w produkty rynkowe;
 - b) wzmacnia współpracę między nauką a biznesem, co sprzyja transferowi technologii i rozwiązywaniu rzeczywistych problemów społeczno-gospodarczych;

- c) tworzy nowe miejsca pracy i wspiera rozwój lokalnych ekosystemów innowacji, szczególnie poprzez spin-offy i start-upy zakładane przez naukowców;
 - d) buduje kulturę innowacyjności i przedsiębiorczości wśród studentów i kadry akademickiej, co przekłada się na większą otwartość na ryzyko, eksperymentowanie i interdyscyplinarność;
 - e) zwiększa atrakcyjność uczelni jako ośrodków nie tylko edukacyjnych, ale także gospodarczych, przyciągając inwestorów, partnerów przemysłowych i utalentowanych pracowników.
4. Wspieranie spin-offów i start-upów: Projekt proponuje usługę w postaci Akademii Start-upu – kreowanie i testowania modelu biznesu. Zespół założycieli otrzymuje wsparcie w zakresie:
- a) aspektów prawnych w tym własności intelektualnej;
 - b) badań rynku, marketingu i sprzedaży;
 - c) finansów;
 - d) technologii;
 - e) modelowania biznesowego;
 - f) prezentacji pomysłu biznesowego przed inwestorem.

Produktem działania jest Biznes Model Canvas i prezentacja inwestorska. Działania 3 i 4 dają przestrzeń do transformacji koncepcji w konkretne produkty, co jest przejawem sprawności ekosystemu.

5. Doposażenie pracowni naukowych i laboratoriów (m.in. doposażenie dziewięciu specjalistycznych laboratoriów, doposażenie stanowisk badawczych doktorantów).
6. Działalność brokerów technologii, która daje już pierwsze efekty obejmujące rozwój wspólnych projektów B+R, lepsze wykorzystanie infrastruktury badawczej przez firmy, skracanie czasu od pomysłu do produktu (*time-to-market*), lepsze dopasowanie rozwiązań naukowych do potrzeb rynkowych, zwiększenie motywacji do prowadzenia badań aplikacyjnych czy rozwój regionalnego ekosystemu innowacji inżynierii biomedycznej. Działania 5 i 6 ułatwiają dostęp do kluczowych zasobów, w szczególności młodym podmiotom (start-upom, spin-offom), co również powinno być atrybutem dobrze zaprojektowanego ekosystemu innowacji.
7. Program badań w naukach o zarządzaniu i jakości dla rozwoju ekosystemu innowacji inżynierii biomedycznej: Program badań został zaprojektowany dla pogłębienia wiedzy o ekosystemie innowacji inżynierii biomedycznej. Ekosystem ewoluuje nieustannie, dostosowując możliwości, zasoby i podmioty do zmieniającego się otoczenia, a kluczową rolę w tym procesie odgrywają interesariusze. Program badań jest w trakcie realizacji i ma pogłębić wiedzę dotyczącą tego aspektu ekosystemu.
8. Podniesienie atrakcyjności, jakości i dostępności oferty edukacyjnej dla inteligentnej transformacji regionu (m.in. szkolenia dla kadry naukowej w zakresie kompetencji miękkich, kształtowanie kompetencji cyfrowych, studenckie staże krajowe).

9. Wsparcie uczniów szkół ponadpodstawowych (m.in. szkolenia, warsztaty, zajęcia praktyczne, indywidualne wsparcie mentorskie dla uczniów szkół ponadpodstawowych).
10. Kompleksowe wsparcie rozwoju kadr naukowych z uwzględnieniem doktoratów, w szczególności w obszarze zielonej i cyfrowej gospodarki (dofinansowanie udziału w konferencjach i kosztów publikacji, indywidualne wsparcie doktorantów).

Ekosystem innowacji to samoorganizujący, samoregulujący i samorozwijający się otwarty system, który charakteryzuje się przepływami pomysłów, wartości, ludzi, informacji i zasobów. Działania 8, 9 i 10 mają przyczynić się do oczekiwanych przepływów oraz stworzyć potencjał kadrowy dla podaży wyników badań.

Roczny przegląd skutków podjętych typów interwencji w projekcie potwierdza zarówno ich atrakcyjność w zakresie aktualizacji kompetencji kadr, jak i efektów rozwoju relacji z podmiotami gospodarczymi wzmocniającymi ekosystem innowacji. Ten krótki czas realizacji pozwala również zauważyć pewne ryzyka i bariery. Do kluczowych przeszkód zaliczyć należy: niższe niż zakładano zainteresowanie stażami w zagranicznych firmach, niską podażą projektów do Akademii Start-upów, uwarunkowaniami organizacyjno-formalnymi utrudniającymi wsparcie dla młodzieży licealnej czy procedury PZP znacznie wydłużające czas uruchomienia zaplanowanych form wsparcia uczestników projektu.

Podsumowanie

Zrozumienie istoty ekosystemu innowacji sektora inżynierii biomedycznej wymaga uwzględnienia jego dynamicznego i złożonego charakteru. Sektor ten charakteryzuje się wysokim zakresem wiedzy, silną interdyscyplinarnością oraz szybkim tempem rozwoju technologicznego. Zmiany regulacyjne, potrzeby rynku oraz postęp naukowy wpływają na ciągłą ewolucję struktur współpracy i modeli biznesowych. Efektywne zarządzanie innowacjami w tym środowisku wymaga elastycznych strategii, zdolności adaptacyjnych oraz systemowego podejścia do transferu technologii. Dlatego budowanie trwałych relacji między nauką, przemysłem i instytucjami otoczenia biznesu staje się kluczowe dla utrzymania konkurencyjności i zdolności wdrożeniowej.

Projekt rozwoju ekosystemu innowacji w inżynierii biomedycznej stanowi przykład zintegrowanego podejścia do budowania potencjału instytucjonalnego i regionalnego w zakresie transferu wiedzy, technologii oraz przedsiębiorczości akademickiej. Interwencje projektowe zostały zaprojektowane w sposób umożliwiający wzmocnienie relacji między nauką a gospodarką poprzez wdrażanie mechanizmów takich jak staże przemysłowe, wizyty studyjne czy brokerzy technologii. Kluczowym elementem jest utworzenie HUBu technologicznego, który pełni funkcję platformy współpracy interesariuszy procesu innowacyjnego, koncentrując się na obszarach zgodnych z globalnymi trendami rozwoju technologii inżynierii biomedycznej. Równolegle rozwijane są działania wspierające przedsiębiorczość akademicką, w tym szkolenia,

mentoring oraz Akademia Start-upu, które umożliwiają naukowcom przekształcanie wyników badań w modele biznesowe. Projekt zakłada również rozwój kompetencji kadr naukowych i edukacyjnych, co przekłada się na wzrost zdolności absorpcyjnej instytucji oraz ich atrakcyjności dla partnerów zewnętrznych. Wdrożenie programu badań w zakres nauk o zarządzaniu i jakości pozwala na systemowe monitorowanie i optymalizację procesów innowacyjnych. Doposażenie infrastruktury badawczej oraz wsparcie dla uczniów szkół ponadpodstawowych wzmacniają fundamenty przyszłego kapitału ludzkiego. Interwencje te generują efekty synergiczne, prowadząc do zwiększenia efektywności inwestycji publicznych oraz rozwoju regionalnego ekosystemu innowacji. Całość działań wpisuje się w logikę inteligentnej specjalizacji i wspiera transformację w kierunku zielonej i cyfrowej gospodarki.

Literatura

1. Adner, R. (2006). Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 84(4), 97-107.
2. Adner, R., & Kapoor, R. (2010). Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*, 31(3), 306-333.
3. Audretsch, D. B., Cunningham, J. A., Kuratko, D. K., Lehmann, E. E., & Menter, M. (2019). Entrepreneurial ecosystems: Economic, technological, and societal impacts. *The Journal of Technology Transfer*, 44(2), 313-325.
4. *Bioengineering Technology Global Market Report 2025*. (2025). <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/bioengineering-technology-global-market-report> (dostęp: 01.09.2025).
5. van der Borgh, M., Cloudt, M., & Romme, A. G. L. (2012). Value creation by knowledge-based ecosystems: Evidence from a field study. *R&D Management*, 42(2), 150-169.
6. Chesbrough, H. W., & Appleyard, M. M. (2007). Open Innovation and Strategy. *California Management Review*, 50(1), 57-76. <https://doi.org/10.2307/41166416>
7. Chauhan, P. (b.r.). *How Stanford's Innovative Ecosystem Fosters Tomorrow's Tech Leaders and Breakthroughs*. BigUniversities. <https://biguniversities.in/stanford-tech-innovation-bbb-2/>
8. Hannah, D. P., & Eisenhardt, K. M. (2018). How firms navigate cooperation and competition in nascent ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39(12), 3163-3192. <https://doi.org/10.1002/smj.2750>
9. Katz, B. J., & Wagner J. (2014). *The rise of innovation districts: A new geography of innovation in America*. Metropolitan Policy Program at Brookings.
10. Klein, S. B., de Vasconcelos, M. C. R. L., de Jesus Carvalho Lima, R., & Dufloth, S. D. (2021). Contributions from entrepreneurial universities to the regional innovation ecosystem of Boston. *Revista Gestão & Tecnologia*, 21(1), 245-268. <https://doi.org/10.20397/2177-6652/2021.v21i1.2021>
11. Klimas, P., & Czakon, W. (2022). Species in the wild: A typology of innovation ecosystems. *Review of Managerial Science*, 16(1), 249-282. <https://doi.org/10.1007/s11846-020-00439-4>
12. Knop, L. (2013). *Zarządzanie klastrem. Koncepcje, strategie, modele*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.

13. Knop, M., & Odlanicka-Poczobutt, M. (2018). The typology and components of ecosystems in business. W A. Nalepka & A. Ujwary-Gil (red.), *Business and non-profit organizations facing increased competition and growing customers' demands: Proceedings of the 17th Conference of Scientists and Business People, Tomaszowice, Poland, 18-19 June 2018, Business and Non-profit Organizations Facing Increased Competition*, 17, 403-422.
14. Korhonen, J. (2001). Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. *Journal of Cleaner Production*, 9(3), 253-259. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(00\)00058-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(00)00058-5)
15. Kramarz, M., Knop, L., Przybylska, E., & Dohn, K. (2021). Stakeholders of the multimodal freight transport ecosystem in Polish–Czech–Slovak cross-border area. *Energies*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/en14082242>
16. Malyshev, V., Kovalenko, V., Gab, A., Sherman, Z., & Brinda, D. (2025). Market research on the global bioengineering analytics and software market. *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 14(SI-3), 52-62. <https://doi.org/10.14419/1shfcz98>
17. Mielcarek, P. (2016). Ekosystem innowacji w świetle paradygmatu otwartej innowacji. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 422, 122-130.
18. Moore, J. F. (1993). Predators and prey: A new ecology of competition. *Harvard Business Review*, 71(3), 75-86.
19. Nambisan, S., & Baron, R. A. (2013). Entrepreneurship in innovation ecosystems: Entrepreneurs' selfregulatory processes and their implications for new venture success. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 37(5), 1071-1097. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2012.00519.x>
20. Peltoniemi, M. (2005). Business ecosystem: A conceptual model of an organization population from the perspectives of complexity and evolution. *e-BRC Research Reports*, 18.
21. Peltoniemi, M., & Vuori, E. (2008). Business ecosystem as the new approach to complex adaptive business environments. W M. Seppä, M. Hannula, A.-M. Järvelin, J. Kujala, M. Ruohonen & T. Tiainen (red.), *Frontiers of e-Business Research 2004, Conference Proceedings* (s. 267-281). FeBR 2004. <https://wordpress-futures-prod.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/sites/10/2018/01/09023251/Business-Ecosystem.pdf>
22. Prahalad, C. K. (2005), *The Fortune at the Bottom of the Pyramid*. Wharton School Publishing.
23. Rong, K., Hu, G., Lin, Y., Yongjiang, S., & Liang, G. (2015). Understanding business ecosystem using a 6C framework in Internet-of-Things-based sectors. *International Journal of Production Economics*, 159(C), 41-55.
24. Saltzman, W. M. (2009). *Biomedical Engineering: Bridging Medicine and Technology*. Cambridge University Press.
25. Sotarauta, M., Heinonen, T., Sorvisto, P., Kolehmainen, J., Kenney, M., & Patton, D. (2016). Innovation ecosystems, competences and leadership: Human spare parts and venture finance ecosystems under scrutiny. *Tekes Review*, 329.
26. Tolstykh, T., Gamidullaeva, L., & Shmeleva, N. (2020). Approach to the formation of an innovation portfolio in industrial ecosystems based on the life cycle concept. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/joitmc6040151>
27. Tsujimoto, M., Kajikawa, Y., Tomita, J., & Matsumoto, Y. (2018). A review of the ecosystem concept – towards coherent ecosystem design. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.032>
28. Wessner, C. W. (red.) (2007). *Policies for the 21st Century: Report of a Symposium*. The National Academies Press.
29. Zhang, J., & Liang, X. J. (2011). Business ecosystem strategies of mobile network operators in the 3G era: The case of China Mobile. *Telecommunications Policy*, 35(2), 156-171. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2010.12.009>

ROZDZIAŁ 7

ANALIZA WYKORZYSTANIA LLM JAKO *TEXT-TO-TEXT* W TRANSKRYPCJI MEDYCZNEJ

Mateusz Dzięgielewski, Kamil Hudaszek

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wydział Zarządzania
Koło Naukowe AI4Business

Wprowadzenie

Automatyczne rozpoznawanie mowy stało się kluczowym komponentem systemów wspierających dokumentację kliniczną, telemedycynę oraz systemy wspomaganie decyzji. W badaniach prowadzonych w środowiskach anglojęzycznych wykazano, że notatki tworzone z użyciem ASR (*Automatic Speech Recognition*) mogą zawierać błędy w ponad 70% dokumentów, z czego ok. 10-23% słów jest rozpoznanych niepoprawnie, a ok. 15% błędów ma charakter krytyczny (Goss i in., 2016; Mani i in., 2020). W języku polskim problem ten jest szczególnie istotny ze względu na bogatą fleksję, liczne warianty form leków i jednostek chorobowych oraz obecność zapożyczeń i nazw własnych (Kuligowska i in., 2023; Ogrodniczuk i in., 2023).

Ostatnie lata przyniosły intensywny rozwój polskich zasobów mowy medycznej oraz systemów ASR dedykowanych dokumentacji klinicznej. W zbiorze AdmedVoice model Whisper w wersji bazowej osiągnął *Word Error Rate* (WER) na poziomie ok. 24%, który po dostrojeniu do domeny i wzbogaceniu korpusu m.in. danymi syntetycznymi udało się obniżyć do ok. 14% (Czyżewski i in., 2025). Inne prace dotyczące polskojęzycznych rozmów lekarz–pacjent potwierdzają duże zróżnicowanie jakości systemów oraz korzyści z łączenia różnych architektur (Pondel-Sycz i in., 2025; Zielonka i in., 2023).

Równolegle pojawiły się duże modele językowe (LLM), które – w podejściu *text-to-text*, polegającym na przekształcaniu jednego ciągu tekstowego w inny, niezależnie od typu zadania – w wielu zadaniach tekstowych, w tym korekcji błędów ASR, istotnie redukują WER bez pełnego, kosztownego treningu nadzorowanego (Adedeji i in., 2025; Fang i in., 2025; Mani i in., 2020). Mimo szybko rosnącej liczby prac dotyczących korekcji błędów ASR w języku angielskim, brakuje syntetycznego ujęcia pokazującego, jak przenieść te rozwiązania na grunt języka polskiego i dokumentacji medycznej.

Celem niniejszej pracy jest:

- 1) usystematyzowanie strategii wejściowych stosowanych przy użyciu LLM do korekcji transkrypcji (*1-best*, *N-best*, *lattice*);
- 2) omówienie metod adaptacji modeli (*prompting*, *few-shot*, PEFT/LoRA);
- 3) przegląd technik kontroli generacji (dekodowanie z ograniczeniami, RAG) w kontekście bezpieczeństwa transkrypcji medycznych w języku polskim.

Metodyka

Strategia wyszukiwania

Przeprowadzono systematyczny przegląd literatury z wykorzystaniem wyszukiwarki Google Scholar oraz repozytoriów otwartych (m.in. arXiv, Semantic Scholar). Przyjęto hybrydową strategię wyszukiwania, łącząc:

- wyszukiwanie słów kluczowych (np. „ASR error correction”, „medical transcription”, „large language models”, „Polish medical ASR”);
- *snowballing* wsteczny i do przodu, tj. analizę list referencyjnych oraz publikacji cytujących wybrane prace bazowe (vom Brocke i in., 2009; Webster & Watson, 2002; Wohlin, 2014).

Uwzględniono publikacje z ostatnich 10-12 lat, w języku angielskim i polskim, dotyczące:

- systemów ASR dla domeny medycznej;
- korekcji błędów ASR (w tym z wykorzystaniem LLM);
- polskojęzycznych zasobów mowy medycznej.

Kryteria włączenia i wyłączenia

Do dalszej analizy włączano prace, które:

- raportowały metryki jakości ASR lub korekcji (np. WER, CER);
- opisywały architekturę i konfigurację modeli (ASR lub LLM);
- prezentowały strategie pracy z wieloma hipotezami (*N-best*, *lattice*) albo mechanizmy kontroli generacji.

Wyłączano publikacje czysto przeglądowe, które nie wносиły nowych wyników empirycznych oraz prace dotyczące wyłącznie systemów dyktowania ogólnego, bez kontekstu medycznego.

Analiza treści

Zidentyfikowane prace zmapowano do matrycy pojęciowej, zgodnie z zaleceniami Webstera i Watsona (2002), grupując je według:

- rodzaju danych wejściowych (*1-best*, *N-best*, *lattice*);
- sposobu wykorzystania LLM (*prompting*, *few-shot*, PEFT);
- mechanizmów redukcji halucynacji i poprawy spójności terminologicznej (*constrained decoding*, RAG).

Badania literatury

Strategie wejściowe do LLM

Hipoteza *1-best*

Najprostszą strategią jest przekazanie do LLM pojedynczej hipotezy rozpoznania (*1-best*). Rozwiązanie to jest atrakcyjne z praktycznego punktu widzenia: wymaga

najmniej zasobów obliczeniowych, łatwo je włączyć do istniejących systemów i sprzyja przetwarzaniu zbliżonemu do czasu rzeczywistego (Li i in., 2024). Z badań wynika, że nawet w trybie *zero-shot* lub *1-shot* LLM potrafią obniżyć WER względem surowego wyjścia ASR (Adedeji i in., 2025; Mani i in., 2020).

Ograniczeniem strategii 1-best jest nieuwzględnianie niepewności systemu rozpoznawania mowy – model językowy „widzi” tylko jedną ścieżkę, co sprzyja utrwalaniu błędów fonetycznie podobnych słów oraz nazw własnych. Dodatkowo LLM są podatne na halucynacje, czyli generowanie treści pozornie wiarygodnych, lecz niezgodnych z oryginalnym sygnałem mowy lub wiedzą kliniczną (Fang i in., 2025). W kontekście polskiej dokumentacji medycznej, przy dużej liczbie rzadkich nazw leków i jednostek chorobowych, może to prowadzić do błędów o wysokim ryzyku klinicznym.

Lista hipotez *N-best*

W podejściu *N-best* do LLM trafia uporządkowana lista kilku-kilkunastu hipotez ASR. Strategia ta lepiej eksponuje niepewność systemu i zwiększa prawdopodobieństwo, że poprawna forma występuje wśród kandydatów. Badania nad korektą błędów ASR z użyciem LLM pokazują, że wykorzystanie *N-best* pozwala na istotne redukcje WER w stosunku do wariantu *1-best* (Adedeji i in., 2025; Mani i in., 2020).

Niedogodnością jest większa złożoność obliczeniowa oraz rosnąca długość wejścia, co przy dużych modelach może zwiększać koszty operacyjne. W praktyce rozwiązaniem kompromisowym jest ograniczenie liczby hipotez *N* oraz łączenie *N-best* z dodatkowymi mechanizmami priorytetyzacji i filtrowania, np. przez reranking z użyciem modeli językowych drugiego stopnia.

Reprezentacja *lattice*

Najbogatszą informacyjnie formą reprezentacji niepewności ASR jest graf hipotez (*lattice*) zawierający wszystkie istotne ścieżki możliwych transkrypcji. Klasycznym sposobem wykorzystania takiej niepewności są tzw. *confusion networks* i dekodowanie konsensusu minimalizujące błąd słów, wyprowadzane właśnie z *lattices* (Mangu i in., 2000). W literaturze zaproponowano modele, które uczą się reprezentacji *lattice* i wykorzystują ją do ważonego przeszukiwania przestrzeni hipotez w drugim przejściu (Pandey i in., 2021).

Choć większość prac dotyczy jeszcze klasycznych modeli sekwencyjnych, koncepcja ta jest naturalnie przenoszona na LLM poprzez odpowiednie kodowanie grafu do postaci tekstowej lub strukturalnej (np. listy z adnotowanymi prawdopodobieństwami). Dla języka polskiego, gdzie homofonia oraz zróżnicowane końcówki fleksyjne łatwo prowadzą do wieloznaczności, podejścia oparte na *lattice* wydają się szczególnie obiecujące.

Metody adaptacji dużych modeli językowych

***Zero-shot* i *few-shot* prompting**

Zero-shot prompting polega na formułowaniu instrukcji w treści promptu bez dostrajania parametrów modelu. W transkrypcji medycznej obejmuje to m.in. wskazanie

kontekstu (wizyta lekarska, opis badania) oraz oczekiwanego formatu wyjścia. *Few-shot prompting* rozszerza tę strategię o kilka przykładów poprawnych korekt ilustrujących charakter błędów ASR oraz pożądany styl języka.

W literaturze wskazuje się, że *few-shot* umożliwia istotną poprawę jakości względem *zero-shot*, szczególnie w zadaniach z wąsko zdefiniowaną terminologią (Ade-deji i in., 2025; Mani i in., 2020). W przypadku języka polskiego jest to atrakcyjne podejście, ponieważ pozwala wykorzystać ograniczone zasoby oznaczonych danych (np. kilkadziesiąt transkrypcji z poprawkami) bez pełnego treningu modelu.

Efektywne strojenie parametrów (PEFT, LoRA)

Pełne *fine-tuning* LLM wymaga dużych zasobów sprzętowych i zbiorów danych. Metody PEFT, takie jak LoRA, adaptory czy *prefix-tuning*, pozwalają dostosować model, aktualizując jedynie niewielki podzbiór parametrów (Hu i in., 2021). Badania przeglądowe pokazują, że techniki te uzyskują wyniki zbliżone do pełnego dostrajania przy wielokrotnie mniejszym koszcie obliczeniowym.

W kontekście polskiej dokumentacji medycznej PEFT jest szczególnie istotne, ponieważ:

- dostępne korpusy są relatywnie małe (Czyżewski i in., 2025; Kuligowska i in., 2023);
- konieczne jest częste aktualizowanie słownictwa (nowe leki, procedury);
- w wielu zastosowaniach wymagane jest wdrożenie modeli *on-premise* lub w chmurach krajowych, co ogranicza rozmiar i koszty utrzymania modeli.

Techniki kontroli generacji

Dekodowanie z ograniczeniami leksykalnymi

Constrained decoding umożliwia wymuszenie obecności określonych jednostek leksykalnych w wygenerowanym tekście. Początkowo rozwijane w kontekście tłumaczenia maszynowego (Hokamp & Liu, 2017; Post & Vilar, 2018) znajduje zastosowanie także w korekcji ASR, gdzie można wymusić użycie nazw leków, jednostek chorobowych czy skrótów zgodnych z wewnętrznymi standardami danej placówki.

W systemach medycznych mechanizm ten zmniejsza swobodę generacji, a tym samym ryzyko halucynacji, jednocześnie umożliwiając spójność słownictwa z lokalnymi słownikami, klasyfikacjami ICD czy farmakopeą.

Retrieval-Augmented Generation (RAG)

RAG łączy generację tekstu z dynamicznym wyszukiwaniem informacji w korpusach referencyjnych – słownikach, bazach wiedzy lub repozytoriach dokumentacji. W praktyce klinicznej rolę takiego ustandaryzowanego zasobu terminologicznego może pełnić m.in. UMLS integrujący wiele biomedycznych słowników i ontologii (Bodenreider, 2004). Zastosowanie RAG w korekcji ASR pozwala:

- weryfikować wystąpienia nazw leków, procedur i jednostek chorobowych;
- uzupełniać brakujące informacje o standardowych dawkach czy formach leku;

- ograniczać halucynacje poprzez „uziemienie” generacji w zewnętrznej bazie faktów (Chen i in., 2023; Fang i in., 2025).

W przypadku języka polskiego szczególnie istotna jest integracja z krajowymi słownikami medycznymi oraz systemami klasyfikacji stosowanymi w szpitalnych systemach HIS.

Podsumowanie

Przegląd literatury pokazuje, że LLM są obiecującym narzędziem do korekcji błędów ASR w dokumentacji medycznej, ale ich skuteczność i bezpieczeństwo są silnie uzależnione od sposobu podania danych wejściowych oraz mechanizmów kontroli generacji.

- **Poziom wejścia:** strategie oparte na wielu hipotezach (*N-best*, *lattice*) lepiej odzwierciedlają niepewność rozpoznania niż *1-best* i konsekwentnie osiągają większe spadki WER. Jest to szczególnie istotne w polszczyźnie, gdzie błędna interpretacja jednej sylaby może prowadzić do pomyłki między nazwami leków lub rozpoznań.
- **Poziom modelu:** same techniki promptingowe, choć często zaskakująco skuteczne, nie zawsze zapewniają stabilną jakość w warunkach produkcyjnych. PEFT (w tym LoRA) stanowi kompromis pomiędzy jakością a kosztem, umożliwiając opracowanie wyspecjalizowanych modeli dla języka polskiego przy rozsądnych wymaganiach sprzętowych.
- **Poziom kontroli generacji:** zastosowanie *constrained decoding* oraz RAG jest kluczowe dla minimalizacji halucynacji, które w zastosowaniach klinicznych stanowią istotne ryzyko. Koncepcje te są już testowane w systemach korekcji błędów ASR w języku angielskim (Fang i in., 2025), lecz ich adaptacja do polskiej terminologii medycznej wymaga dodatkowych prac nad słownikami i bazami wiedzy.

W kontekście polskiego ekosystemu medycznego należy również uwzględnić aspekty prawne i organizacyjne: wymogi ochrony danych, konieczność anonimizacji oraz integracji z istniejącymi systemami szpitalnymi. LLM używane do korekcji transkrypcji muszą być projektowane tak, aby minimalizować ryzyko ujawnienia danych wrażliwych oraz umożliwiać audytowalność wprowadzanych zmian.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można sformułować następujące syntetyczne wnioski:

1. **Strategie wielohipotezowe (*N-best*, *lattice*) są bardziej efektywne niż *1-best*** w redukcji błędów ASR, szczególnie w językach o złożonej morfologii, takich jak polski.
2. ***Few-shot prompting* oraz efektywne strojenie parametrów (PEFT, LoRA)** umożliwiają dopasowanie LLM do specyfiki polskiej terminologii medycznej przy ograniczonych zasobach danych i mniejszym koszcie obliczeniowym.

3. **Techniki kontroli generacji, takie jak *constrained decoding* oraz RAG**, są kluczowe dla ograniczania halucynacji i zapewnienia spójności terminologicznej w dokumentacji medycznej.
4. **Podejścia hybrydowe**, łączące wielohipotezowe wejścia z adaptowanymi LLM i mechanizmami kontroli generacji, mają największy potencjał praktycznego wdrożenia w polskich systemach transkrypcji medycznych.
5. Niezbędne są **badania eksperymentalne na rzeczywistych korpusach polskich transkrypcji klinicznych** z oceną nie tylko WER/CER, lecz również wpływu na liczbę błędów krytycznych, bezpieczeństwo pacjenta oraz obciążenie pracą personelu medycznego.

Projekt finansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach Programu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje”.

Literatura

1. Adedeji, A., Sanni, M., Ayodele, E., Joshi, S., & Olatunji, T. (2025). *The multicultural medical assistant: Can LLMs improve medical ASR errors across borders?*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.15310>
2. Bodenreider, O. (2004). The Unified Medical Language System (UMLS): Integrating biomedical terminology. *Nucleic Acids Research*, 32, D267-D270. <https://doi.org/10.1093/nar/gkh061>
3. vom Brocke, J., Simons, A., Niehaves, B., Riemer, K., Plattfaut, R., & Cleven, A. (2009). Reconstructing the giant: On the importance of rigour in documenting the literature search process. W S. Newell, E. Whitley, N. Pouloudi, J. Wareham & L. Mathiassen (Eds.), *Proceedings of the 17th European Conference on Information Systems* (s. 2206-2217). AIS eLibrary.
4. Chen, C., Hu, Y., Yang, C.-H. H., Siniscalchi, S. M., Chen, P.-Y., & Chng, E. S. (2023). *HyParadise: An open baseline for generative speech recognition with large language models*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.15701>
5. Czyżewski, A., Cygert, S., Marciniuk, K., Szczodrak, M., Harasimiuk, A., Ody, P., Galanina, M., Szczuko, P., Kostek, B., Graff, B., Szplit, D., Budzisz, M., & Narkiewicz, K. (2025). A comprehensive Polish medical speech dataset for enhancing automatic medical dictation. *Scientific Data*, 12, 1436. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-05776-1>
6. Fang, Y., Chen, B., Peng, J., Li, X., Xi, Y., Zhang, C., & Zhong, G. (2025). *Fewer hallucinations, more verification: A three-stage LLM-based framework for ASR error correction*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.24347>
7. Goss, F. R., Zhou, L., & Weiner, S. G. (2016). Incidence of speech recognition errors in the emergency department. *International Journal of Medical Informatics*, 93, 70-73. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2016.05.005>
8. Hokamp, C., & Liu, Q. (2017). Lexically constrained decoding for sequence generation using grid beam search. W R. Barzilay & M.-Y. Ken (Eds.), *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (s. 1535-1546). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/P17-1141>
9. Hu, E. J., Shen, Y., Wallis, P., Allen-Zhu, Z., Li, Y., Wang, S., Wang, L., & Chen, W. (2021). *LoRA: Low-rank adaptation of large language models*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.09685>

10. Kuligowska, K., Stanusch, M., & Koniew, M. (2023). Challenges of automatic speech recognition for medical interviews – research for Polish language. *Procedia Computer Science*, 225, 1134-1141. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.101>
11. Li, S., Chen, C., Kwok, C. Y., Chu, C., Chng, E. S., & Kawai, H. (2024). Investigating ASR error correction with large language model and multilingual 1-best hypotheses. *Proceedings of Interspeech 2024*, 1315-1319. <https://doi.org/10.21437/Interspeech.2024>
12. Mangu, L., Brill, E., & Stolcke, A. (2000). Finding consensus in speech recognition: Word error minimization and other applications of confusion networks. *Computer Speech & Language*, 14(4), 373-400. <https://doi.org/10.1006/csla.2000.0152>
13. Mani, A., Palaskar, S., & Konam, S. (2020). Towards understanding ASR error correction for medical conversations. W *Proceedings of the First Workshop on Natural Language Processing for Medical Conversations* (s. 7-11). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.nlpmc-1.2>
14. Ogrodniczuk, M., Pęzik, P., Łaziński, M., & Miłkowski, M. (2023). Language Report Polish. W G. Rehm & A. Way (Eds.), *European Language Equality* (s. 191-194). Springer.
15. Pandey, P., Torres, S. D., Bayer, A. O., Gandhe, A., & Leutnant, V. (2021). *Lattention: Lattice-attention in ASR rescoring*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.10157>
16. Pondel-Sycz, K., Bilski, P., Bobiński, P., Morzyński, L., Lewandowski, M., Kozłowski, E., Szczepański, G., Jasiński, M., Makarewicz, G., Pietrzak, A. P., Buchowicz, A., Mazurek, P., Bilski, A., Olejnik, J., & Olejnik, I. (2025). A comparative study of deep end-to-end automatic speech recognition models for doctor-patient conversations in Polish in a real-life acoustic environment. *International Journal of Electronics and Telecommunications*, 71(3), 1-8. <https://doi.org/20.24425/ijet.2025.153609>
17. Post, M., & Vilar, D. (2018). Fast lexically constrained decoding with dynamic beam allocation for neural machine translation. W *Proceedings of NAACL-HLT 2018* (s. 1314-1324). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/N18-1119>
18. Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS Quarterly*, 26(2), xiii-xxiii.
19. Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 38, 1-10. <https://doi.org/10.1145/2601248.2601268>
20. Zielonka, M., Krasieński, W., Nowak, J., Rośleń, P., Stopiński, J., Żak, M., Górski, F., & Czyżewski, A. (2023). A survey of automatic speech recognition deep models performance for Polish medical terms. W *2023 Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA)* (s. 19-24). IEEE.

ROZDZIAŁ 8

PRZEGLĄD I CHARAKTERYSTYKA PORÓWNAWCZA MODELI STT DO PRAKTYCZNEGO ZASTOSOWANIA W TRANSKRYPCJI TEKSTÓW MEDYCZNYCH

Maksymilian Zakrzewski

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wydział Zarządzania
Koło Naukowe AI4Business

Wprowadzenie

Rozwiązania oparte na sztucznej inteligencji (AI) stają się coraz bardziej powszechne w życiu codziennym, obejmując zarówno obszary przemysłowe, jak i społeczne. Szczególnie dynamiczny rozwój obserwuje się w dziedzinie informatyki, gdzie sztuczna inteligencja staje się jednym z dominujących kierunków badań. Według *AI Index Report 2025* opracowanego przez Stanford University aż 41,76% artykułów naukowych z obszaru CS dotyczyło zagadnień AI (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2025, s. 30). Popiera to także wykładniczy wzrost prac dotyczących AI w medycynie zaobserwowany w BMC. Tendencję tę potwierdzają niezależne analizy bibliometryczne (Bajpai i in., 2025; Delen i in., 2024).

W ostatnich latach podejścia do transkrypcji (*speech-to-text*, STT) przeszły znaczącą ewolucję, zyskując na dokładności i wszechstronności dzięki rozwojowi głębokich modeli neuronowych, mechanizmów uwagi oraz integracji z modelami językowymi (Ahlawat i in., 2025). Jakościowy postęp modeli prowadzi do zasadniczego pytania – w jaki sposób można te rozwiązania aplikować w praktyce? Rozwój modeli, transformery oraz prawo skalowania spowodowały, że trenowanie własnych rozwiązań w „domowych” warunkach jest często niepraktyczne. Największe modele posiadają setki miliardów parametrów, a idea małych modeli językowych (*small language models*) (Deshpande i in., 2023), o ile ciekawa i warta uwagi, nie dorównuje jakościowo dużym modelom (Kim i in., 2025). Dlatego też w badaniach skupiono się na modelach z pretrenowanymi parametrami (Baeviski i in., 2020; Radford i in., 2022).

Niniejsza praca ma na celu zarysowanie możliwych i ogólnodostępnych rozwiązań transkrypcji (modeli STT) w zakresie transkrypcji tekstów medycznych. Charakterystyka badanego obszaru wyznaczyła kilka kluczowych kryteriów w poszukiwaniu rozwiązań:

- Skupiono uwagę na rozwiązaniach niekomercyjnych, ogólnodostępnych (*open-source*) – takie podejście niesie ze sobą szereg zalet, spośród których jedną z najważniejszych jest bezpieczeństwo danych, które mogą być przetwarzane lokalnie.

- Dokładność transkrypcji, a także uwzględnienie faktu dostosowania modelu do języka polskiego – dokumentacja medyczna wymaga najwyższej rzetelności w sporządzaniu.
- Możliwości implementacyjne – pragmatyczny kompromis, skupienie uwagi na modelach pretrenowanych, z ewentualną możliwością dotrenowania.

Analiza literatury

Trzonowa część pracy, poświęcona porównaniu praktycznych rozwiązań opartych na istniejących modelach STT, została poprzedzona systematycznym przeglądem literatury naukowej dotyczącym podejść do transkrypcji mowy. Zaplecze teoretyczne było kluczowe dla zrozumienia fundamentalnych różnic pomiędzy poszczególnymi modelami, a także umożliwiło bardziej świadomy dobór rozwiązań do analizy porównawczej.

Metodologia pracy

Analiza literatury polegała na systematycznym przeglądzie literatury dotyczącej modeli STT. W tym celu posłużono się bazą artykułów naukowych na stronie internetowej arXiv.org. Kwerendy wykonywano we wrześniu 2025 roku. Z obserwacji wynika, że większość wyników uzyskanych za pomocą tej metody składała się z nowych artykułów – opublikowanych w przeciągu ostatnich miesięcy. Wyniki wzbogacono także wtórnym przeszukiwaniem literatury za pomocą metody kuli śnieżnej. Użyto następujące trzy kwerendy: „Speech-to-text”, „STT”, „Automatic speech recognition” (według trafności).

Charakterystyka modeli w świetle badań literaturowych

W ostatnich latach zostały poczynione znaczące postępy w dziedzinie rozpoznawania mowy. Na podstawie badań literaturowych można wskazać następujące trendy:

- a) Neuronowe sieci konwolucyjne (CNN): Wprowadzenie CNN-ów (będących głębokimi sieciami neuronowymi) do transkrypcji mowy umożliwiło efektywne wychwytywanie lokalnych zależności (Sekoyan i in., 2025). CNN-y okazały się szczególnie skuteczne jako wczesne warstwy ekstrakcji cech w enkoderach, poprawiając jakość reprezentacji akustycznych i wspomagając późniejsze warstwy modelu (np. transformerowe) (Gulati i in., 2020).
- b) Transformery: Architektura transformerów oparta na mechanizmach uwagi zrewolucjonizowała przetwarzanie sekwencji (Vaswani i in., 2023). Transformery pozwalają modelowi uczyć się globalnych zależności w danych akustycznych niezależnie od ich pozycji w sekwencji, co czyni je szczególnie skutecznymi w dłuższych wypowiedziach i w rozpoznawaniu kontekstu (Gulati i in., 2020). W modelach STT transformery najczęściej pełnią funkcję głównego komponentu

enkodera lub dekodera w architekturze enkoder–dekoder, umożliwiając skuteczne mapowanie audio na tekst (Sekoyan i in., 2025).

- c) *Unsupervised learning*: Uczenie nienadzorowane pozwala na wykorzystywanie nieetykietowanych danych do trenowania modeli. W połączeniu z przestrzenią latentną umożliwia wyodrębnianie semantycznie bogatych reprezentacji z dużych zbiorów danych (Defossez i in., 2020; Wisnu i in., 2025). Po późniejszym dotrenowaniu na mniejszym, poetykietowanym zbiorze (*fine-tuning*), prowadzi to do znaczącej poprawy skuteczności (Li i in., 2025; Sekoyan i in., 2025).
- d) *Wielojęzyczność*: Trenowanie modeli STT na wielu językach jednocześnie, a następnie dostosowywanie ich do języka docelowego, pozwala na lepszą generalizację modeli oraz znacznie powiększa dostępne dane treningowe (Hussain i in., 2025; Li i in., 2025).
- e) *Dataset enrichment*: Wszelkie metody wstępnej obróbki danych (np. odszumianie) mają potencjał w polepszaniu skuteczności transkrypcji mowy. Warto jednak zauważyć, że ten proces może także zatracać pewne informacje, takie jak emocjonalność czy ton wypowiedzi (Combei, 2025; Defossez i in., 2020).
- f) *Reinforcement learning*: Wykorzystanie idei uczenia przez wzmacnianie umożliwia dalsze doskonalenie modeli STT poprzez uwzględnianie ludzkiego feedbacku, co znacząco poprawia ich skuteczność (Shivakumar i in., 2025).

Obecne trendy, odzwierciedlane w praktycznie wszystkich nowszych artykułach przeanalizowanych w ramach badań literatury, wskazują skupienie szczególnej uwagi na głębokim uczeniu maszynowym, transformerach, enkoder–dekoderach oraz mechanizmach uwagi.

Charakterystyka porównawcza (konkretnych modeli)

Celem tej części pracy jest przedstawienie i porównanie wybranych modeli STT pod kątem ich potencjalnego zastosowania w środowisku medycznym. Analiza obejmuje zarówno rozwiązania klasyczne, jak i nowsze architektury oparte na głębokim uczeniu, które różnią się dokładnością, wymaganiami sprzętowymi oraz możliwością dostosowania do języka polskiego. Zanim jednak dokonano porównania poszczególnych modeli konieczne było omówienie specyfiki samego zadania transkrypcji mowy w kontekście medycznym.

Charakterystyka transkrypcji w medycynie

W transkrypcji medycznej można wskazać takie istotne aspekty, jak:

- **Terminologia specjalistyczna i skróty**: Medyczna transkrypcja wymaga znajomości dziedzinowego słownictwa. W systemie greckim opracowanym w *Automatic speech recognition for Greek medical dictation* autorzy zauważyli, że standardowe modele ASR słabo radzą sobie z terminologią medyczną bez adaptacji, stąd zastosowali połączenie modelu transkrypcyjnego i modelu językowego w celu wybrania najlepszej hipotezy transkrypcji (Georgilas & Stafylakis, 2025).

- **Zmienne warunki nagrań:** Nagrania medyczne mogą być wykonane w warunkach klinicznych z szumami, wieloma głośnikami, przerwami, zakłóceniami, zdjęciami akustycznymi. W systematycznym przeglądzie na BMC stwierdzono, że w warunkach kontrolowanych WER (*word error rate*) bywa niski (nawet ~0,087), ale w warunkach konwersacyjnych czy wielogłośnikowych przekracza 50% (Ng i in., 2025).
- **Konieczność korekty przez człowieka:** Nawet najlepsze systemy wymagają często post-edytowania przez lekarzy lub asystentów. Przegląd podkreśla, że koszt korekty często niweczy czasowe zyski uzyskane przez automatyzację (Ng i in., 2025).
- **Bezpieczeństwo, prywatność i zgodność regulacyjna:** Dokumentacja medyczna zawiera dane wrażliwe – transkrypcja musi być zgodna z regulacjami (np. RODO, HIPAA), co często wymaga lokalnej pracy modelu (offline) lub odpowiednich zabezpieczeń.

Założenia (metodologia) charakterystyki

Mając na uwadze powyższą specyfikę transkrypcji testów medycznych, w charakterystyce porównawczej pomiędzy poszczególnymi modelami skupiono się na następujących aspektach:

- dokładność modeli (*Word Error Rate* itp.),
- obsługa języka polskiego,
- brak konieczności trenowania od podstaw (pretrenowane modele),
- możliwość *fine-tuningu* na medycznym zbiorze danych,
- szybkość transkrypcji.

Dużą luką badawczą, jaką udało się odkryć podczas poszukiwań, jest brak systematycznych benchmarków obejmujących cały przekrój modeli. Dostępne benchmarki skupiają się zwykle na kilku/kilkunastu najpopularniejszych modelach. Dlatego też szacowane wartości WER pochodzą z różnych źródeł opartych na różnych danych testowych. Sprawia to, że nie może być to jedynym, wiarygodnym czynnikiem w wyborze rozwiązania. Niektórzy badacze sugerują zresztą, że WER, choć jest dobrym wskaźnikiem, może być niewystarczający do specyfiki zastosowań medycznych (Afonja i in., 2024).

Charakterystyka modeli

W ramach analizy dokonano krótkiej charakterystyki siedmiu powszechnie stosowanych, otwartoźródłowych rozwiązań do transkrypcji mowy:

NeMo: Model `stt_pl_fastconformer_hybrid_large_pc` (NVIDIA, 2023) stanowi jedno z najnowszych rozwiązań opracowanych w ramach frameworka NVIDIA NeMo, które dedykowane jest automatycznemu rozpoznawaniu mowy w języku polskim. Wykorzystuje architekturę **FastConformer** (Kuchaiev i in., 2019).

Speech2Text: Model oparty na architekturze enkoder–dekoder typu Transformer opracowany jako uniwersalne rozwiązanie *end-to-end* do automatycznego rozpoznawania mowy (ASR) oraz tłumaczenia mowy na tekst. Wykorzystuje wstępny moduł konwolucyjny (*downsampler*), który redukuje długość sekwencji wejściowej. Niestety, nie ma modelu dedykowanego pod język polski, jest za to dostępna wersja wielojęzyczna (Hugging Face, b.r.; Wang i in., 2022).

Wav2Vec 2.0: Model samonadzorowany (*self-supervised*) do uczenia reprezentacji mowy bez potrzeby etykietowania danych. Składa się z trzech głównych komponentów: konwolucyjnego enkodera cech (*feature encoder* – tworzy przestrzeń latentną), modułu kwantyzacji oraz kontekstowego modelu typu Transformer. Po wstępnym treningu model może być *fine-tuning*owany (Baevski i in., 2020).

Vosk: Lekki model do działania offline i na mobilnych urządzeniach. Zawiera modele hybrydowe WFST (*Weighted Finite State Transducer*) oraz neuronowe (małe DNN/TDNN/LSTM). Niestety w języku polskim dostępna jest jedynie wersja mniejsza (AlphaCephei, b.r.; Soni, 2025).

Wav2Letter: Jeden z pierwszych modeli *end-to-end* oparty w całości na CNN-ach. Model przetwarza surowy sygnał audio (lub spektrogram) na sekwencję znaków, co umożliwia bezpośrednie generowanie transkrypcji na poziomie liter. Architektura cechuje się dużą szybkością działania oraz niskim zapotrzebowaniem na pamięć, jednak nie posiada elementów wychwytyjących kontekst (Collobert i in., 2016).

Deep Speech: Jeden z pierwszych modeli *end-to-end* wykorzystujących rekurencyjne sieci neuronowe (RNN/LSTM) oraz funkcję straty CTC (*Connectionist Temporal Classification*). Model uczy się bezpośredniego odwzorowania sygnału mowy na tekst, eliminując potrzebę klasycznych komponentów GMM/HMM. Trening oparto na dużych, zróżnicowanych zbiorach danych z intensywnym *data augmentation* (szumy, pogłosy), co zwiększa odporność modelu na zakłócenia (Hannun i in., 2014).

Whisper: Wielkoskalowy model typu enkoder–dekoder Transformer zaprojektowany jako uniwersalne rozwiązanie do ASR, tłumaczenia mowy oraz detekcji języka. Architektura opiera się na klasycznym Transformerze z enkoderem i dekoderem. Model trenowany był w trybie *multitask* i *multilingual* na zbiorze ok. 680 000 godzin transkrybowanych i tłumaczonych danych audio pochodzących z Internetu (*weakly supervised*). Dostępne są wersje od *tiny* (39 mln parametrów) do *large v2* (1.55 mld parametrów). Whisper cechuje się wysoką odpornością na szumy, różnorodne akcenty i błędy nagrań, a także zdolnością do *zero-shot* generalizacji na języki i zadania, dla których nie był *explicit*e trenowany (w tym język polski) (Radford i in., 2022).

Dyskusja

Celem powyższego przeglądu było wyłonienie dwóch-trzech modeli do dalszych badań z myślą o opracowaniu systemu transkrypcji mowy dedykowanego zastosowaniom medycznym. Wstępne testy przeprowadzone na kilkudziesięciu próbkach

wskazały na potrzebę dalszej optymalizacji transkrypcji generowanej przez modele STT, co jest zgodne z obserwacjami przedstawionymi w badaniach instytutu Biomed Central (Ng i in., 2025). Pomimo braku jednolitych badań porównawczych, spośród dostępnych rozwiązań wybrano obiecujące pod względem wyników, jak i zastosowania innowacyjnych technik AI.

Po teoretycznej analizie dotyczącej konceptów stojących za danymi rozwiązaniami i wstępnych próbach porównania jakości transkrypcji wytypowano trzy modele: Wav2Vec 2.0, Whisper oraz NeMo. Wszystkie te rozwiązania wyróżniały się wysoką jakością rozpoznawania mowy w porównaniu do pozostałych systemów oraz wykorzystaniem najnowszych osiągnięć w dziedzinie AI.

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza porównawcza modeli STT wykazała, że mimo dynamicznego rozwoju technologii zastosowanie ich w kontekście medycznym nadal wiąże się z szeregiem wyzwań natury technicznej, językowej i regulacyjnej. Największym ograniczeniem pozostaje brak jednolitych, kompleksowych benchmarków obejmujących szerokie spektrum modeli dostosowanych do domeny medycyny (co samo w sobie może być kierunkiem badań). Utrudnia to obiektywne porównywanie wyników i modeli.

Projekt finansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach Programu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje”.

Literatura

1. Afonja, T., Olatunji, T., Ogun, S., Etori, N. A., Owodunni, A., & Yekini, M. (2024). *Performant ASR models for medical entities in accented speech*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.12387>
2. Ahlawat, H., Aggarwal, N., & Gupta, D. (2025). Automatic speech recognition: A survey of deep learning techniques and approaches. *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, 6, 201-237. <https://doi.org/10.1016/j.ijcce.2024.12.007>
3. AlphaCephei. (b.r.). *Models*. <https://alphacephei.com/vosk/models> (dostęp: 30.09.2025).
4. Baevski, A., Zhou, H., Mohamed, A., & Auli, M. (2020). *wav2vec 2.0: A framework for self-supervised learning of speech representations*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.11477>
5. Bajpai, A., Yadav, S., & Nagwani, N. K. (2025). An extensive bibliometric analysis of artificial intelligence techniques from 2013 to 2023. *The Journal of Supercomputing*, 81. <https://doi.org/10.1007/s11227-025-07021-3>
6. Collobert, R., Puhersch, C., & Synnaeve, G. (2016). *Wav2Letter: An end-to-end ConvNet-based speech recognition system*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1609.03193>
7. Combei, D. (2025). *On the contribution of lexical features to speech emotion recognition*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.05634>
8. Defossez, A., Synnaeve, G., & Adi, Y. (2020). *Real time speech enhancement in the waveform domain*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.12847>

9. Delen, I., Sen, N., Ozudogru, F., & Biasutti, M. (2024). Understanding the growth of artificial intelligence in educational research through bibliometric analysis. *Sustainability*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/su16166724>
10. Deshpande, V., Pechi, D., Thatte, S., Lialin, V., & Rumshisky, A. (2023). *Honey, I shrunk the language: Language model behavior at reduced scale*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.17266>
11. Georgilas, V., & Stafylakis, T. (2025). *Automatic speech recognition for Greek medical dictation*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.23550>
12. Gulati, A., Qin, J., Chiu, C.-C., Parmar, N., Zhang, Y., Yu, J., Han, W., Wang, S., Zhang, Z., Wu, Y., & Pang, R. (2020). *Conformer: Convolution-augmented transformer for speech recognition*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.08100>
13. Hannun, A., Case, C., Casper, J., Catanzaro, B., Diamos, G., Elsen, E., Prenger, R., Satheesh, S., Sengupta, S., Coates, A., & Ng, A. Y. (2014). *Deep Speech: Scaling up end-to-end speech recognition*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.5567>
14. Hugging Face. (b.r.). *Speech2Text*. https://huggingface.co/docs/transformers/model_doc/speech_to_text (dostęp: 30.09.2025).
15. Hussain, S., Neekhara, P., Yang, X., Casanova, E., Ghosh, S., Fejgin, R., Langman, R., Desta, M., Tavabi, L., & Li, J. (2025). *Align2Speak: Improving TTS for low resource languages via ASR-Guided online preference optimization*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.21718>
16. Kim, K., Jang, J., Choi, J., Lee, Y., Jin, K., & Kim, Y. (2025). *Plug-in and fine-tuning: Bridging the gap between small language models and large language models*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.07424>
17. Kuchaiev, O., Li, J., Nguyen, H., Hrinchuk, O., Leary, R., Ginsburg, B., Krیمان, S., Beliaev, S., Lavrukhin, V., Cook, J., Castonguay, P., Popova, M., Huang, J., & Cohen, J. M. (2019). *NeMo: A toolkit for building AI applications using neural modules*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1909.09577>
18. Li, Z., Yang, Y., Li, X., Kang, J., Zhang, X.-L., & Li, J. (2025). *Multilingual speech recognition using discrete tokens with a two-step training strategy*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.01900>
19. Ng, J. J. W., Wang, E., Zhou, X., Zhou, K. X., Goh, C. X. L., Sim, G. Z. N., Tan, H. K., Goh, S. S. N., & Ng, Q. X. (2025). Evaluating the performance of artificial intelligence-based speech recognition for clinical documentation: A systematic review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 25. <https://doi.org/10.1186/s12911-025-03061-0>
20. NVIDIA. (2023). *STT PL FastConformer Hybrid Transducer-CTC Large P&C*. https://catalog.ngc.nvidia.com/orgs/nvidia/teams/nemo/models/stt_pl_fastconformer_hybrid_large_pc?version=1.21.0
21. Radford, A., Kim, J. W., Xu, T., Brockman, G., McLeavey, C., & Sutskever, I. (2022). *Robust speech recognition via large-scale weak supervision*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.04356>
22. Sekoyan, M., Koluguri, N. R., Tadevosyan, N., Zelasko, P., Bartley, T., Karpov, N., Balam, J., & Ginsburg, B. (2025). *Canary-1B-v2 & Parakeet-TDT-0.6B-v3: Efficient and high-performance models for multilingual ASR and AST*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.14128>
23. Shivakumar, P. G., Gu, Y., Gandhe, A., & Bulyko, I. (2025). *Group relative policy optimization for speech recognition*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.01939>
24. Soni, A. A. (2025). *Improving speech recognition accuracy using custom language models with the vosk toolkit*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.21025>
25. The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI). (2025). *The 2025 AI Index Report*. <https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report>

26. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2023). *Attention is all you need*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>
27. Wang, C., Tang, Y., Ma, X., Wu, A., Popuri, S., Okhonko, D., & Pino, J. (2022). *fairseq S2T: Fast speech-to-text modeling with fairseq*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.05171>
28. Wisnu, D. A. M. G., Zezario, R. E., Rini, S., Wang, H.-M., & Tsao, Y. (2025). *Improving perceptual audio aesthetic assessment via triplet loss and self-supervised embeddings*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.03292>

ROZDZIAŁ 9

WYZWANIA ZWIĄZANE Z WDRAŻANIEM PRZEMYSŁU 4.0 W BRANŻY SPOŻYWCZEJ – DOŚWIADCZENIA Z PROCESU WPROWADZANIA ROZWIĄZAŃ OD WŁOSKICH DOSTAWCÓW

Anna Monika Pijet

Politechnika Częstochowska
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

Transformacja cyfrowa przemysłu, określana mianem Przemysłu 4.0, stanowi jedno z kluczowych wyzwań współczesnej gospodarki, w szczególności dla branż o wysokich wymaganiach jakościowych, bezpieczeństwa i ciągłości produkcji, takich jak przemysł spożywczy. Wdrożenie zaawansowanych technologii cyfrowych, automatyzacji oraz systemów integrujących procesy produkcyjne i zarządce wiąże się nie tylko z istotnymi korzyściami, lecz także z szeregiem barier organizacyjnych, technologicznych i kulturowych.

Celem niniejszego rozdziału jest identyfikacja oraz analiza najważniejszych wyzwań związanych z wdrażaniem koncepcji Przemysłu 4.0 w polskiej branży spożywczej, ze szczególnym uwzględnieniem doświadczeń wynikających z implementacji rozwiązań oferowanych przez włoskich dostawców technologii. Włoskie przedsiębiorstwa posiadające wieloletnie doświadczenie w projektowaniu i dostarczaniu zaawansowanych maszyn oraz systemów dla przemysłu spożywczego stanowią istotne źródło innowacyjnych rozwiązań technologicznych dla polskich zakładów produkcyjnych.

W rozdziale omówione zostaną zarówno techniczne aspekty wdrożeń, takie jak integracja nowych technologii z istniejącą infrastrukturą produkcyjną, interoperacyjność systemów czy bezpieczeństwo danych, jak i czynniki pozatechniczne, obejmujące kompetencje pracowników, gotowość organizacyjną przedsiębiorstw oraz uwarunkowania regulacyjne. Analiza ta pozwoli na wskazanie kluczowych obszarów ryzyka, a także dobrych praktyk, które mogą wspierać skuteczne wdrażanie rozwiązań Przemysłu 4.0 w branży spożywczej przez syntetyczny model organizacji w przedsiębiorstwach produkujących makarony.

Istota i rozwój koncepcji Przemysłu 4.0

W swojej istocie Przemysł 4.0 nie jest nowym modelem, a wynikiem ewolucji wcześniejszych rewolucji przemysłowych, w pełni wykorzystującym ich fundamenty

i osiągnięcia, ale przy wyższych poziomach integracji, cyfryzacji, wirtualizacji i zaawansowania technologicznego. Xu i in. (2018) analizują ewolucję od Przemysłu 1.0 do Przemysłu 4.0, koncentrując się na rozwijanych technologiach oraz na związanych z nimi wyzwaniach, np. na integracji informacji i interoperacyjności, standaryzacji powiązanej z systemami cyberfizycznymi i Internetem rzeczy (IoT), cyberbezpieczeństwie i prywatności informacji oraz problemach skalowalności, które występują, gdy do sieci produkcyjnej podłączanych jest coraz więcej obiektów. Przemysł 4.0 dotyczy nie tylko technologii, ale też nowych sposobów pracy i roli ludzi w przemyśle – i to właśnie ludzie będą w centrum uwagi przyszłych modeli Przemysłu 5.0 (Leng i in., 2022).

Koncepcja Przemysłu 4.0 koncentruje się na wykorzystaniu najnowocześniejszych technologii, takich jak Internet rzeczy (IoT), Big Data, sztuczna inteligencja, wirtualna rzeczywistość czy chmura obliczeniowa.

Proces projektowania lub transformacji tradycyjnego przemysłu w Przemysł 4.0 wspierają zasady projektowania, wśród których najczęściej zalecane są: zdecentralizowane podejmowanie decyzji, wirtualizacja, interoperacyjność, modułowość, zdolność działania w czasie rzeczywistym oraz orientacja na usługi (Hermann i in., 2015; Hall i in., 2022). We wdrażaniu rozwiązań Przemysłu 4.0 wykorzystywany jest Referencyjny Model Architektury Industrie 4.0 określany jako RAMI 4.0 (Reference Architectural Model Industrie 4.0) (Bastos i in., 2021). Rekomendowane jest także wykorzystanie „mapy drogowej” adaptacji Przemysłu 4.0 przez przedsiębiorstwa (Ghobakhloo i in., 2022).

Technologie Przemysłu 4.0 dążą do integracji systemów i inteligentnych maszyn oraz wprowadzania zmian w procesach produkcyjnych mających na celu zwiększenie wydajności wytwarzania i np. możliwości elastycznych zmian asortymentu.

Zhou i in. (2016) definiują Przemysł 4.0 jako połączenie trzech koncepcji: inteligentnej fabryki (*smart plant*), inteligentnej produkcji (*smart production*) oraz inteligentnej logistyki (*smart logistics*). I chociaż wielu badaczy uważa, że kluczowym komponentem tworzonej przez Przemysł 4.0 inteligentnej infrastruktury przyszłości jest technologia, to nie można pominąć wyzwań związanych ze zmianami w strukturze organizacyjnej przedsiębiorstw (Kagermann i in., 2013) oraz zmian w zarządzaniu procesami (Czvetkó, 2022).

Wdrożenie koncepcji Przemysłu 4.0 wymaga dużych nakładów inwestycyjnych w zaawansowaną infrastrukturę i technologie, co może stanowić istotną barierę dla małych przedsiębiorstw (Soori i in., 2023). Ponadto niezbędna jest wysoko wykwalifikowana kadra z wiedzą z zakresu technologii cyfrowych (Da Silva i in., 2020). Wdrożenie Przemysłu 4.0 wymaga zastosowania nowoczesnych systemów bezpieczeństwa, ponieważ wraz ze wzrostem liczby urządzeń i systemów podłączonych do Internetu rośnie zagrożenie cyberatakami (Culot i in., 2019).

Ozkan-Ozen i in. (2020) rekomendują implementację technologii Przemysłu 4.0 początkowo w małej skali, aby zdobyć doświadczenie i nabyć kompetencje, a następnie rozszerzać skalę wdrażanych rozwiązań.

Charakterystyka polskiej branży spożywczej w perspektywie wdrożeń koncepcji Przemysłu 4.0

Polska branża spożywcza generuje ok. 14% wartości dodanej krajowego przemysłu przetwórczego, zatrudnia ponad 400 tys. pracowników, a wartość eksportu produktów rolno-spożywczych osiągnęła rekordowy poziom 53,5 mld euro w 2024 roku (Euractiv, 2024). Dynamiczny rozwój polskiej branży spożywczej jest spójny ze znaczącym przyspieszeniem transformacji cyfrowej i procesów digitalizacji w tej branży. W roku 2024 w grupie firm średnich sektor spożywczy awansował na drugie miejsce w rankingu digitalizacji, tuż za sektorem Automotive (SIEMENS, 2024). Raport potwierdza znaczną dynamikę zmian w poszczególnych sektorach, co prowadzi do wniosku, że cyfryzacja, w tym rozwiązania Przemysłu 4.0, są coraz powszechniej uznawane za kluczowy czynnik wzrostu i przewagi konkurencyjnej.

Raport SIEMENS *Digi Index* (2024) wskazuje, że 45% firm spożywczych znajduje się na etapie wdrażania pojedynczych elementów automatyzacji, a tylko 20% deklaruje wysoki poziom zaawansowania cyfrowego.

Wyniki prezentowane w raporcie *Digi Index* (2024) jako najważniejszą barierę we wdrażaniu transformacji cyfrowej wskazują brak finansowego wsparcia transformacji cyfrowej (35,3% wskazań respondentów). Kolejne bariery we wdrażaniu transformacji cyfrowej to:

- ograniczona sprawność gromadzenia danych i współpracy przez niejednolite działania produkcji oraz urządzenia pochodzące z różnych źródeł (16,7% wskazań respondentów),
- brak systematycznego planowania na wczesnym etapie powodujący niepotrzebne przeróbki na późniejszych etapach (13,3% wskazań respondentów),
- brak możliwości integracji systemów informatycznych różnych dostawców (10% wskazań respondentów).

Wśród najważniejszych wyzwań związanych z transformacją cyfrową wymieniono (SIEMENS, 2024):

- brak wiedzy na temat możliwości wykorzystania zgromadzonych danych (22% wskazań respondentów),
- brak uwzględnienia transformacji cyfrowej w perspektywie strategicznej (21,3% wskazań respondentów),
- brak wiedzy na temat sposobu opracowywania strategii i planów działania adekwatnych do potrzeb biznesowych (18,7% wskazań respondentów),
- sposób zarządzania przedsiębiorstwem, struktura organizacyjna i charakterystyka funkcji nie usprawniające pracy (18% wskazań respondentów).

Co istotne dla branży spożywczej, automatyzacja i zaawansowana analityka danych mogą pomóc w redukowaniu marnotrawstwa żywności i w bardziej efektywnym wykorzystywaniu zasobów. Rozwiązania Przemysłu 4.0 pomagają szybciej reagować na zmieniające się preferencje konsumentów i rosnące wymagania w zakresie transparentności produkcji oraz wspomagają procesy dostosowania się do

przepisów związanych z ochroną środowiska (ESG). Ważny w kontekście rosnącej świadomości konsumenckiej dotyczącej zdrowia, ekologii oraz etyki produkcji jest fakt, że cyfryzacja staje się narzędziem budowania zaufania konsumentów, pozwalając lepiej komunikować informacje o pochodzeniu produktów, metodach produkcji oraz wpływie na środowisko.

Rozwiązania automatyzacji produkcji makaronów stosowane przez wybranych włoskich dostawców – charakterystyka

Włoski sektor technologii spożywczych, zwłaszcza linii produkcji makaronów, należy do najbardziej rozwiniętych na świecie, a jego tradycja w projektowaniu takich rozwiązań sięga początków XX wieku. Włoscy dostawcy stanowią istotną część globalnego rynku rozwiązań automatyzacji, oferując kompleksowe systemy obejmujące wszystkie etapy wytwarzania – od przygotowania surowców, poprzez wytlaczanie i suszenie, po pakowanie gotowego produktu. Zasadniczym kierunkiem rozwoju ich oferty jest integracja procesów technologicznych z nowoczesnymi systemami cyfrowymi, umożliwiającymi zdalne monitorowanie, analizę danych i optymalizację parametrów produkcyjnych w czasie rzeczywistym.

Wdrażane przez włoskich producentów rozwiązania wpisują się w założenia Przemysłu 4.0, kładąc nacisk na automatyzację, elastyczność produkcji i efektywność energetyczną. Istotnym elementem jest także rozwój technologii umożliwiających personalizację produktów oraz produkcję krótszych serii przy zachowaniu wysokich standardów jakości i bezpieczeństwa żywności. Dzięki zaawansowanym systemom sterowania wykorzystującym Internet rzeczy (IoT), analitykę danych (Big Data) oraz algorytmy predykcyjne włoskie rozwiązania umożliwiają redukcję przestoju, lepsze zarządzanie zasobami i zwiększenie produktywności linii.

Rozwój tych technologii ma charakter nie tylko techniczny, ale również organizacyjny i wiąże się z wprowadzaniem cyfrowych bliźniaków, systemów samouczenia oraz automatycznych układów kontroli jakości. Włoscy producenci należą do pionierów w zakresie łączenia innowacji technicznych z dbałością o aspekty ekologiczne, zgodnie z zasadami zrównoważonej produkcji i gospodarki obiegu zamkniętego.

Do grona najważniejszych włoskich dostawców rozwiązań automatyzacji linii produkcyjnych makaronów zalicza się: Tecalit S.r.l., Dolzan Impianti S.r.l., N.G. Niccolai S.r.l. oraz Fava S.p.A.

Firmę Tecalit S.r.l. założono w 1984 roku i od początku specjalizuje się ona w projektowaniu, produkcji i instalacji linii produkcyjnych dla różnych typów makaronów oraz przekąsek. Kluczową w kontekście omawianego tematu technologią jest automatyzacja procesu suszenia oparta na pomiarach termohigrometrycznych. Technologia ta zapewnia znaczący poziom odzysku energii na poziomie od premixu do suszenia.

Dolzan Impianti S.r.l. powstała w 1962 roku i specjalizuje się w produkcji maszyn i linii pakujących dla branży spożywczej. Jest uznanym producentem pakowarek wertykalnych do makaronów i innych produktów ze zautomatyzowanym dozowaniem.

N.G. Niccolai S.r.l. została założona w 1846 roku i specjalizuje się w projektowaniu i produkcji maszyn, urządzeń automatycznych cięć oraz matryc i wkładek do produkcji makaronu, zarówno suchego, jak i świeżego, nadziewanego, bezglutenowego i typu „instant”. Firmę charakteryzuje automatyzacja linii produkcyjnej i zwiększenie konkurencyjności na podstawie zróżnicowanej oferty handlowej.

Firma Fava S.p.A. została założona w 1937 roku i od tego czasu zbudowała silną pozycję na rynku dzięki wieloletniemu doświadczeniu oraz ciągłemu rozwojowi technologii. Specjalizuje się w kompleksowej automatyzacji procesu produkcji – od mieszania i stabilizacji ciasta, przez jego precyzyjne dozowanie, aż po transport (pneumatyczny lub ślimakowy) na kolejnych etapach. Rozwiązania firmy obejmują również końcową fazę produkcji, czyli stabilizację gotowego produktu oraz jego pakowanie. Dzięki temu możliwe jest zintegrowanie całego procesu w jedną spójną i wydajną linię produkcyjną.

Wszystkie proponowane rozwiązania stanowią ważny punkt odniesienia dla zakładów spożywczych w całej Europie, w tym również w Polsce, gdzie stanowią wzorzec wdrażania automatyzacji i cyfryzacji procesów przemysłowych w ramach wdrożenia Przemysłu 4.0.

Opis sektora polskich przedsiębiorstw produkujących makarony

W Polsce sektor produkcji makaronu jest mocno zróżnicowany – od małych rodzinnych zakładów, przez firmy średniej wielkości, po duże przedsiębiorstwa produkcyjne, np. Lubella (obecnie grupa Maspex).

Roczna produkcja makaronów w Polsce szacowana jest na ok. 130 tys. ton (GUS, 2025). Liderzy branży to Lubella (już jako grupa Maspex) z największym obrotem surowcem gotowym oraz grupa kapitałowa Makarony Polskie SA. Liczne mniejsze przedsiębiorstwa to Goliard, Okruszek, Polmak, Czanieckie Makarony, Arcpol, Artex, Magyar, Kawu, Sulma, Anna, As Babuni, Golimak, Sigma, EkMak, Majkon I, Jamar, Capri, Maxpol, ANIMAK–Kopcza, Bartolini (Tabit), NIRO i inne.

W branży produkcji makaronów dominują dwa profile produkcji: tradycyjny i prozdrowotny. Tradycyjna produkcja to szeroka gama makaronów, m.in. krajanka, nitki, gniazda z mąki pszennej i durum, oraz form makaronowych (spaghetti, rurki, świdry). Produkcja prozdrowotna to rozwijająca się kategoria makaronów z mąk pełnoziarnistych, orkiszowych, żytnich, a także wzbogacanych warzywami lub białkiem roślinnym. Liderami prozdrowotnej produkcji są firmy Niro i Bartolini.

Analiza rynku wewnętrznego wskazuje, że w Polsce rośnie popyt na makarony. Spożywamy ich coraz więcej, obecnie średnio ok. 5,5 kg rocznie na osobę, ale tendencja może się zmienić przy wysokich cenach makaronów,

Na rynku międzynarodowym Polska należy do czołowych eksporterów makaronu w Europie Środkowo-Wschodniej. Odbiorcami są rynki m.in. Niemiec, Czech, Słowacji, krajów skandynawskich, a także Stanów Zjednoczonych. Eksport makaronów

wiąże się z rozbudowaną logistyką, obejmuje transport kontenerowy, złożone procedury fitosanitarne, negocjacje z partnerami handlowymi oraz działania promujące polskie marki na rynkach międzynarodowych.

Polscy producenci korzystają z nowoczesnych linii produkcyjnych i technologii suszenia, np. TAS, które gwarantują wysoką jakość i dłuższą trwałość produktów. Wiele firm stosuje systemy zarządzania jakością takie jak HACCP i ISO.

Metodologia badań i charakterystyka próby badawczej

Podmiotem badawczym niniejszego rozdziału były polskie przedsiębiorstwa produkujące makarony, posiadające doświadczenie we wdrażaniu włoskich linii produkcyjnych do własnej działalności. Przedsiębiorstwa są zlokalizowane na terenie całej Polski. Celem badań jest identyfikacja wyzwań, jakie napotykają te przedsiębiorstwa, wdrażając rozwiązania Przemysłu 4.0. Dobór próby był celowy. Do wywiadów zaproszono respondentów szczebla menadżerskiego ds. produkcji, technologii lub utrzymania ruchu.

W badaniach wykorzystano metodę wywiadu ukierunkowanego. W scenariuszu wywiadu zawarto siedem pytań dotyczących badanego tematu oraz kilka pytań związanych z charakterystyką przedsiębiorstw. Metoda wywiadu dopuszcza swobodę wypowiedzi respondentów oraz pozwala pogłębić wiedzę dotyczącą badanego tematu i zebrać opinie bazujące także na doświadczeniu respondentów. Zaletą tej metody jest również możliwość elastycznego kształtowania czasu wypowiedzi oraz elastyczność rozwinięcia pewnych wątków w zależności od toku rozmowy.

W scenariuszu wywiadu zawarto następujące pytania badawcze:

1. Jakie czynniki miały największy wpływ na decyzję o wyborze włoskiego dostawcy technologii automatyzacji produkcji makaronów?
2. Czy wprowadzenie włoskich rozwiązań automatyzacyjnych ma wpływ na efektywność produkcji? Jeśli tak, o ile procent szacunkowo wzrosła efektywność produkcji?
3. Czy wprowadzenie włoskich rozwiązań automatyzacyjnych ma wpływ na jakość produktów w Państwa zakładzie?
4. Czy wprowadzenie włoskich rozwiązań automatyzacyjnych pozwoliło zredukować koszty operacyjne firmy?
5. Czy wystąpiły trudności podczas wdrażania włoskich rozwiązań automatyzacji produkcji makaronu w aspektach technicznych, organizacyjnych i komunikacyjnych?
6. W jakim stopniu włoskie linie makaronowe utrzymują stabilność i niezawodność pracy w dłuższym okresie użytkowania?
7. Czy serwis i wsparcie techniczne ze strony włoskiego dostawcy są dostępne w odpowiednim czasie i zakresie (np. czas reakcji, części zamienne, konsultacje online)?

Próba badawcza obejmowała 20 przedsiębiorstw produkujących makarony, które wdrożyły włoskie linie technologiczne. Najwięcej badanych przedsiębiorstw funkcjonuje na rynku od 11 do 20 lat (14 przedsiębiorstw), a 6 przedsiębiorstw prowadzi działalność dłużej niż 20 lat. Wśród badanych firm było 12 małych i 8 średnich przedsiębiorstw. Na pytanie, czy firma jest obecna na rynkach zagranicznych, 11 przedsiębiorców udzieliło odpowiedzi twierdzących. Kierunek działalności eksportowej to głównie rynki europejskie (11), a jedno przedsiębiorstwo eksportuje także do Stanów Zjednoczonych. Respondentami byli menadżerowie ds. produkcji, technologii oraz utrzymania ruchu. W celu zebrania informacji zastosowano ok. 30-minutowe wywiady osobiste prowadzone podczas bezpośrednich spotkań z respondentami. Rozmowy nagrano, a następnie dokonano ich transkrypcji i rozpoczęto proces analizy tekstu, z którego wyłoniono najczęściej powtarzające się słowa, określenia, sformułowania itp. Następnie, wykorzystując wyniki analizy treści wywiadów, podjęto próbę sformułowania uniwersalnych odpowiedzi na pytania badawcze.

Wyniki przeprowadzonych badań

Wywiady przeprowadzone z menadżerami odpowiedzialnymi za produkcję, technologię i utrzymanie ruchu w przedsiębiorstwach produkujących makarony pozwoliły na zidentyfikowanie kluczowych efektów oraz wyzwań związanych z wdrażaniem rozwiązań automatyzacji pochodzących od włoskich dostawców.

Wśród czynników mających największy wpływ na decyzję o wyborze włoskiego dostawcy technologii automatyzacji produkcji makaronów respondenci wymieniali: atrakcyjność ceny (13 respondentów), pozytywne rekomendacje branżowe (18 respondentów), wysoką jakość i niezawodność oferowanej technologii (16 respondentów), dostępność serwisu i wsparcia technicznego w Polsce (10 respondentów), zgodność technologii z systemami istniejącymi w przedsiębiorstwie (9 respondentów) oraz automatyzację jako krok w stronę Przemysłu 4.0 (1 respondent).

Wszyscy respondenci potwierdzili, że wprowadzenie włoskich rozwiązań automatyzacyjnych miało pozytywny wpływ na wzrost efektywności produkcji. Szacunki wzrostu efektywności były zróżnicowane w zależności od: braku wzrostu efektywności w pierwszym roku po wprowadzeniu zautomatyzowanych rozwiązań (2 respondentów), wzrostu o 10% (5 respondentów), wzrostu o 20% (10 respondentów) i o ponad 20% (3 respondentów). Zwrócono uwagę na skrócenie czasu realizacji zamówień o ok. 15-20% (5 respondentów) i ograniczenie błędów produkcyjnych o ok. 30% (2 respondentów). Wprowadzenie rozwiązań z zakresu robotyki i Internetu rzeczy (IoT) umożliwiło bieżący monitoring procesów technologicznych (5 respondentów), lepsze wykorzystanie surowców (8 respondentów) oraz optymalizację utrzymania ruchu (3 respondentów). Menadżerowie podkreślali, że wdrożenie włoskich linii technologicznych pozwoliło na pełną lub częściową automatyzację kluczowych etapów produkcji makaronu – od dozowania surowców, przez formowanie i suszenie, po pakowanie.

Respondenci w zdecydowanej większości byli zgodni, że automatyzacja miała pozytywny wpływ na poprawę jakości finalnych produktów przy spadku kosztów operacyjnych o ok. 10%.

W odpowiedziach na pytanie o wystąpienie ewentualnych trudności we wdrażaniu automatyzacji linii produkcyjnych respondenci najczęściej wskazywali na trudności techniczne, w tym problemy integracji systemów starych i nowych (12 respondentów), brak kompatybilności oprogramowania i interfejsów sterowania (8 respondentów), problemy z dostosowaniem linii produkcyjnej do lokalnych surowców, np. rodzaj mąki, wilgotność (7 respondentów), konieczne korekty receptur i nastaw (8 respondentów), zapewnienie stabilności procesu i jakości produktu (5 respondentów), problemy z serwisem i brakiem części zamiennych (9 respondentów).

Wskazano także na trudności w aspektach organizacyjnych i komunikacyjnych. Najczęściej wymieniano przestoje produkcji podczas wdrożenia (13 respondentów), konieczność zatrzymania lub ograniczenia produkcji na czas montażu, testów i kalibracji linii (10 respondentów), brak wykwalifikowanych pracowników (9 respondentów), niedostosowana infrastruktura i potrzeba zmian np. w układzie hali, instalacjach elektrycznych, systemach wentylacji itp. (6 respondentów). W wypowiedziach często pojawiały się kwestie bariery językowej i ryzyka nieporozumień (11 respondentów), różnicy oczekiwań (np. dostawca zakłada, że klient sam dokona części integracji lub zapanuje nad dokumentacją, a klient oczekuje rozwiązania „pod klucz”) (9 respondentów), różnic kulturowych (np. swobodne podejście do terminów) (9 respondentów), nieporozumienia (gdy coś, co dla jednej strony jest „ustalone”, dla drugiej jest tylko „propozycją”) (2 respondentów).

Respondenci przyznali, że włoskie linie makaronowe utrzymują stabilność i niezawodność pracy podczas dłuższego okresu użytkowania. Zastosowanie zintegrowanych systemów sterowania oraz czujników IoT zwiększyło stabilność procesu, ograniczyło ryzyko awarii i umożliwiło analizę danych w czasie rzeczywistym, co pozwoliło na zwiększenie elastyczności produkcji (6 respondentów) i skrócenie przestojów (4 respondentów).

Dostępność serwisu i wsparcia technicznego ze strony włoskiego dostawcy oceniano dość różnie: bardzo zła ocena (2 respondentów), ocena zadawalająca (8 respondentów), bardzo wysoka ocena (4 respondentów). W szczególności pojawiły się komentarze dotyczące długiego czasu reakcji (4 respondentów), długiego oczekiwania na części zamienne (3 respondentów) i braku dostępności konsultacji, nawet online (3 respondentów).

Wyniki badań potwierdziły również długofalowe znaczenie inwestycji w automatyzację dla strategii rozwoju badanych przedsiębiorstw. Wdrożenia włoskich technologii były częścią szerszej strategii zrównoważonego rozwoju, której celem było zwiększenie konkurencyjności firm oraz poprawa efektywności energetycznej. Modernizacja parku maszynowego nie tylko zwiększyła wydajność produkcyjną, lecz również umożliwiła redukcję kosztów jednostkowych wytwarzania, co w konsekwencji przełożyło się na poprawę pozycji rynkowej. Menadżerowie zwracali uwagę, że inwestowanie w nowoczesne technologie stanowi obecnie kluczowy element długotrwałej przewagi konkurencyjnej na rynku krajowym i międzynarodowym.

Nie bez znaczenia pozostają jednak wyzwania, które pojawiły się w trakcie wdrożeń. Co piąty respondent wskazywał na trudności wynikające z ograniczonej dyspozycyjności włoskich dostawców, opóźnień w realizacji dostaw oraz niekiedy długiego czasu reakcji serwisowej. W kilku przypadkach opóźnienia te skutkowały naliczeniem kar umownych przez polskie zakłady produkcyjne (3 respondentów). Problemy te nie wpłynęły jednak znacząco na końcową ocenę współpracy, ponieważ większość firm wysoko oceniła poziom wsparcia technicznego, jakość oferowanych maszyn oraz ich długoterminową niezawodność.

Z perspektywy menadżerów wdrożenie włoskich technologii stanowiło nie tylko modernizację parku maszynowego, lecz także impuls do rozwoju kompetencji pracowników i wzmocnienia kultury organizacyjnej opartej na innowacjach. Przedsiębiorstwa uczestniczące w badaniu wskazywały, że proces transformacji cyfrowej wymagał przeszkolenia personelu w zakresie obsługi systemów cyfrowych, analizy danych produkcyjnych i pracy w środowisku zautomatyzowanym. W efekcie wdrożenia sprzyjały budowaniu nowych kompetencji technicznych, a także zwiększały zaangażowanie pracowników w procesy doskonalenia produkcji.

Z przeprowadzonych wywiadów wynika również, że automatyzacja i cyfryzacja procesów w sektorze produkcji makaronu są postrzegane jako warunek utrzymania konkurencyjności na rynkach międzynarodowych. Wdrażanie włoskich rozwiązań umożliwiło przedsiębiorstwom dostosowanie się do wymagań Przemysłu 4.0 obejmujących elastyczność produkcji, efektywne zarządzanie danymi oraz realizację celów zrównoważonego rozwoju.

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza dostępnych na rynku raportów o transformacji cyfrowej polskiego sektora spożywczego oraz wyniki badań pozwoliły zidentyfikować kluczowe wyzwania, jakie napotykają polskie przedsiębiorstwa branży spożywczej w procesie wdrażania rozwiązań Przemysłu 4.0. Problem rozważano dla dostawców technologii pochodzących od włoskich dostawców automatyzacji produkcji makaronów.

W badanych przedsiębiorstwach produkujących makarony wdrożenie włoskich technologii przyczyniło się do wzrostu efektywności produkcji, poprawy jakości wyrobów, zwiększenia elastyczności procesów oraz redukcji kosztów operacyjnych. Integracja systemów informatycznych i automatyki umożliwiła bardziej efektywne wykorzystanie zasobów oraz wdrożenie koncepcji zrównoważonego rozwoju w praktyce.

Badania wykazały, że implementacja rozwiązań Przemysłu 4.0 wiąże się z licznymi barierami – zarówno natury technicznej, jak i organizacyjnej. Najczęściej wskazywanymi problemami były: brak wysoko wykwalifikowanej własnej kadry technicznej (12 respondentów), wysokie koszty inwestycji (11 respondentów), trudności integracyjne między starszymi i nowymi systemami (14 respondentów), a także ograniczona dostępność specjalistycznego wsparcia serwisowego ze strony

zagranicznych dostawców (3 respondentów). Mimo to większość respondentów uznała współpracę z włoskimi partnerami jako korzystną (18 respondentów) i długofalowo opłacalną (18 respondentów), wskazując na ich doświadczenie (19 respondentów) oraz wysoką jakość oferowanych rozwiązań technologicznych (15 respondentów). Włoskie technologie są istotnym czynnikiem przyspieszającym cyfrową transformację polskiego przemysłu spożywczego.

Transformacja technologiczna wymaga równoległego rozwoju kompetencji cyfrowych pracowników. Wdrożenia Przemysłu 4.0 nie mogą ograniczać się wyłącznie do inwestycji sprzętowych. Kluczowe znaczenie ma szkolenie personelu oraz przygotowanie organizacji na zmianę kultury pracy.

Współpraca z włoskimi dostawcami pozwala łączyć nowoczesność z doświadczeniem branżowym. Badani przedsiębiorcy wskazywali, że włoskie rozwiązania charakteryzuje wysoka niezawodność i możliwość adaptacji do potrzeb małych i średnich przedsiębiorstw, co zwiększa ich konkurencyjność w kontekście eksportowym.

Bariery wdrożeniowe wciąż ograniczają tempo digitalizacji. Największe wyzwania stanowią koszty inwestycji, czasochłonność procesów implementacyjnych, a także ograniczona dyspozycyjność zagranicznych kontrahentów w fazie uruchomienia i serwisowania urządzeń. Wdrożenia Przemysłu 4.0 sprzyjają realizacji założeń zrównoważonego rozwoju. Redukcja marnotrawstwa surowców, obniżenie zużycia energii i optymalizacja kosztów logistycznych wpisują się w europejskie kierunki modernizacji przemysłu spożywczego.

Polski sektor spożywczy wykazuje wysoki potencjał dla cyfryzacji swojej działalności i wdrażania rozwiązań Przemysłu 4.0.

Transformacja Przemysłu 4.0 nie jest procesem jednorazowym, lecz długofalową zmianą wymagającą ciągłego doskonalenia, dlatego niezbędne jest rozwijanie strategii, które pozwolą łączyć innowacyjność z odpowiedzialnością społeczną i ekologiczną. W tym kontekście włoskie doświadczenia mogą nadal stanowić inspirację dla polskich producentów żywności, udowadniając, że nowoczesne technologie mogą iść w parze z tradycją, jakością i zrównoważonym rozwojem.

Literatura

1. Bastos, A., De Andrade, M. L. S. C., Yoshino, R. T., & Santos, M. M. D. (2021). Industry 4.0 readiness assessment method based on RAMI 4.0 standards. *IEEE Access*, 9, 119778-119799. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3105456>
2. Culot, G., Fattori, F., Podrecca, M., & Sartor, M. (2019). Addressing Industry 4.0 cybersecurity challenges. *IEEE Engineering Management Review*, 47(3), 79-86. <https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2927559>
3. Czvetkó, T., Kummer, A., Ruppert, T., & Abonyi, J. (2022). Data-driven business process management-based development of Industry 4.0 solutions. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 36, 117-132. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.12.002>
4. Da Silva, V. L., Kovalski, J. L., Pagani, R. N., Silva, J. D. M., & Corsi, A. (2020). Implementation of Industry 4.0 concept in companies: Empirical evidences. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(4), 325-342. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1699258>

5. Euractiv. (2024). *Europejski przemysł tworzyw sztucznych walczy o przetrwanie. Strategiczna autonomia UE pod znakiem zapytania*. <https://euractiv.pl/section/energia-i-srodowisko/news/europejski-przemysl-tworzyw-sztucznych-walczy-o-przetrwanie-strategiczna-autonomia-ue-pod-znakiem-zapytania/> (dostęp: 26.12.2025).
6. Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Vilkas, M., Grybauskas, A., & Amran, A. (2022). Drivers and barriers of industry 4.0 technology adoption among manufacturing SMEs: a systematic review and transformation roadmap. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(6), 1029-1058. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2021-0505>
7. GUS. (2025). *Nakłady i wyniki przemysłu w 2024 r.* Główny Urząd Statystyczny. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/przemysl-budownictwo-srodk-trwale/przemysl/naklady-i-wyniki-przemyslu-w-2024-r-4,57.html>
8. Hall, R., Schumacher, S., & Bildstein, A. (2022). Systematic analysis of Industrie 4.0 design principles. *Procedia CIRP*, 107, 440-445. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.005>
9. Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *Working Paper*, 01(2015).
10. Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*. Acatech – National Academy of Science and Engineering.
11. Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., Wuest, T., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. *Journal of Manufacturing Systems*, 65, 279-295. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.017>
12. Ozkan-Ozen, Y. D., Kazancoglu, Y., & Mangla, S. K. (2020). Synchronized barriers for circular supply chains in industry 3.5/industry 4.0 transition for sustainable resource management. *Resources, Conservation and Recycling*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104986>
13. SIEMENS. (2024). *Digi Index. Poziom digitalizacji produkcji w Polsce – średnie i duże firmy*. SIEMENS. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:8c1bad4e-7cd2-49ab-a143-2c6f2703a493/Siemens-Digi-Index-2024-raport.pdf>
14. Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 192-204. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.006>
15. Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
16. Zhou, K., Liu, T., & Liang, L. (2016). From cyberphysical systems to industry 4.0: Make future manufacturing become possible. *International Journal of Manufacturing Research*, 11(2), 167-188. <https://doi.org/10.1504/IJMR.2016.078251>

ROZDZIAŁ 10

SPORT 4.0 – MIĘDZY ALGORYTMAMI A HEURYSTYKĄ ZASTOSOWANIA AI

Wojciech Cieśliński, Przemysław Zubik

Akademia Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu
Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu

Wprowadzenie

Funkcjonowanie licznych organizacji oraz wielu dziedzin życia opiera się na przetwarzaniu danych, operacjach na zbiorach i cyfryzacji. Organizacje muszą nadążać za tymi zmianami, aby pozostać na rynku. Podmioty muszą zaś wprowadzać nowoczesne narzędzia cyfrowe w celu generowania wartości dla interesariuszy, którzy tego oczekują.

W niniejszej pracy analizie poddano wybrane organizacje sportowe, m.in. KSW, FEN, UFC, Międzynarodową Federację Boksu, Międzynarodową Federację Aikido, PZPN, UEFA, NBA, Premier League, Bundesligę, La Liga, Serie A, Ligue 1 (Kloc i in., 2020; Zubik, 2024) oraz związki sportowe: AZS (Akademicki Związek Sportowy), e-AZS (Cieśliński i in., 2018). Dobór organizacji sportowych do badań opierał się głównie na ich rozmiarze i strukturze organizacyjnej (im większe, tym lepiej), pełnej rozpiętości działalności (czyli te działające w różnych dyscyplinach i na różnych poziomach), dostępności jak największej ilości danych, również tych dostępnych publicznie, działających w obszarze cyfrowym i wyrażających chęć uczestniczenia w badaniach.

Badania ankietowe zostały przeprowadzone na grupie obejmującej 120 respondentów reprezentujących pracowników różnych organizacji sportowych, którzy zajmowali stanowiska ekspertów. W grupie badanej kobiety stanowiły 61,7%, a mężczyźni 38,3% (Cieśliński i in., 2019). Kolejną grupę stanowiło 150 respondentów reprezentujących Klub Sportowy AZS AWF Wrocław (Cieśliński i in., 2018).

Analiza danych statystycznych opierała się na zebraniu danych metodami bezpośrednimi bądź przez wypełnienie ankiety za pośrednictwem narzędzia Formularze Google. Odpowiedzi zostały poddane analizie w celu obliczenia częstości występowania danych odpowiedzi oraz rozkładu wyników w danej kategorii. W analizie jakościowej wykorzystano wywiad częściowo ustrukturyzowany oraz odpowiedzi otwarte w formularzach w celu zrozumienia powodów wprowadzenia bądź nieprowadzenia poszczególnych nowoczesnych rozwiązań.

Wprowadzenie nowoczesnych narzędzi cyfrowych powoduje generowanie nowych mechanizmów organizacyjnych, takich jak: strumieniowanie przepływów wartości,

grywalizacja, konwersja zasobów, konwergencja procesów i infrastruktury. Mechanizmy te polegają na pozyskiwaniu i kognitywnym przetwarzaniu danych lub zbiorów wiedzy. Skutkiem tego jest generowanie nowej wartości, wdrażanie nowych funkcjonalności i efektywniejsze świadczenie usług. Można więc sformułować następujące pytania badawcze:

- Jakie nowe funkcjonalności mogą wygenerować narzędzia cyfrowe stosowane w organizacji?
- W jakim zakresie ewolucjonizm poznawczy opisuje, wyjaśnia i generuje nową teorię ugruntowaną – wskazującą na konieczność wielopoziomowej i wielokryterialnej analizy nowych funkcjonalności tworzonych z pomocą nowych narzędzi cyfrowych?
- W jakim zakresie nowoczesne narzędzia cyfrowe generują nowe funkcjonalności?
- Czy organizację cyfrową można opisać poprzez jej wygenerowane nowe funkcjonalności?
- Jaki jest poziom saturacji narzędzi cyfrowych w organizacji?
- Jaki jest poziom dojrzałości cyfrowej organizacji?

W czasach intensywnego rozwoju kompetencji cyfrowych należy skupić się na poszukiwaniu takich narzędzi organizacyjnych, które zdalnie i przy jak największym stopniu samodzielności realizują najważniejsze funkcje zarządzania. Głównym narzędziem jest mechanizm strumieniowego przepływu wartości, który może stanowić kluczowy czynnik sukcesu współczesnych organizacji i jest możliwy do wdrożenia. Jak zostało wcześniej wspomniane, głównymi wartościami organizacji są dane, informacje i wiedza. Ich pozyskiwanie, przetwarzanie i dyfuzja to główne funkcje organizacji cyfrowej, które powinny opanować przedsiębiorstwa. Należą do nich:

- strumieniowanie przepływów wartości: strumieniowe pozyskiwanie danych, przetwarzanie informacji, dyfuzja wiedzy;
- konwergencja procesów biznesowych: realnych, cyfrowych, mediowych;
- konwergencja infrastruktury organizacji: hardware, software, humanware (Bazewicz & Collen, 1995, s. 33);
- konwersja zasobów: analogowych, cyfrowych do pięciu gwiazdek, mediowych WCAG 2.0;
- saturacja narzędzi cyfrowych: pozyskiwania danych, przetwarzania informacji, dyfuzji wiedzy.

Rola technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT) w zarządzaniu organizacjami sportowymi

Badania przeprowadzone przez autorów pozwalają na wskazanie, że organizacje nie są gotowe na wychwycenie wartości pochodzących z implementacji narzędzi cyfrowych. Organizacje funkcjonują w trzech równoległych rzeczywistościach: realnej, cyfrowej i mediowej (Cieśliński i in., 2017a). Brak konwergencji procesów pomiędzy nimi powoduje, że rozwój organizacji jest ograniczony.

Zastosowanie nowoczesnych narzędzi w zarządzaniu klubami sportowymi generuje nowe funkcjonalności (Cieśliński & Głowicki, 2017; Cieśliński i in., 2014):

- Zarządzanie danymi i analiza: zdalne diagnozowanie zawodnika; planowanie cykli treningowych online; gromadzenie danych o zawodnikach, kibicach, wynikach sportowych i finansach; analiza wydajności zawodników, taktyki drużyny lub zachowań kibiców; tworzenie raportów i prognoz na podstawie dużych zbiorów danych (Big Data).
- Komunikacja i marketing cyfrowy: platformy społecznościowe i aplikacje mobilne umożliwiające szybki kontakt z fanami; personalizacja treści marketingowych i ofert dla różnych grup odbiorców; prowadzenie kampanii promocyjnych w czasie rzeczywistym.
- Zarządzanie operacyjne i logistyczne: planowanie treningów, harmonogramów zawodów i rezerwacji obiektów sportowych; automatyzacja procesów administracyjnych, np. rejestracji zawodników i sprzedaży biletów; monitorowanie stanu sprzętu i infrastruktury sportowej.
- Interakcja z kibicami i doświadczenie fanów: aplikacje i platformy do transmisji na żywo, VR/AR, grywalizacja doświadczeń; systemy lojalnościowe i programy nagród dla aktywnych fanów; możliwość udziału w ankietach, głosowaniach czy quizach online.
- Wspomaganie decyzji i strategii rozwojowe: narzędzia do symulacji scenariuszy sportowych i biznesowych; wsparcie w podejmowaniu decyzji strategicznych; identyfikacja nowych trendów.

Ponadto zastosowanie jednej z najnowocześniejszych funkcji narzędzi cyfrowych, czyli rozszerzonej rzeczywistości (AR), umożliwia generowanie nowej wartości przez przeplatanie ze sobą przestrzeni realnej, cyfrowej i mediowej oraz ich rozszerzanie. Badania nad mediatyzacją usług sportowych (Zubik, 2024) wskazują, że cyfrowe narzędzia, w tym przypadku Internet i media społecznościowe, generują nową wartość (mediową).

W projekcie wdrożeniowym autora (Cieśliński) w zakresie cyfryzacji zasobów naukowych uczelni wyższych wskazano, że ważnym kierunkiem rozwoju przedsiębiorstwa jest konwersja zasobów z danych analogowych na cyfrowe. Drugim z priorytetowych kierunków jest konwergencja zasobów przedsiębiorstwa, m.in. procesów realnych, cyfrowych z mediowymi i infrastruktury. Badania nad ARA udowadniają, że organizacje, które nie wprowadziły narzędzi cyfrowych, nie są w stanie pomóc ludziom starszym w aktywności fizycznej (Cieśliński i in., 2017b).

Nie istnieje wyraźna korelacja między nowoczesnymi narzędziami cyfrowymi a sposobem ich implementacji w cyfrowym przedsiębiorstwie (Cieśliński & Gębczyńska, 2011). Technologiczny rozwój przedsiębiorstwa będzie możliwy dopiero wtedy, kiedy te narzędzia pozwolą organizacji wygenerować nowe funkcjonalności, a organizacja będzie wiedziała jak je wykorzystać. Badania w zakresie saturacji i dojrzałości cyfrowej organizacji (Cieśliński i in., 2019; Kloc i in., 2020) udowadniają, że przedsiębiorstwa ewoluują, a jednym z katalizatorów ewolucji są nowe narzędzia cyfrowe, takie jak: BD, BI, AI, AR, AV, LoT. Problemem jest to, że nawet

jeśli organizacja będzie wiedziała, do czego służą te narzędzia, nie znaczy to, że będzie potrafiła je wykorzystać – np. Big Data do automatycznego przetwarzania dużych zbiorów danych lub AI do automatyzacji zadań bądź czynności.

Zasadniczym aspektem podjętych przez autora badań jest wskazanie na konieczność wprowadzenia nowego funkcjonalizmu w organizacji umożliwiającego jej procesowanie i sieciowanie, a w konsekwencji cyfryzację kreującą nową jakość w postaci strumieniowego przepływu wartości (Cieśliński & Gębczyńska, 2011). Wynikiem obrania tej drogi jest transformacja cyfrowa tworząca przedsiębiorstwo o cechach i funkcjonalnościach, które opierają się na przetwarzaniu danych. W celu wyjaśnienia procesów transformacji cyfrowej metodologicznie stosuje się badania jakościowe – opisujące zjawisko transformacji cyfrowej – i badania ilościowe – dotyczące poziomu saturacji narzędzi cyfrowych w organizacji. Zakłada się, że transformacja organizacji przebiega od organizacji tradycyjnej, przez sieci organizacyjne, po organizację cyfrową. Narzędzia cyfrowe pozwalają na automatyzację zbierania danych i ich dalszego przetwarzania. Przetworzone dane stają się podstawą do opracowywania strategii, optymalizacji procesów i monitorowania efektywności działań organizacyjnych. Nowoczesne narzędzia cyfrowe pełnią funkcję koordynacyjną i organizacyjną. Systemy informatyczne umożliwiają synchronizację działań w ramach organizacji, ułatwiając przepływ informacji pomiędzy różnymi jednostkami i działami.

Wpływ cyfrowych narzędzi na efektywność operacyjną i doświadczenia interesariuszy

Cyfrowe narzędzia pełnią kluczową rolę w optymalizacji procesów operacyjnych w organizacjach sportowych. W ujęciu teoretycznym efektywność operacyjną można rozumieć jako zdolność organizacji do osiągania wyznaczonych celów przy minimalnym wykorzystaniu zasobów i jednoczesnym zachowaniu jakości usług i produktów. Automatyzacja, będąca jednym z fundamentów cyfrowej transformacji, pozwala zredukować czas potrzebny na wykonanie procesów administracyjnych i operacyjnych. W praktyce oznacza to skrócenie cykli decyzyjnych, zwiększenie precyzji działań oraz ograniczenie ryzyka błędów wynikających z manualnego przetwarzania informacji.

Patrząc przez pryzmat teorii systemów, organizacja funkcjonuje jako sieć powiązanych procesów i informacji. Włączenie narzędzi cyfrowych w struktury operacyjne pozwala na automatyzację przepływów informacyjnych. W efekcie następuje zwiększenie szybkości przetwarzania danych i integralności organizacyjnej. W kontekście interesariuszy doświadczenie to definiowane jest jako suma interakcji jednostki z organizacją obejmująca percepcję wartości, satysfakcję i poziom zaangażowania. Teoretycznie cyfrowe narzędzia umożliwiają modelowanie i kształtowanie interakcji w sposób bardziej systematyczny i kontrolowany, co wpływa na zwiększenie efektywności komunikacji i koordynacji działań.

Nowoczesne narzędzia cyfrowe umożliwiają gromadzenie danych dotyczących percepcji interesariuszy, co sprzyja dynamicznej adaptacji procesów organizacyjnych oraz optymalizacji wartości dostarczanej uczestnikom systemu. Takie podejście pozwala na zwiększenie efektywności operacyjnej nie tylko w wymiarze technicznym, ale również w wymiarze strategicznym. W ujęciu teoretycznym cyfrowe narzędzia stanowią mechanizm integrujący procesy operacyjne i doświadczenia interesariuszy, wzmacniają zdolność jednostki do adaptacji do zmieniającego się otoczenia. Ich funkcja obejmuje również kształtowanie struktury, przepływów informacyjnych oraz ram decyzyjnych organizacji. Wprowadzenie narzędzi cyfrowych traktowane jest jako interwencja strukturalna, fundamentalna. Z perspektywy teorii systemów cyfrowe narzędzia pełnią funkcję mechanizmów regulacyjnych i synchronizacyjnych – łączą ze sobą wiele różnych działań, zadań i procesów, czyli posiadają wiele powiązań.

Według cybernetyki cyfrowe narzędzia funkcjonują jako kanały kontrolne pozwalające na adaptację przepływów danych poprzez analizę procesów. Mechanizm ten umożliwia dynamiczną autoregulację systemu. System staje się zdolny do optymalizacji swoich funkcji w wymiarze strukturalnym (struktura organizacji i powiązania).

Przykładem wpływu wdrożenia nowoczesnych narzędzi cyfrowych mogą być wyniki badań zastosowania technologii rozszerzonej rzeczywistości w doskonaleniu treningu sportowego w judo czy digitalizacji zasobów naukowych uczelni wyższych. Wprowadzenie mobilnej platformy e-AZS jako narzędzia zarządzania procesami biznesowymi w klubie sportowym AZS AWF Wrocław spowodowało (Cieśliński i in., 2018):

- zmniejszenie czasu rejestracji zawodników i czasu sprzedaży biletów o 30%;
- zwiększenie szybkości przekazu informacji między zawodnikami, trenerami i innymi użytkownikami platformy o 45%;
- zwiększenie liczby uczestników wydarzeń sportowych o 20%.

Wdrożenie platformy e-AZS zostało ocenione jako korzystne przez 96,7% respondentów. System e-AZS pozwolił na lepsze monitorowanie wyników sportowych, planowanie treningów i personalizację obsługi zawodników i kibiców, a automatyzacja procesów pozwoliła na skrócenie czasu decyzji o 30%. Ponadto zgodnie z odpowiedziami udzielonymi podczas wywiadów (Cieśliński i in., 2019):

- 92% respondentów uznało, że dane gromadzone cyfrowo są bardziej rzetelne i łatwiejsze w analizie,
- 93% respondentów oceniło inwestycje w ICT jako opłacalne.

Wyzwania i perspektywy rozwoju cyfrowej transformacji w sporcie

Transformacja cyfrowa, rozumiana w ujęciu teoretycznym jako proces systematycznej integracji technologii cyfrowych z funkcjonowaniem systemu organizacyjnego, przyjmuje formę adaptacji struktur, procesów i interakcji pod kątem możliwości cyfrowych.

Wyzwania związane z cyfrową transformacją mają charakter strukturalno-procesowy oraz poznawczo-percepcyjny. Strukturalnie i procesowo obejmują konieczność adaptacji istniejących modeli organizacyjnych, procesów oraz mechanizmów do nowych warunków cyfrowych. System musi wykształcić zdolności integracyjne pozwalające na połączenie tradycyjnych funkcji z cyfrowymi możliwościami analitycznymi. Zgodnie z teorią systemów proces ten jest definiowany jako dynamiczne przekształcenie elementów systemu w sposób umożliwiający optymalizację przepływów informacji, komunikacji i koordynacji.

W wymiarze poznawczo-percepcyjnym ważna jest konsolidacja doświadczeń jednostek wchodzących w interakcję z systemem w sposób umożliwiający efektywne przyswajanie informacji i podejmowanie decyzji. Transformacja cyfrowa wiąże się z koniecznością określenia aktualnego stanu technologicznego, co pozwala identyfikować zarówno wyzwania, jak i kierunki rozwoju. Elementem tego procesu jest diagnoza saturacji narzędzi cyfrowych w organizacji. Umożliwia ona ocenę stopnia wykorzystania dostępnych rozwiązań technologicznych. Uzupełnieniem jest diagnoza dojrzałości cyfrowej organizacji, która określa poziom integracji narzędzi cyfrowych z procesami operacyjnymi. Dążenie do opracowania zdalnego, interaktywnego narzędzia do diagnozy cyfrowej dojrzałości organizacji stanowi istotny krok w kierunku systematyzacji i ustandaryzowania procesów ewaluacyjnych. Wprowadzanie nowych technologii wymaga identyfikacji priorytetów, które przyniosą największe korzyści. Konieczne jest więc projektowanie rozwiązań, które będą intuicyjne i dostępne.

Kolejnym wyzwaniem jest bezpieczeństwo. Cyfrowa transformacja generuje ogromne ilości danych, pojawia się więc konieczność ich ochrony, co wymaga tworzenia polityk bezpieczeństwa i przestrzegania regulacji prawnych. Perspektywy rozwoju cyfrowej transformacji obejmują tworzenie innowacyjnych modeli współpracy między podmiotami sportowymi oraz partnerami technologicznymi. Technologie stają się także narzędziami do budowania przewagi konkurencyjnej, ponieważ pozwalają szybciej reagować na zmiany i dostosowywać się do potrzeb odbiorców.

Wśród największych wyzwań stojących przed organizacjami można wymienić brak gotowości do wdrożenia nowoczesnych narzędzi cyfrowych lub brak wiedzy, jak te narzędzia wykorzystać. Podmioty funkcjonują w trzech wymiarach, z których każdy działa osobno. Badania wskazują na problemy z konwersją zasobów analogowych na cyfrowe. Zebrane dane są mocno subiektywne i mogą nie odzwierciedlać rzeczywistości, jednocześnie uczestnicy mogą mieć tendencje do nadmiernie pozytywnej oceny ICT lub odpowiadania zgodnie z oczekiwaniami autora. Ograniczony wybór organizacji do badań może wpłynąć na cały sektor sportowy przez nieprawidłowe uogólnienie wyników, zaś wyniki badań mogą być inne w sektorze organizacji o niskim stopniu cyfryzacji. Narzędzia ICT natomiast mogą okazać się niekompatybilne z obecną infrastrukturą.

Integracja ICT wiąże się z koniecznością zbierania i ochrony dużej ilości danych wrażliwych. Głównymi ograniczeniami w tym przypadku są: niska jakość danych, opór przed wdrożeniem funkcjonalności, wysoki koszt wdrożenia, złożoność systemów.

Podsumowanie

Transformacja cyfrowa w sporcie, określana jako Sport 4.0, integruje technologie informatyczne, AI i zaawansowane algorytmy w zarządzaniu organizacjami sportowymi. Cyfrowa transformacja organizacji sportowych wiąże się z koniecznością systematycznej diagnozy ich dojrzałości cyfrowej, oceny jakości stosowanych narzędzi oraz mechanizmów dyfuzji wiedzy. Wnioski płynące z diagnozy umożliwiają tworzenie nowych modeli zarządzania organizacją cyfrową. Diagnoza obejmuje następujące działania oraz aspekty funkcjonowania organizacji:

- ocenę saturacji narzędzi cyfrowych w organizacji oraz dojrzałości cyfrowej organizacji,
- przeprowadzenie wywiadów w zakresie stosowanych narzędzi,
- ocenę jakości i funkcjonalności narzędzi cyfrowych w organizacji,
- organizacyjne modelowanie cyfrowej transformacji,
- rozpoznanie źródeł pozyskiwania danych oraz sposobów ich przetwarzania,
- identyfikacja sposobów dyfuzji wiedzy w organizacji.

Efektami pracy nad cyfrowym rozwojem nowoczesnych organizacji są:

- zdefiniowanie założeń do ugruntowanej teorii ewolucjonizmu poznawczego organizacji,
- ocena wpływu dojrzałości cyfrowej na rozwój nowych funkcjonalności w organizacji,
- opracowanie zdalnego (interaktywnego) narzędzia diagnozy cyfrowej dojrzałości organizacji,
- ocena wpływu cyfrowej dojrzałości organizacji na jakość i efektywność funkcjonowania,
- opracowanie narzędzi badawczych do oceny poziomu cyfrowej dojrzałości organizacji.

Cyfrowa transformacja staje się czynnikiem strategicznym. Jest procesem adaptacyjnym, który łączy teoretyczne modele zarządzania z praktycznymi rozwiązaniami technologicznymi. Stanowi fundament, na którym podejście algorytmiczne i heurystyczne przekształca klasyczny, analogowy model funkcjonowania organizacji w wymiar cyfrowy.

Literatura

1. Cieśliński, W. (2018). Cyfryzacja przestrzeni organizacyjnej – w kierunku streamingu. *Ekonomiczne Problemy Usług*, 2/2018(131), 1, 79-90.
2. Cieśliński, W., & Gębczyńska, A. (2011). Procesowa orientacja przedsiębiorstw (POP). *Problemy Jakości*, 43(2), 33-37.
3. Cieśliński, W., Głowicki, P., Idzikowski, W., & Perechuda, I. (2018). Cyfrowa transformacja przestrzeni organizacyjnej sportu. *Informatyka Ekonomiczna*, 3(49), 38-49. <https://doi.org/10.15611/ie.2018.3.04>

4. Cieśliński, W., Idzikowski, W., Perechuda, I., & Głowicki, P. (2017a). IT space organization – process orientation. W P. Cabała & M. Tyrańska (red.), *Zarządzanie organizacjami w społeczeństwie informacyjnym. Innowacje, projekty, proces* (s. 121-129). Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemysle „ORGMASZ”, Warszawa.
5. Cieśliński, W., Nosek, W., & Perechuda, I. (2017b). Aktywność sportowo-adaptacyjna osób starszych – założenia teoretyczne modelu (SROI). W E. Bolach & A. Kawczyński (red.), *Adaptacyjna aktywność fizyczna: monografia* (s. 92-103). Agencja Usługowo-Handlowa AGIW.
6. Cieśliński, W., Piepiora, P., & Witkowski, K. (2019). Models of digitization of organizational space in sport. *Journal of Education, Health and Sport*, 9(11), 128-136. <https://doi.org/10.12775/JEHS.2019.09.11.010>
7. Cieśliński, W., Witkowski, K., Migasiewicz, J., Rokita, A., Perechuda, K., & Chomiak-Orsa, I. (2014). E-AZS platform model – The concept of application of information and communications technology in sports enterprises. *Informatyka Ekonomiczna*, 4(34), 9-15.
8. Christodimitropoulou, M., Choustoulakis, E., & Antonopoulou, P. (2025). Digital transformation in sports management: Technologies, trends, and strategic implications. *European Journal of Management and Marketing Studies*, 10(2), 135-152. <https://doi.org/10.46827/ejmms.v10i2.2031>
9. Jędrzejczyk, W., & Żyła, M. (2023). Koncepcja zwinności w zarządzaniu organizacjami sportowymi uczestniczącymi w profesjonalnym współzawodnictwie sportowym w odpowiedzi na zmiany w otoczeniu – realia polskie. *Przegląd Organizacji*, 3(998), 108-121. <https://doi.org/10.33141/po.2023.03.11>
10. Kloc, M., Tomanek, M., & Cieśliński, W. (2020). Social media and the value of contracts based on the example of the NBA. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*, 20(SI-5), 3063-3069. <https://doi.org/10.7752/jpes.2020.s5416>
11. Obi, O. C., Dawodu, S. O., Onwusinkwue, S., Osasona, F., Atadoga, A., & Darojimba, A. I. (2023). Data science in sports analytics: A review of performance optimization and fan engagement. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 2663-2670. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0370>
12. Perechuda, I., Cieśliński, W., & Nosek, W. (2018). Strumieniowanie przepływów wartości w przestrzeni organizacyjnej – w kierunku transformacji cyfrowej. W M. Budzanowska-Drzewiecka & K. Czernek (red.), *Kierunki ewolucji nauk o zarządzaniu* (s. 89-105). Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
13. Pietrzyk, A. (2024). Zarządzanie szansą w kontekście cyfryzacji klubowego dziedzictwa sportowego na przykładzie piłki nożnej oraz hokeja na lodzie. *Prace Naukowe / Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach*, 2024, 114-127.
14. Ruoff, M., & Wagner, M. (2024). Assessing the Implementation of Digital Transformation Strategies in the German Sport Industry: An Expert Study. W *Proceedings of the 27th GeNeMe Conference*. GeNeMe. https://kpsquared.org/wp-content/uploads/2024/11/Ruoff-and-Wagner-2024-Assessing-the-Implementation-of-Digital-Transformation-Strategies-in-the-German-Sports-Industry-An-Expert-Study_web.pdf
15. Sielużycki, C., Maśliński, J., Kaczmarczyk, P., Kubacki, R., Cieśliński, W., & Witkowski, K. (2019). Can Kinect aid motor learning in sportsmen? A study for three standing techniques in judo. *PLoS ONE*, 14(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210260>
16. Zubik, P. (2024). *Mediatyzacja a monetyzacja na przykładzie usług sportowych*, praca magisterska, AWF Wrocław.

Część III

ZARZĄDZANIE I ORGANIZACJA W ERZE AI

ROZDZIAŁ 11

MODEL BIZNESOWY DLA ZŁOŻONYCH USŁUG SIECIOWYCH Z ZASTOSOWANIEM METOD OPTYMALIZACJI WIELOKRYTERIALNEJ

Maksymilian Iwanow, Helena Dudycz

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

Usługa sieciowa (*Web Service*) to programowa implementacja funkcjonalności udostępnianej w Internecie (Kreger, 2001). Stanowi samoopisujący się, autonomiczny moduł zapewniający określony rodzaj funkcjonalności w Internecie (Papazoglou, 2007). Moduł ten jest niezależny od konfiguracji sprzętowej lub programowej użytkownika, a implementacja zapewnia działanie na zasadzie czarnej skrzynki – usługa reaguje na dane wejściowe użytkownika i zwraca określony wynik (Fensel & Busler, 2002). Usługa sieciowa stanowi kluczowy element systemów informatycznych umożliwiający wymianę danych oraz integrację różnorodnych aplikacji w środowiskach rozproszonych (Papazoglou, 2007). Umożliwia również komunikację między systemami niezależnie od platformy, języka programowania czy lokalizacji geograficznej (Erl, 2005). Dzięki zastosowaniu otwartych standardów, takich jak HTTP, XML, JSON czy protokoły SOAP i REST, usługi sieciowe stanowią fundament dla architektury zorientowanej na usługi (SOA). Ogromna i stale rosnąca liczba podobnych komponentów usług sieciowych dostępnych w Internecie sprawia, że konkurencja na rynku staje się coraz większa. Według dostawców usług jednym z wielu kluczowych czynników sukcesu biznesowego jest właściwe zarządzanie jakością usług (Hao i in., 2012). Jednak aby zapewnić usługi na wysokim poziomie, nadal konieczne jest znalezienie konsensusu między sprzecznymi metrykami (Li i in., 2010) mającymi na nią wpływ, np. między ceną, czasem reakcji a dostępnością (Ruiz & Rubira, 2016).

Model biznesowy usług sieciowych najczęściej składa się tylko z trzech elementów: zleceniodawcy usługi, dostawcy tej usługi oraz katalogu usług (Leymann i in., 2002; Moran i in., 2004). Na ogół nie odzwierciedla on jednak skomplikowanych, składających się z wielu usług rozwiązań o jednej funkcjonalności. Celem niniejszego rozdziału jest omówienie propozycji modelu biznesowego złożonych usług sieciowych (*Web Services*) z uwzględnieniem wymagań niefunkcjonalnych (tj. jakościowych) oraz metod optymalizacji wielokryterialnych.

Model biznesowy usług sieciowych

Według Wiśniewskiego i Raczyńskiej (2019) istnieje wiele definicji modelu biznesu, które autorzy starali się usystematyzować. Może to być zwarty i wzajemnie wzmacniający się zespół zorientowany na klienta. Z drugiej strony, można go zdefiniować jako powiązaną z klientem kompozycję kluczowych strategii, zasobów i łańcuchów wartości (Feller i in., 2006; Sako & Zylberberg, 2017). Model biznesowy to również połączenie strategii, taktyk i działań operacyjnych, które są kluczem do sukcesu w określonej grupie przedsiębiorstw w danym czasie. Ciągła ewolucja Internetu i jego rosnący wpływ na gospodarkę jest katalizatorem dla wcześniej ugruntowanych ról i modeli biznesowych. Internet ma istotny wpływ na sposób, w jaki organizacje tworzą wartość poprzez model biznesowy usług sieciowych – sposób, w jaki usługa jest napisana i dostarczana, jest korzyścią dla użytkowników i firm (Wielki, 2012). W tych warunkach naturalne jest pojawianie się nowych, innowacyjnych form organizacji i reguł biznesowych.

Pojęcie modelu biznesowego nie jest spójne w odniesieniu do obszaru usług sieciowych. Według Timmersa (1998) modele biznesowe handlu elektronicznego odnoszą się generalnie do trzech głównych aspektów:

- Jaka jest architektura produktu (np. usługi sieciowej), jaki jest przepływ informacji oraz jacy są uczestnicy i jakie role pełnią w danym środowisku.
- Jakie są potencjalne korzyści dla tych podmiotów biznesowych.
- Jakie są źródła przychodów dla jednostki biznesowej (np. dostawcy usług sieciowych).

W publikacji Haakera i in. (2017) stwierdzono, że przedsiębiorstwa muszą radzić sobie z ciągle zmieniającym się otoczeniem, zwłaszcza jeśli działają w ekosystemie technologii cyfrowych. Innowacje w modelu biznesowym są kluczem do radzenia sobie z niestabilnymi wymaganiami klientów i niepewnością otoczenia.

Najpopularniejszy model biznesowy usług sieciowych (rys. 11.1) składa się z trzech aktorów (Leymann i in., 2002; Moran i in., 2004; Verma & Srivastava, 2014):

- zleceniodawca usługi (*Service Requester*) – korzysta z rejestru usług w celu znalezienia odpowiedniej usługi (tj. usługi spełniającej określone wymagania);
- dostawca usługi (*Service Provider*) – oferuje usługi, wprowadzając odpowiednie informacje do rejestru usług;
- katalog usług (*Service Directory*) – miejsce, w którym przechowywane są wszystkie informacje o wszystkich dostępnych usługach.

Dustdar i Treiber (2005) proponują model (rys. 11.2), w którym *Service Broker* (broker usług) jest interfejsem dla bazy danych *Service Registry* (rejestr usług). Wszyscy uczestnicy pełnią różne funkcje i role, czerpiąc tym samym korzyści. Żądający usługi sieciowej poszukuje rozwiązania, które spełnia jego wymagania funkcjonalne i niefunkcjonalne.

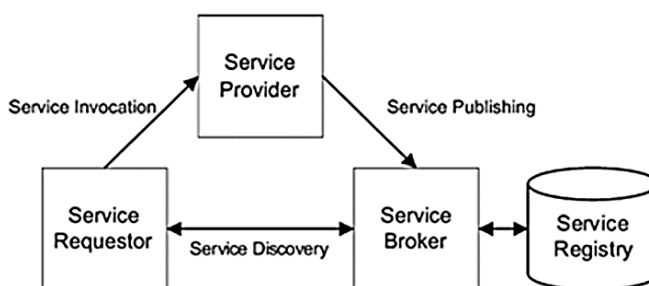
Dostawcy usług sieciowych mogą uzyskiwać korzyści finansowe w następujący sposób:

- Usługa sieciowa jest bezpłatna dla wszystkich klientów, zarówno prywatnych, jak i komercyjnych. Przychody dostawcy opierają się na reklamach umieszczanych w interfejsach aplikacji (Tatsubori, 2009).
- Usługa sieciowa jest płatna. Dla użytkowników prywatnych może to być stała cena za każde żądanie, a dla większych firm subskrypcja bez ograniczonej liczby żądań (Baravkar i in., 2024).
- Usługa sieciowa jest zlecana na zewnątrz tylko jednemu klientowi/firmie. Nie jest dostępna w rejestrze publicznym, a jedynie u prywatnego brokera usług firmowych. Przychody są ściśle związane z umową biznesową między konsumentem a dostawcą (Chou & Lee, 2010).



Rysunek 11.1. Rozpowzechniony model biznesowy usługi sieciowej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Leymann i in., 2002)



Rysunek 11.2. Model biznesowy usługi internetowej brokera usług

Źródło: (Dustdar & Treiber, 2005)

Zidentyfikowana luka badawcza dotyczy złożonych usług sieciowych rozumianych jako usługi tworzone poprzez łączenie lub wywoływanie wielu mniejszych, wyspecjalizowanych komponentów. W praktyce oznacza to sytuację, w której konsument zgłasza zapotrzebowanie na funkcjonalność, której dostawca nie jest w stanie

dostarczyć wprost, ponieważ jej realizacja wymaga zbudowania dodatkowej logiki integrującej wewnętrzne elementy systemu z komponentami pochodzącymi od zewnętrznych dostawców.

W tym kontekście pojawia się kluczowe pytanie: jaką rolę powinien pełnić usługobiorca? Czy powinien on posiadać szczegółową wiedzę na temat dostępnych funkcjonalności i samodzielnie wyszukiwać je w rejestrach usług? Czy też – co wydaje się podejściem bardziej naturalnym – wystarczające powinno być jedynie zdefiniowanie oczekiwanego rezultatu biznesowego przy jednoczesnym przeniesieniu odpowiedzialności za techniczną kompozycję usług na dostawcę? Z drugiej strony nasuwa się również pytanie o zakres publicznej dostępności funkcjonalności po stronie usługodawcy. W wielu przypadkach poszczególne funkcje nie mogą być wykorzystywane w oderwaniu od innych komponentów lub bez dostępu do danych, które nie są udostępniane klientom. Dodatkowo, jeśli część funkcjonalności jest licencjonowana od zewnętrznych podmiotów, ich publiczne wystawienie może być ograniczone zapisami umownymi. Rozważania te prowadzą do szerszego zagadnienia: czym w istocie jest odkrywanie usług we współczesnym ekosystemie sieciowym i jaką rolę powinno ono pełnić w przypadku usług złożonych.

Drugim istotnym zidentyfikowanym problemem jest brak mechanizmów uwzględniających jakość usług (*Quality of Service*, QoS), które mogłyby realnie zwiększać konkurencyjność tego typu systemów. Obecne podejścia do zarządzania koncentrują się przede wszystkim na pojedynczych usługach, umowach SLA (*Service Level Agreement*) oraz odseparowanych metrykach wydajności. W rezultacie powstaje wyraźna luka w zarządzaniu jakością usług złożonych, które łączą komponenty wewnętrzne z rozwiązaniami dostarczonymi przez podmioty trzecie. Nawet najbardziej zaawansowana implementacja nie spełni swojej roli, jeśli będzie podatna na awarie, zacznie generować częste błędy HTTP lub nie będzie w stanie sprostać wymaganiom aplikacji działających w czasie rzeczywistym.

Metodyka realizacji badania

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury oraz analizy rzeczywistych studiów przypadku realizacji usług sieciowych stwierdzono brak modeli biznesowych uwzględniających złożone usługi sieciowe i ich cechy jakościowe.

Badanie składało się z sześciu etapów:

1. Wybór cech jakościowych usług sieciowych istotnych dla różnych grup klientów biznesowych oraz analiza relacji między nimi. Przeprowadzenie systematycznego przeglądu literatury, zdefiniowanie najważniejszych cech jakościowych w różnych grupach docelowych (opisano szerzej m.in. w: Iwanow, 2025).
2. Sformułowanie wymagań dotyczących różnych usług sieciowych dla różnych grup klientów biznesowych. Przeprowadzenie analizy literatury pod kątem podmiotów gospodarczych korzystających z komponentów sieciowych i ich wymagań oraz przypadków użycia usług sieciowych wśród różnych grup docelowych (Iwanow i in., 2022).

3. Opracowanie algorytmów i narzędzi niezbędnych do przeprowadzenia eksperymentów obliczeniowych związanych z optymalizacją wielokryterialną (opisano szerzej w: Iwanow, 2025).
4. Realizacja eksperymentów optymalizacji wielokryterialnej: wdrożenie środowiska kompozycji usług i wybranych algorytmów, przygotowanie i optymalizacja biznesowych przypadków użycia w kontekście wybranych metryk jakości usług (opisano szerzej w: Iwanow, 2025).
5. Opracowanie modelu biznesowego bazującego na trafnych i przydatnych metodach dynamicznej kompozycji usług sieciowych wykorzystujących wybrane wskaźniki jakości usług (*Quality of Service*) oraz algorytmy optymalizacji wielokryterialnej.
6. Walidacja modelu biznesowego dla kompozycji usług sieciowych z uwzględnieniem parametrów jakości usług.

Podstawowym założeniem przeprowadzonych eksperymentów było stworzenie kompletnego rozwiązania poprzez wywołanie czterech usług sieciowych różnych typów i ich optymalizację pod kątem dwóch lub trzech parametrów jakości (opisanych szerzej w: Iwanow, 2025). Eksperymenty dotyczyły różnych rzeczywistych sytuacji biznesowych, w których brało udział kilka podmiotów. Zastosowano cztery algorytmy optymalizacji wielokryterialnej, tj. NSGA-II, NSGA-III, MOEA/D oraz SPEA2. Głównym wnioskiem z przeprowadzonych eksperymentów jest to, że zarówno algorytmy NSGA-II, jak i NSGA-III generowały dokładnie te same rozwiązania (a zatem te same indeksy *Hypervolume*) dla wszystkich siedmiu testowanych przypadków biznesowych. Oba algorytmy obsługujące większą liczbę usług i/lub parametrów jakościowych zachowywały się w inny, nieprecyzyjny sposób – wszystkie rozwiązania zostały tutaj po prostu zduplikowane. Metody obejmowały sto procent rozwiązań optymalnych w sensie Pareto we wszystkich siedmiu scenariuszach. Algorytm MOEA/D lub SPEA2 ani razu nie wygenerował rozwiązania, które zdominowałoby jakiegokolwiek rozwiązanie algorytmów rodziny NSGA. Ponieważ NSGA-III jest następcą NSGA-II (i jest bardziej kosztowny pod względem wydajności), oczywiste wydaje się wykorzystanie poprzedniej, drugiej wersji algorytmu w tych rozważaniach. Pozostałe dwa algorytmy, tj. MOEA/D oraz SPEA2, w zależności od wybranych parametrów jakości można zastosować do optymalizacji realizacji usług sieciowych. Ten etap badania potwierdził zasadność biznesową zastosowania metod wielokryterialnych do optymalizacji złożonych usług sieciowych, ale także wskazał na konieczność redefinicji modelu biznesowego. Powszechna realizacja usługi sieciowej według podejścia opisanego w literaturze (Leymann i in., 2002) oraz zaadaptowanego w praktyce nie jest rozwiązaniem dobrym dla podmiotów zarówno dostarczających różnego rodzaju usługi, jak i korzystających z nich.

W dalszej części tego rozdziału omówiona zostanie propozycja modelu biznesowego dla złożonych usług sieciowych oraz przykładowy scenariusz ilustrujący jego działanie.

Propozycja modelu biznesowego dla złożonych usług sieciowych

Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzonych eksperymentów optymalizacji wielokryterialnej usług sieciowych (opisanych szerzej w: Iwanow, 2025) opracowano koncepcję modelu biznesowego dla złożonych usług sieciowych. Przyjęto założenie, że model ten ma uwzględnić następujące zagadnienia:

- niejednoznaczne rozumienie ról konsumenta i dostawcy podczas żądania usługi;
- tworzenie i dostarczanie bardziej zaawansowanych rozwiązań;
- wyjaśnienie, którzy gracze i aktorzy odpowiadają za konkretne działania;
- opisy działań na poziomie adaptacyjnym usprawniające implementację komponentów sieciowych w odniesieniu do przyjętych (istotnych) w danym momencie cech jakościowych.

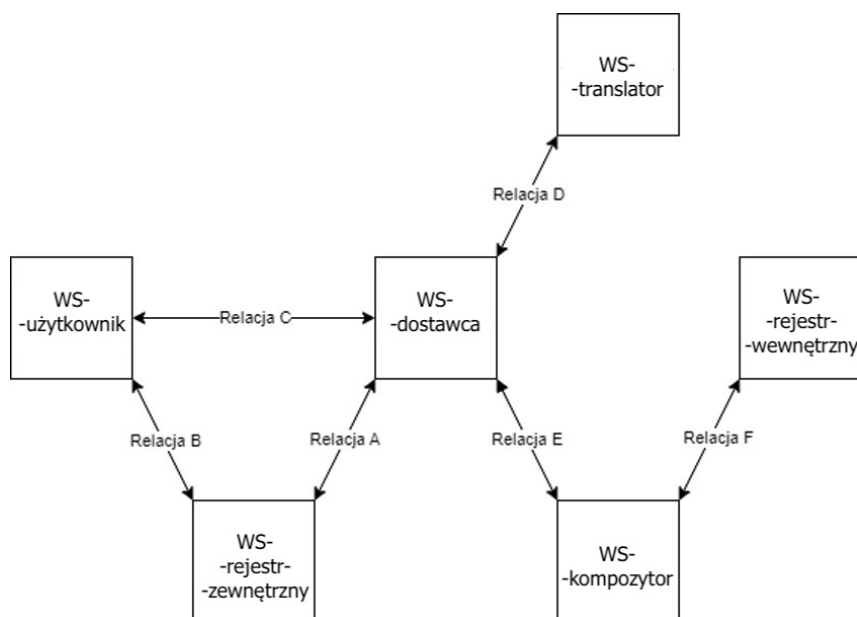
Proponowany model biznesowy dla złożonych usług sieciowych (rys. 11.3) składa się z sześciu komponentów:

1. Zewnętrzny rejestr usług sieciowych (*Web Service External Registry*: WS-rejestr-zewnętrzny): komponent, w którym gromadzone są informacje o wszystkich dostępnych usługach dla zewnętrznych konsumentów (tj. usługach publicznych).
2. Dostawca usług sieciowych (*Web Service Provider*: WS-dostawca): komponent, który świadczy swoje usługi w katalogu WS-external-registry.
3. Zleceniodawca usługi sieciowej (*Web Service Requestor*: WS-użytkownik): komponent używający zewnętrznego rejestru usług sieciowych (WS-rejestr-zewnętrzny) w celu uzyskania informacji o usłudze spełniającej jego wymagania, oferowanej przez dostawcę usług sieciowych (WS-dostawca).
4. Translator usług sieciowych (*Web Service Translator*: WS-translator): komponent dostępny tylko dla dostawcy WS; zapewnia tłumaczenie funkcjonalności na tablicę typów usług i niezbędnych parametrów QoS dla usługi złożonej.
5. Kompozytor usług sieciowych (*Web Service Composer*: WS-kompozytor): komponent dostępny tylko dla dostawcy WS; zapewnia optymalizację kompozycji dla złożonej, żądanej usługi. Dostawca może świadczyć usługę dla rejestru zewnętrznego WS, dzięki czemu kompozytor WS może wybrać różne metody przeprowadzenia jej kompozycji.
6. Wewnętrzny rejestr usług sieciowych (*Web Service Internal Registry*: WS-rejestr-wewnętrzny): komponent dostępny tylko dla kompozytora usług sieciowych; miejsce, w którym gromadzone są informacje o wszystkich dostępnych usługach dla wewnętrznego podmiotu (tj. kompozytora).

Modelowym komponentom przypisano relacje między sobą, aby dokonać konkretnego wyboru złożonej usługi, która spełnia wymagania funkcjonalne i niefunkcjonalne (rys. 11.3):

- Relacja A: WS-dostawca dostarcza ofertę kompozycji usług złożonych do WS-rejestr-zewnętrzny. Otrzymuje z rejestru informację o pomyślnym zapisaniu oferty.

- Relacja B: WS-użytkownik wyszukuje konkretną usługę złożoną w WS-rejestr-zewnętrzny. Otrzymuje informacje o WS-dostawca, który zapewnia realizację tej usługi.
- Relacja C: WS-użytkownik żąda od WS-dostawca określonej usługi złożonej. Otrzymuje pomyślnie przetworzoną odpowiedź na podstawie danych wejściowych od WS-dostawca.
- Relacja D: WS-dostawca żąda od WS-translator wyjaśnienia określonej złożonej usługi potrzebnej WS-użytkownik. Otrzymuje odpowiedź, która określa, jakie typy podusługi powinny zostać wywołane i jakie parametry QoS są niezbędne w przypadku tej złożonej usługi.
- Relacja E: WS-dostawca zamawia kompozycję określonej złożonej usługi, potrzebnej WS-użytkownik, przekładając ją na typy usług i niezbędne parametry QoS dla WS-kompozytor. Otrzymuje przetworzoną odpowiedź na podstawie danych dostarczonych przez WS-użytkownik.
- Relacja F: WS-kompozytor, tworzy złożoną usługę przy zastosowaniu dynamicznych metod wielokryterialnych. Wyszukuje podusługi w WS-rejestr-wewnętrzny, który zapewnia kompozytorowi potrzebne podusługi do realizacji całej złożonej usługi sieciowej wymaganej przez WS-użytkownik.



Rysunek 11.3. Propozycja modelu biznesowego złożonych usług sieciowych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Iwanow, 2025, s. 132)

W następnym podrozdziale zostanie omówiony scenariusz działania modelu biznesowego dla złożonych usług sieciowych.

Walidacja działania modelu biznesowego dla złożonych usług sieciowych

Do walidacji modelu biznesowego dla złożonych usług sieciowych opracowano następujący scenariusz:

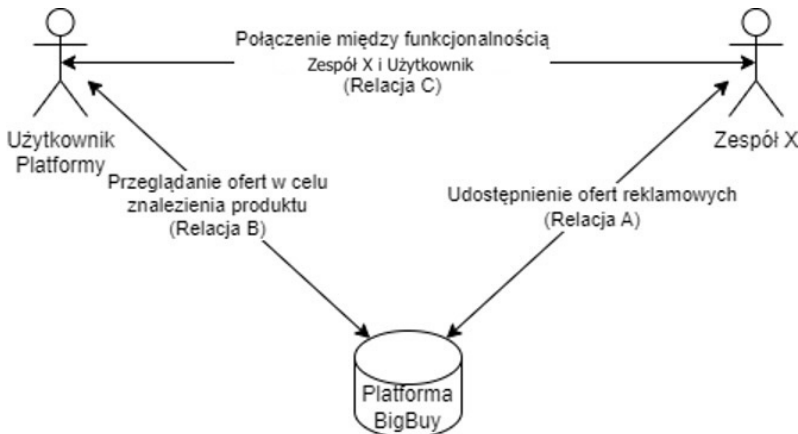
1. Użytkownik (Użytkownik Platformy) na platformie sprzedażowej (Platforma BigBuy) znajduje reklamowany (przez Zespół X) produkt.
2. Użytkownik bierze kredyt z ratami 0% i od razu kupuje ten produkt.
3. Użytkownik dostaje powiadomienie SMS o zakupionej rzeczy.

W tym scenariuszu usługa sieciowa jest złożona z następujących podusług:

- usługa pożyczkowa (*loan*),
- usługa zakupowa (*purchase*),
- usługa telekomunikacyjna/telefoniczna (*telecom*),
- usługa reklamy (*advert*).

Kluczowymi wymaganiami niefunkcjonalnymi (tj. parametrami jakościowymi) są: czas reakcji (*response time*) oraz dostępność (*availability*).

Na rysunku 11.4 przedstawiono powiązania między Użytkownik Platformy, Platforma BigBuy oraz Zespół X w modelu biznesowym dla złożonych usług sieciowych.



Rysunek 11.4. Powiązania między Użytkownik Platformy, Platforma BigBuy i Zespół X w modelu biznesowym dla złożonych usług sieciowych

Źródło: Opracowanie własne

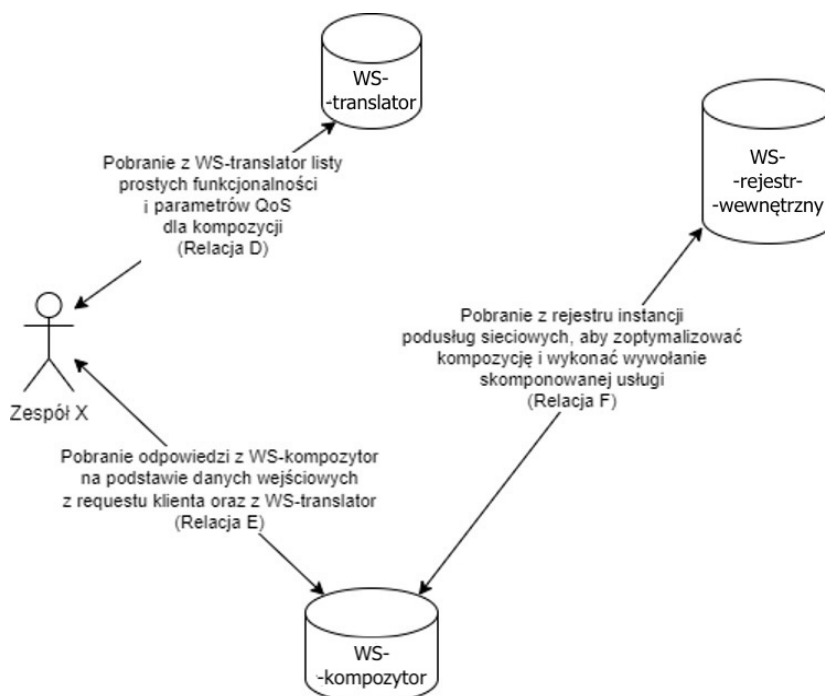
Na rysunku 11.5 zilustrowano powiązania między WS-translator, Zespół X, WS-kompozytor i WS-rejestr-zewnętrzny w modelu biznesowym dla złożonych usług. W tym scenariuszu przykładowe żądanie dotyczące realizacji usługi złożonej przedstawiono na rysunku 11.6, gdzie:

- „loanId” oznacza identyfikator pożyczki;
- „itemId” oznacza identyfikator produktu, który kupił użytkownik platformy;
- „advertId” oznacza identyfikator reklamy zakupionego produktu;

- „phoneNumber” oznacza numer telefonu użytkownika platformy, który kupił reklamowany produkt w celu wysłania SMS.

Realizacja złożonej usługi sieciowej jest przeprowadzona z zastosowaniem metod wielokryterialnych. Na rysunku 11.7 przedstawiono odpowiedź na żądanie wykonania tej usługi.

Odpowiedź otrzymana od systemu dotycząca przeprowadzenia złożonej usługi sieciowej potwierdza, że cała operacja zakończyła się prawidłowo (zostały wykonane cztery podusługi) z uwzględnieniem istotnych dla tej operacji wymagań niefunkcjonalnych (kryteriów optymalizacji) jednego z podmiotów tego modelu biznesowego (tzn. Użytkownik Platformy), tj. czas reakcji oraz dostępność.



Rysunek 11.5. Powiązania między WS-translator, Zespół X, WS-kompozytor i WS-rejestr-zewnętrzny w modelu biznesowym dla złożonych usług sieciowych

Źródło: Opracowanie własne

```
{
  "loanId": "163819",
  "itemId": "926251",
  "advertId": "82765",
  "phoneNumber": "001122333"
}
```

Rysunek 11.6. Przykład żądania realizacji określonej złożonej usługi sieciowej

Źródło: Opracowanie własne

```
{  
  "confirmStatus": true  
}
```

Rysunek 11.7. Odpowiedź potwierdzająca, że zrealizowano żadaną złożoną usługę sieciową

Źródło: Opracowanie własne

Podsumowanie

W niniejszym rozdziale omówiono propozycję modelu biznesowego dla złożonych usług sieciowych uwzględniającego niefunkcjonalne wymagania dotyczące cech jakościowych realizacji podusług oraz zilustrowano jego działanie. Powstał on na podstawie krytyki funkcjonującego powszechnie trójelementowego modelu biznesowego (Leymann i in., 2002), który nie odzwierciedla potrzeb wszystkich podmiotów biorących udział w realizacji coraz bardziej złożonych usług sieciowych. Przeprowadzone eksperymenty z użyciem optymalizacyjnych metod wielokryterialnych na rzeczywistych przypadkach biznesowych uwypukliły konieczność rozszerzenia tradycyjnego modelu biznesowego o trzy dodatkowe komponenty. Obok zleceniodawcy usługi (użytkownik), dostawcy i katalogu usług (zewnętrzny rejestr usług) są trzy dodatkowe: translator usług sieciowych, kompozytor usług sieciowych oraz wewnętrzny rejestr usług sieciowych.

Podstawą opracowania działania modelu biznesowego dla złożonych usług sieciowych, uwzględniającego także wymagania niefunkcjonalne, były przeprowadzone eksperymenty. Uwzględniały one różne oczekiwania jakościowe dotyczące realizacji tych usług oraz były przeprowadzone dla różnorodnych zidentyfikowanych sytuacji biznesowych. W realizacji tych eksperymentów przyjęto ograniczenia. Po pierwsze – zastosowano dynamiczne metody wielokryterialne i nie uwzględniono kompozycji statycznej dla różnych przypadków biznesowych. Po drugie – wykorzystano wyłącznie metody ewolucyjne, a zatem należałoby przetestować także metody skalaryzacji, które nie dość, że nie działałyby gorzej, to wręcz mogłyby działać znacznie wydajniej. Po trzecie – nie uwzględniono miary wydajności algorytmów. Jeśli czas reakcji usługi jest miarą istotną, to należałoby rozważyć również dodanie czasu wykonania kompozytora usług sieciowych (tj. algorytmu optymalizującego złożoność). Przykładowo: jeśli algorytm A1 generuje nieco lepsze rozwiązanie niż algorytm A2, ale jego czas wykonania jest czterokrotnie dłuższy, to wtedy pojawia się problem – jak powinien zachowywać się kompozytor usług sieciowych? Wymaga to kontynuacji badania i przeprowadzenia kolejnych eksperymentów z zastosowaniem optymalizacji działania procesu realizacji złożonej usługi sieciowej: statycznych metod wielokryterialnych oraz metod skalaryzacji.

Literatura

1. Baravkar, S., Pellegrini, O., Gaikwad, P., Tilevich, E., & Song, Z. (2024). How Can I Be of Service? – A Comprehensive Analysis of Web Service Integration Practices. W *2024 IEEE International Conference on Web Services (ICWS)* (s. 1206-1216). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICWS62655.2024.00144>
2. Chou, N., & Lee, M. (2010). Outsourcing Business to cloud computing with communication services. W *Annual Conference of KIPS* (s. 146-147). <https://doi.org/10.3745/PKIPS.y2010m11a.146>
3. Dustdar, S., & Treiber, M. (2005). A view based analysis on Web Service registries. *Distributed and Parallel Databases*, 18(2), 147-171. <https://doi.org/10.1007/s10619-005-2460-y>
4. Erl, T. (2005). *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*. Prentice Hall PTR.
5. Feller, A., Shunk, D., & Callarman, T. (2006). Value Chains Versus Supply Chains. *BPT Trends*, March 2006.
6. Fensel, D., & Bussler, C. (2002). The Web Service modeling framework WSMF. *Electronic Commerce Research and Applications*, 1(2), 113-137. [https://doi.org/10.1016/S1567-4223\(02\)00015-7](https://doi.org/10.1016/S1567-4223(02)00015-7)
7. Haaker, T., Bouwman, H., Janssen, W., & de Reuver, M. (2017). Business model stress testing: A practical approach to test the robustness of a business model. *Futures*, 89, 14-25. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.04.003>
8. Hao, Y., Zhang, Y., & Cao, J. (2012). A novel QoS model and computation framework in Web Service selection. *World Wide Web*, 15, 663-684. <https://doi.org/10.1007/s11280-012-0157-5>
9. Iwanow, M. (2025). *Optimization of Web Services composition in the context of quality requirements defined by business entities*, praca doktorska. Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu.
10. Iwanow, M., Dudycz, H., & Michalak, K. (2022). Required quality of service attributes in the context of various types of web services. *Annals of Computer Science and Information Systems*, 32, 261-267. <https://doi.org/10.15439/2022F104>
11. Kreger, H. (2001). *Web services conceptual architecture (WSCA 1.0)*. IBM Software Group.
12. Leymann, F., Roller, D., & Schmidt, M.-T. (2002). Web services and business process management. *IBM Systems Journal*, 41(2). <https://doi.org/10.1147/sj.412.0198>
13. Li, L., Cheng, P., Ou, L., & Zhang, Z. (2010). Applying multi-objective evolutionary algorithms to QoS-aware Web Service composition. W L. Cao, J. Zhong & Y. Feng (Eds.), *Advanced Data Mining and Applications* (s. 270-281). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-17313-4_27
14. Moran, M., Zaremba, M., Mocan, A., & Bussler, C. (2004). *Using WSMX to bind requester & provider at runtime when executing semantic Web Services*. <https://ceur-ws.org/Vol-113/paper4.pdf>
15. Papazoglou, M. P. (2007). *Web Services: Principles and Technology*. Pearson Prentice Hall.
16. Ruiz, J. Z., & Rubira, C. M. (2016). Quality of service conflict during Web Service monitoring: A case study. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 321, 113-127. <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2016.02.007>
17. Sako, M., & Zylberberg, E. (2017). Supplier strategy in global value chains: Shaping governance and profiting from upgrading. *Socio-Economic Review*, 17(3), 687-707. <https://doi.org/10.1093/ser/mwx049>
18. Tatsubori, M. (2009). *Towards an Advertising Business Model for Web Service Mashups*. <https://www.ra.ethz.ch/CDstore/www2009/integrator.net/mem2009/papers/paper13.pdf>

-
19. Timmers, P. (1998). Business Models for Electronic Markets. *Electronic Markets*, 8(2), 3-8. <https://doi.org/10.1080/10196789800000016>
 20. Verma, R., & Srivastava, A. (2014). A novel Web Service directory framework for mobile environments. W *2014 IEEE International Conference on Web Services* (s. 614-621). <https://doi.org/10.1109/ICWS.2014.91>
 21. Wielki, J. (2012). *Modele wpływu przestrzeni elektronicznej na organizacje gospodarcze*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
 22. Wiśniewski, A. K., & Raczyńska, M. (2019). Strategia a model biznesu. W M. Zastempowski, W. Glabiszewski & K. Liczmańska-Kopcewicz (red.), *Współczesne zarządzanie. Przejawy, uwarunkowania i wyzwania. Tom 2* (s. 155-166). Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

ROZDZIAŁ 12

OUTSOURCING IT I JEGO KORZYŚCI DLA POLSKICH ORGANIZACJI – STUDIUM PRZYPADKU

Damian Kocot

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Katedra Informatyki Ekonomicznej

Wprowadzenie

Współczesne organizacje funkcjonują w warunkach nieustannych przemian technologicznych, rosnącej presji konkurencyjnej oraz konieczności ciągłego dostosowywania się do zmiennych wymagań otoczenia rynkowego (Turban i in., 2018). W takich realiach coraz większego znaczenia nabierają strategie umożliwiające racjonalne zarządzanie zasobami, optymalizację procesów oraz koncentrację na działalności kluczowej. Jedną z form wspierających realizację tych celów staje się outsourcing IT, który z perspektywy zarządczej oferuje szereg korzyści związanych z efektywnością operacyjną, dostępem do wiedzy eksperckiej oraz podnoszeniem zdolności organizacyjnych w zakresie innowacji i transformacji cyfrowej (Murphy, 2024). W dobie niedoboru specjalistów IT, postępującej cyfryzacji i wysokiej zmienności technologicznej powierzenie funkcji informatycznych wyspecjalizowanym podmiotom zewnętrznym staje się nie tylko rozwiązaniem praktycznym, ale wręcz strategiczną koniecznością dla wielu podmiotów gospodarczych. Istotność podjętego tematu wynika z potrzeby kompleksowego zrozumienia mechanizmów, uwarunkowań i skutków wynikających z implementacji outsourcingu IT, szczególnie w kontekście polskich organizacji, które coraz częściej sięgają po tego typu rozwiązania w celu zwiększenia swojej konkurencyjności. Przedmiotem rozdziału uczyniono zatem analizę outsourcingu IT jako narzędzia wspierającego rozwój przedsiębiorstw wraz z identyfikacją jego praktycznych korzyści, przesłanek zastosowania oraz studium przypadku ilustrującym efektywność tego podejścia.

Outsourcing w ujęciu definicyjnym

Outsourcing w ujęciu definicyjnym stanowi jedną z kluczowych strategii zarządzania, która zyskała na znaczeniu wraz z postępującą globalizacją, rosnącą konkurencją rynkową oraz koniecznością optymalizacji procesów biznesowych. Pojęcie to

odnosi się do trwałego lub długoterminowego przekazania określonych funkcji, procesów, zadań lub obszarów działalności przedsiębiorstwa podmiotom zewnętrznym, które dysponują odpowiednimi zasobami, kompetencjami i doświadczeniem w realizacji tych zadań. Kluczową cechą outsourcingu jest to, że odpowiedzialność operacyjna za wykonanie danego procesu przechodzi na zewnętrznego usługodawcę, natomiast odpowiedzialność strategiczna i nadzorcza pozostaje po stronie organizacji zlecającej (Constantinides, 2014).

W literaturze przedmiotu outsourcing definiowany jest na wiele sposobów – w zależności od kontekstu i perspektywy badawczej. Najczęściej podkreśla się, że jest to narzędzie umożliwiające przedsiębiorstwom skoncentrowanie się na ich podstawowej działalności (*core business*) poprzez eliminację lub ograniczenie funkcji wspomagających, które nie mają kluczowego znaczenia dla budowania przewagi konkurencyjnej. Przekazanie takich zadań podmiotom zewnętrznym pozwala nie tylko na obniżenie kosztów operacyjnych, ale również na podniesienie jakości i efektywności realizowanych usług dzięki wykorzystaniu specjalistycznej wiedzy i technologii dostawców (Lacity & Willcocks, 2013).

Outsourcing może przyjmować różne formy, zarówno w zakresie przedmiotu świadczenia usług, jak i charakteru relacji pomiędzy zleceniodawcą a wykonawcą. Do najczęściej spotykanych form należą outsourcing procesów produkcyjnych, informatycznych (*Information Technology Outsourcing*, ITO), zasobów ludzkich (*Human Resources Outsourcing*, HRO), logistyki, księgowości, obsługi klienta, a także szeroko rozumianych usług administracyjnych. W zależności od poziomu integracji oraz stopnia kontroli wyróżnia się outsourcing pełny (kompletny transfer funkcji) oraz selektywny (przekazanie wybranych zadań lub procesów) (Pandita & Singhal, 2017).

Współczesne podejście do outsourcingu wykracza poza tradycyjne postrzeganie go jako narzędzia służącego wyłącznie do redukcji kosztów. Coraz częściej traktowany jest jako element wspierający strategię rozwoju organizacji umożliwiający dostęp do innowacji, nowoczesnych technologii oraz wyspecjalizowanych zasobów ludzkich. W tym kontekście outsourcing przyczynia się do zwiększenia elastyczności, skrócenia czasu reakcji na zmieniające się warunki rynkowe oraz podniesienia zdolności adaptacyjnych przedsiębiorstwa, co bezpośrednio wspiera koncepcję zwinności organizacyjnej (Oshri i in., 2015).

Należy podkreślić, że skuteczna realizacja strategii outsourcingowej wymaga starannego planowania, odpowiedniego wyboru partnera biznesowego, a także opracowania precyzyjnych umów regulujących zakres obowiązków, poziom świadczonych usług oraz mechanizmy kontroli i oceny efektywności współpracy. Outsourcing niesie bowiem ze sobą nie tylko korzyści, ale również ryzyka, takie jak utrata kontroli nad kluczowymi procesami, uzależnienie od dostawcy zewnętrznego czy trudności w integracji działań zewnętrznych z wewnętrznymi procesami organizacyjnymi. W związku z tym jego wdrożenie powinno być poprzedzone dogłębną analizą strategiczną oraz ciągłym monitoringiem efektów (Ravichandran, 2018).

Przesłanki zastosowania outsourcingu IT we współczesnych przedsiębiorstwach

Jedną z kluczowych przesłanek podejmowania decyzji o wdrożeniu outsourcingu IT jest potrzeba zapewnienia ciągłości i bezpieczeństwa operacyjnego w obszarze technologii informacyjnych. W dobie powszechnego dostępu do usług cyfrowych oraz wzrostu zagrożeń związanych z cyberprzestępczością przedsiębiorstwa muszą nieustannie inwestować w rozwiązania zabezpieczające dane oraz systemy. Zewnętrzni dostawcy usług IT oferują wyspecjalizowane kompetencje w zakresie cyberbezpieczeństwa, zgodności z przepisami prawa (np. RODO, NIS2) oraz szybkiego reagowania na incydenty, co w wielu przypadkach przekracza możliwości kadrowe i finansowe mniejszych podmiotów (Qureshi, 2016).

Kolejnym istotnym czynnikiem sprzyjającym wykorzystaniu outsourcingu IT jest konieczność zwiększenia elastyczności operacyjnej i przyspieszenia tempa wdrażania innowacji technologicznych. Współczesne rynki wymagają od przedsiębiorstw zdolności szybkiego adaptowania się do nowych warunków i oczekiwań klientów, co wiąże się z potrzebą błyskawicznego implementowania nowych rozwiązań informatycznych, automatyzacji procesów czy migracji do chmury obliczeniowej. Współpraca z zewnętrznymi dostawcami usług IT pozwala na natychmiastowy dostęp do najnowszych technologii oraz zespołów projektowych, co skraca czas realizacji projektów i zmniejsza ryzyko niepowodzenia wdrożeń (Zhen i in., 2021).

Warto również wskazać na aspekt optymalizacji kosztów, jednak nie w kontekście ich prostego obniżania, lecz bardziej jako sposób na przewidywalność i kontrolę wydatków związanych z zarządzaniem środowiskiem IT. Przedsiębiorstwa decydujące się na outsourcing mają możliwość przejścia z modelu kosztów inwestycyjnych (CAPEX) na model operacyjny (OPEX), co zwiększa przejrzystość budżetową i umożliwia lepsze planowanie finansowe. Wysoka skalowalność usług outsourcingowych pozwala dodatkowo na dostosowywanie zakresu usług do zmieniających się potrzeb organizacji bez konieczności przeprowadzania kosztownych rekrutacji, szkoleń czy zakupów sprzętu (Yin i in., 2020).

Nie bez znaczenia pozostaje także dostęp do globalnych zasobów ludzkich oraz wiedzy eksperckiej (Oshri i in., 2007), co jest szczególnie ważne w sytuacji deficytu wykwalifikowanych specjalistów IT na lokalnych rynkach pracy. Outsourcing pozwala na nawiązanie współpracy z partnerami działającymi w różnych strefach czasowych, co przekłada się na możliwość realizacji projektów w trybie ciągłym (tzw. model *follow-the-sun*) oraz skrócenie czasu reakcji na potrzeby biznesowe. Współpraca z doświadczonymi partnerami technologicznymi umożliwia również transfer wiedzy do organizacji, co może sprzyjać podnoszeniu kompetencji własnych zespołów w dłuższej perspektywie (Uhl-Bien & Arena, 2017).

Wreszcie, nie można pominąć aspektu strategicznego polegającego na budowaniu zdolności organizacyjnej do koncentracji na rozwoju produktów, usług i modeli biznesowych przy jednoczesnym delegowaniu obsługi zaplecza technologicznego wyspecjalizowanym podmiotom. Outsourcing IT nie jest zatem wyłącznie techniczną

decyzją operacyjną, lecz elementem wspierającym budowę przewagi konkurencyjnej w gospodarce opartej na wiedzy i danych. Jego zastosowanie pozwala na zwiększenie responsywności organizacji, poprawę jakości świadczonych usług oraz lepsze dostosowanie do wyzwań cyfrowej rzeczywistości.

Korzyści dla przedsiębiorstw płynące z zastosowania outsourcingu IT

Zastosowanie outsourcingu IT przynosi przedsiębiorstwom szereg korzyści, które wykraczają poza aspekt czysto technologiczny i wpływają na ogólną efektywność zarządzania oraz realizację strategicznych celów organizacyjnych. Przede wszystkim umożliwia uzyskanie dostępu do usług o wysokim poziomie jakości, które są realizowane przez podmioty wyspecjalizowane dysponujące nowoczesnym zapleczem technologicznym oraz doświadczeniem w obsłudze złożonych projektów informatycznych. Dzięki temu możliwe staje się osiągnięcie poziomu profesjonalizacji, który byłby trudny do zrealizowania w ramach wewnętrznych struktur, zwłaszcza w przedsiębiorstwach o ograniczonych zasobach lub działających w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu (Murphy, 2024).

Korzyścią o charakterze strategicznym jest także zwiększenie przewidywalności operacyjnej. Powierzenie zadań związanych z utrzymaniem systemów informatycznych zewnętrznemu partnerowi pozwala na stabilizację procesów, ograniczenie ryzyka awarii oraz zapewnienie stałego dostępu do wsparcia technicznego. W rezultacie organizacja może skupić swoje wysiłki na rozwoju działalności podstawowej, mając jednocześnie pewność, że kluczowe dla jej funkcjonowania systemy są nadzorowane przez doświadczonych specjalistów zgodnie z ustalonymi standardami i harmonogramami.

Dzięki outsourcingowi IT możliwe staje się także podniesienie tempa realizacji projektów rozwojowych. Zewnętrzni dostawcy, posiadając rozbudowane zespoły projektowe i dostęp do sprawdzonych metodologii zarządzania projektami, są w stanie efektywnie wdrażać nowe rozwiązania, prowadzić modernizacje i reagować na pojawiające się potrzeby bez konieczności przeprowadzania długotrwałych rekrutacji czy reorganizacji wewnętrznych struktur. W ten sposób możliwe jest nie tylko skrócenie cyklu wdrożeniowego, ale także zachowanie ciągłości operacyjnej w trakcie transformacji technologicznych (Oshri i in., 2015).

Istotnym efektem wykorzystania outsourcingu IT jest również poprawa jakości zarządzania informacją i danymi, które stanowią dziś jeden z najcenniejszych zasobów każdej organizacji. Współpraca z partnerami dysponującymi zaawansowanymi narzędziami analitycznymi i systemami ochrony danych przekłada się na lepsze wykorzystanie potencjału informacyjnego przedsiębiorstwa, zwiększenie transparentności procesów decyzyjnych oraz skuteczniejsze reagowanie na zmienne potrzeby rynku. W kontekście rosnącej roli analityki danych oraz cyfrowych modeli biznesowych outsourcing staje się więc ważnym czynnikiem umożliwiającym transformację organizacyjną i rozwój nowych źródeł wartości (Murphy, 2024).

Kolejnym elementem, który można uznać za korzyść wynikającą z outsourcingu IT, jest możliwość łatwiejszego skalowania działalności w odpowiedzi na zmieniające się potrzeby rynkowe. Dzięki elastyczności umów outsourcingowych i dostępowi do zasobów na żądanie organizacja może szybko zwiększać lub zmniejszać zakres usług IT, dopasowując ich poziom do bieżących projektów, sezonowości działalności lub warunków ekonomicznych. Takie rozwiązanie pozwala na zachowanie wysokiej efektywności kosztowej oraz większą kontrolę nad alokacją zasobów (Raišienė i in., 2019).

Wreszcie outsourcing IT wspiera budowę nowoczesnej kultury organizacyjnej opartej na współpracy z partnerami zewnętrznymi, otwartości na innowacje oraz dynamicznym zarządzaniu zmianą. Dzięki wymianie doświadczeń, stałemu kontaktowi z nowinkami technologicznymi oraz uczestnictwu w ekosystemach biznesowo-technologicznych możliwe staje się poszerzanie horyzontów rozwojowych, co może przyczynić się do zwiększenia konkurencyjności i trwałego wzrostu wartości przedsiębiorstwa. Outsourcing nie pełni zatem wyłącznie roli operacyjnej, lecz staje się integralną częścią modelu zarządzania, który wpisuje się w logikę nowoczesnego, adaptacyjnego funkcjonowania organizacji w erze cyfrowej (Murphy, 2024).

Zastosowaną metodą badawczą było jakościowe studium przypadku. Jego celem była analiza praktycznych korzyści wynikających z zastosowania outsourcingu IT w polskiej organizacji. Zakres badania obejmował współpracę firmy Britenet z platformą Worktrips.com (w obszarze wsparcia procesów związanych z organizacją podróży służbowych). Wśród źródeł danych znalazły się materiały wtórne, w szczególności raporty i studia przypadków publikowane przez Britenet oraz Worktrips.com. Wykorzystano także ogólnodostępne informacje branżowe. Analiza danych przyjęła charakter opisowo-analityczny. Polegała na identyfikacji kluczowych efektów wdrożenia outsourcingu IT w wymiarze organizacyjnym i operacyjnym. Ograniczeniem zastosowanej metody jest brak dostępu do danych pierwotnych oraz koncentracja na pojedynczym przypadku, co nie pozwala na uogólnianie wyników, jednakże umożliwia pogłębione zrozumienie badanego zjawiska w konkretnym kontekście organizacyjnym.

Pomimo licznych korzyści outsourcing IT wiąże się również z określonymi zagrożeniami. Powinny one być uwzględniane na etapie podejmowania decyzji zarządczych. Do kluczowych ryzyk należy zaliczyć częściową utratę kontroli nad procesami informatycznymi wynikającą z przekazania odpowiedzialności operacyjnej podmiotowi zewnętrznemu. Istotnym zagrożeniem może być również uzależnienie organizacji od dostawcy usług IT, szczególnie w sytuacji długoterminowych kontraktów lub wysokiego stopnia specjalizacji stosowanych rozwiązań. Ponadto outsourcing może generować ryzyka związane z bezpieczeństwem danych, ciągłością świadczenia usług oraz trudnościami w egzekwowaniu jakości usług w przypadku niedostatecznie precyzyjnych umów SLA. Oznacza to, że skuteczna realizacja outsourcingu IT wymaga świadomego zarządzania ryzykiem poprzez odpowiednie mechanizmy nadzorcze, kontraktowe i organizacyjne.

Zjawisko outsourcingu IT znajduje szerokie zastosowanie w polskich przedsiębiorstwach, zarówno w sektorze prywatnym, jak i publicznym. Potwierdzają to wyniki krajowych analiz rynkowych i raportów branżowych. W Polsce outsourcing IT

jest wykorzystywany przede wszystkim jako narzędzie kompensujące niedobór wykwalifikowanych specjalistów. Umożliwia stabilizację kosztów oraz zapewnienie ciągłości funkcjonowania systemów informatycznych. Badania prowadzone wśród polskich organizacji wskazują, że decyzje outsourcingowe są najczęściej podejmowane w obszarach utrzymania infrastruktury IT, wsparcia użytkowników oraz usług chmurowych, przy jednoczesnym zachowaniu kontroli nad kluczowymi procesami strategicznymi. W tym kontekście zaprezentowane studium przypadku wpisuje się w dominujące na polskim rynku praktyki outsourcingowe. Wzmacnia też empiryczne osadzenie rozważań teoretycznych.

Współpraca firmy Britenet z platformą Worktrips.com – studium przypadku

W Polsce outsourcing IT odgrywa istotną rolę w strategiach biznesowych wielu przedsiębiorstw, umożliwiając im skoncentrowanie się na kluczowych kompetencjach, jednocześnie korzystając z zaawansowanych technologii i specjalistycznej wiedzy zewnętrznych dostawców. Przykładem skutecznego wdrożenia outsourcingu IT jest współpraca firmy Britenet z platformą Worktrips.com. Britenet, będąca liderem w dziedzinie usług IT w Polsce, zdecydowała się na optymalizację procesów związanych z podróżami służbowymi swoich pracowników poprzez zewnętrzne rozwiązania technologiczne (Worktrips.com, 2023b).

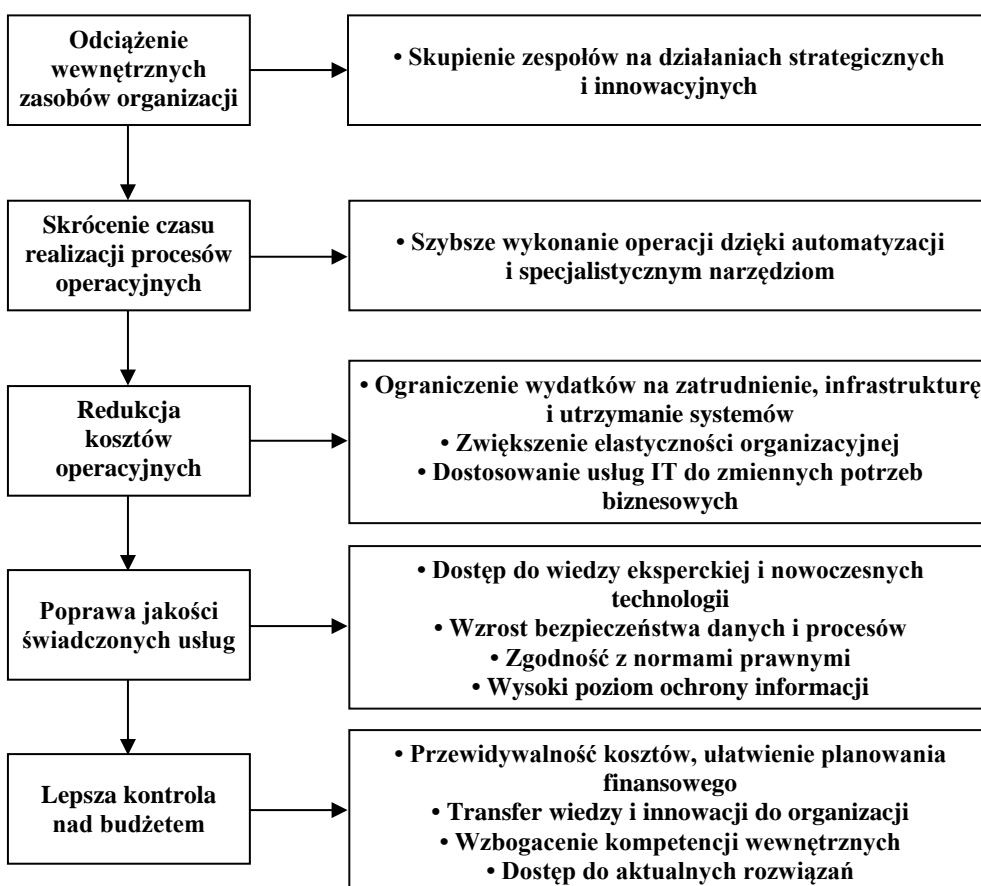
Wdrożenie platformy Worktrips.com pozwoliło na znaczące usprawnienie procesu rezerwacji podróży służbowych. Przed implementacją proces ten był czasochłonny i wymagał zaangażowania wielu osób, co generowało dodatkowe koszty i opóźnienia. Dzięki automatyzacji i centralizacji zarządzania podróżami czas potrzebny na dokonanie rezerwacji został skrócony do kilku minut, a średni koszt podróży wyniósł ok. 500 zł. W 2022 roku pracownicy Britenet odbyli łącznie 896 podróży służbowych, co świadczy o efektywności nowego systemu (Worktrips.com, 2023a).

Wprowadzenie platformy umożliwiło również lepszą kontrolę nad budżetem przeznaczonym na podróże służbowe oraz zapewniło wsparcie dla pracowników podczas ich wyjazdów. Dzięki temu, firma mogła skupić się na swojej podstawowej działalności, jednocześnie mając pewność, że procesy związane z organizacją podróży są realizowane sprawnie i efektywnie (Worktrips.com, 2023).

Przypadek Britenet pokazuje, jak outsourcing IT może przyczynić się do zwiększenia efektywności operacyjnej przedsiębiorstwa, redukcji kosztów oraz poprawy jakości usług wewnętrznych. Wykorzystanie zewnętrznych rozwiązań technologicznych pozwala firmom na elastyczne dostosowywanie się do zmieniających się warunków rynkowych i potrzeb biznesowych, co jest kluczowe w dynamicznym środowisku gospodarczym (Worktrips.com, 2023a).

Na podstawie przedstawionych rozważań skonstruowano autorski model zaprezentowany na rysunku 12.1, który ilustruje główne korzyści wynikające z zastosowania outsourcingu IT w polskich organizacjach. Model ten stanowi logiczne odwzorowanie wpływu delegowania funkcji informatycznych na efektywność operacyjną,

organizacyjną i strategiczną przedsiębiorstw. Ujęcie graficzne obrazuje zależności pomiędzy kluczowymi obszarami, takimi jak optymalizacja kosztów, poprawa jakości usług, wzrost elastyczności organizacyjnej, dostęp do specjalistycznej wiedzy oraz możliwość skalowania działalności zgodnie z potrzebami rynkowymi. Wskazane elementy pozostają ze sobą w ścisłej korelacji, tworząc zintegrowany system wspierający rozwój organizacji w warunkach zmienności i niepewności otoczenia. Model ukazuje outsourcing IT jako narzędzie sprzyjające wzrostowi konkurencyjności umożliwiające jednocześnie budowanie nowoczesnej, zorientowanej na innowacje struktury organizacyjnej. Szczególny nacisk położono na rolę partnerstwa z dostawcami zewnętrznymi jako źródła transferu wiedzy oraz katalizatora transformacji cyfrowej. Autorski model pełni funkcję syntetycznego podsumowania teoretycznych i empirycznych ustaleń zawartych w opracowaniu, stanowiąc punkt wyjścia do dalszych analiz efektywności implementacji outsourcingu IT w praktyce biznesowej.



Rysunek 12.1. Korzyści z zastosowania outsourcingu IT

Źródło: Opracowanie własne

Zaprezentowany model korzyści z zastosowania outsourcingu IT może być wykorzystywany jako narzędzie wspierające diagnozę i ocenę zasadności decyzji outsourcingowych w polskich przedsiębiorstwach. Model umożliwia identyfikację kluczowych obszarów wpływu outsourcingu. Do takich obszarów należy efektywność kosztowa, elastyczność organizacyjna, jakość usług IT oraz bezpieczeństwo operacyjne. Mogą być one oceniane na etapie analizy *ex ante* oraz *ex post*. W praktyce menadżerskiej poszczególne elementy modelu mogą zostać powiązane z mierzalnymi wskaźnikami (np. koszt obsługi IT, czas realizacji procesów, poziom dostępności systemów), co pozwala na porównanie stanu przed i po wdrożeniu outsourcingu. Tym samym model może pełnić funkcję ramy analitycznej wspierającej podejmowanie decyzji, monitorowanie efektów współpracy z dostawcą zewnętrznym oraz ograniczanie ryzyka nietrafnych wyborów outsourcingowych.

Wdrożenie platformy Worktrips.com w firmie Britenet przyniosło wymierne efekty mierzalne na poziomie kluczowych wskaźników efektywności (KPI). W porównaniu do okresu sprzed wdrożenia odnotowano skrócenie średniego czasu organizacji podróży służbowej z kilku dni do kilku minut. To niewątpliwie przełożyło się na wzrost efektywności operacyjnej działów administracyjnych. Jednocześnie poprawie uległa kontrola kosztów. Średni koszt pojedynczej podróży ustabilizował się na poziomie ok. 500 zł, a centralizacja procesu umożliwiła ograniczenie kosztów pośrednich związanych z obsługą rezerwacji. Z perspektywy ekonomicznej wdrożenie rozwiązania outsourcingowego charakteryzowało się dodatnim efektem ROI, co wynikało z redukcji nakładów pracy administracyjnej oraz eliminacji potrzeby utrzymywania dedykowanych zasobów wewnętrznych do obsługi procesu. Uzyskane rezultaty potwierdzają, że outsourcing IT może generować zarówno korzyści jakościowe, jak i mierzalne efekty ekonomiczne.

Podsumowanie

Z przeprowadzonych rozważań zawartych w rozdziale wynika, że outsourcing IT stanowi jedno z kluczowych narzędzi wspierających rozwój współczesnych polskich organizacji w warunkach dynamicznych zmian technologicznych i rosnących oczekiwań rynkowych. Przede wszystkim należy podkreślić, że jego rola wykracza daleko poza aspekt operacyjny – nie jest on już postrzegany wyłącznie jako sposób redukcji kosztów, lecz jako zintegrowany komponent strategii organizacyjnej umożliwiający budowanie przewagi konkurencyjnej, zwiększanie elastyczności oraz wzmacnianie zdolności adaptacyjnych. Outsourcing IT pozwala organizacjom koncentrować się na podstawowej działalności, przekazując złożone, wymagające specjalistycznej wiedzy obszary technologiczne partnerom zewnętrznym, którzy dysponują odpowiednim zapleczem eksperckim, technologicznym i organizacyjnym.

Rozważania teoretyczne oraz zaprezentowane studium przypadku jednoznacznie pokazują, że efektywne wdrożenie outsourcingu IT wiąże się z szeregiem wymiernych korzyści dla przedsiębiorstw. Do najistotniejszych należą: odciążenie zasobów

wewnętrznych, skrócenie czasu realizacji zadań, podniesienie jakości świadczonych usług, możliwość przewidywalnego planowania budżetu, a także dostęp do innowacji i najnowszych technologii. W kontekście studium przypadku Britenet, outsourcing procesów związanych z organizacją podróży służbowych przyczynił się do istotnej poprawy efektywności operacyjnej, zmniejszenia kosztów i skrócenia czasu obsługi. Analiza ta potwierdza, że nawet zadania niezwiązane bezpośrednio z działalnością informatyczną, lecz wymagające wsparcia systemów IT, mogą być skutecznie realizowane przez partnerów zewnętrznych, przynosząc korzyści całej organizacji.

Wnioski z analizy wskazują również, że zastosowanie outsourcingu IT sprzyja transformacji organizacyjnej poprzez wprowadzenie nowoczesnych form zarządzania opartych na zaufaniu, współpracy międzyorganizacyjnej i zorientowaniu na wartość dodaną. Outsourcing staje się czynnikiem wspierającym kulturę innowacyjności, otwartości na zmiany oraz gotowości do wprowadzania nowych modeli biznesowych. W efekcie organizacja, która decyduje się na powierzenie funkcji IT zewnętrznemu dostawcy, nie tylko usprawnia swoje procesy, ale również zwiększa swoją zdolność do konkurowania w cyfrowym otoczeniu.

Nie bez znaczenia pozostaje fakt, że outsourcing IT umożliwia polskim przedsiębiorstwom pokonanie barier związanych z niedoborem wykwalifikowanych specjalistów na rynku pracy. Dzięki współpracy z zewnętrznymi partnerami możliwe staje się nie tylko pozyskanie kompetencji trudnych do osiągnięcia wewnątrz, lecz także zapewnienie ciągłości działania w sytuacjach kryzysowych i w przypadkach nieprzewidywanych zakłóceń. To szczególnie istotne w kontekście zmienności otoczenia biznesowego, które wymaga nie tylko szybkiego reagowania, lecz także trwałego budowania odporności operacyjnej.

Podsumowując, outsourcing IT należy postrzegać jako nowoczesne i strategiczne narzędzie wspierające rozwój przedsiębiorstw, umożliwiające im nie tylko zwiększenie efektywności i redukcję kosztów, lecz także rozwijanie kompetencji, wdrażanie innowacji i umacnianie pozycji rynkowej. Przypadek Britenet potwierdza, że odpowiednio zaprojektowany i wdrożony model współpracy z partnerem zewnętrznym może przynieść wymierne rezultaty zarówno na poziomie operacyjnym, jak i strategicznym, stanowiąc inspirację dla innych organizacji rozważających zastosowanie tej formy zarządzania technologią.

Na podstawie przedstawionych wniosków zasadne jest sformułowanie rekomendacji dla przedsiębiorstw rozważających wdrożenie outsourcingu IT jako narzędzia wspierającego rozwój organizacyjny. W pierwszej kolejności należy uwzględnić konieczność strategicznego podejścia do decyzji o outsourcingu, traktując go nie jako rozwiązanie doraźne, lecz jako długoterminowy element modelu biznesowego. Istotne jest przeprowadzenie szczegółowej analizy potrzeb organizacyjnych, możliwości technologicznych oraz zasobów kadrowych, co pozwoli na precyzyjne określenie zakresu usług, które mogą zostać przekazane podmiotom zewnętrznym. Rekomenduje się wybór partnerów o ugruntowanej pozycji na rynku, posiadających doświadczenie branżowe oraz zdolność dostosowywania rozwiązań do specyfiki klienta.

Kluczowe pozostaje także uwzględnienie aspektów bezpieczeństwa informacji oraz zapewnienie zgodności z regulacjami prawnymi poprzez zawarcie odpowiednich umów SLA i mechanizmów kontroli jakości. Warto dążyć do budowania partnerskiej relacji z dostawcą opartej na wzajemnym zaufaniu, transparentności i wspólnym definiowaniu celów. Dobrą praktyką jest wdrożenie systemu monitorowania efektów outsourcingu, który pozwoli ocenić jego wpływ na efektywność operacyjną, innowacyjność i poziom obsługi wewnętrznej.

Zaleca się również, by outsourcing nie był traktowany jako zamiennik rozwoju wewnętrznych kompetencji, lecz jako środek wspierający ich uzupełnianie, rozwijanie i transfer do organizacji. Tylko takie podejście pozwala na pełne wykorzystanie potencjału outsourcingu IT w kontekście budowania przewagi konkurencyjnej, zwiększenia elastyczności działania oraz wdrażania nowoczesnych modeli funkcjonowania w cyfrowej gospodarce.

W procesie przygotowywania rozdziału korzystano z narzędzi AI ChatGPT (2025 r.) w celu wyszukiwania błędów stylistycznych, korekty stylistycznej i językowej, wstępnej selekcji literatury.

Literatura

1. Constantinides, E. (2014). Foundations of social media marketing. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 148, 40-57. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.016>
2. Cullen, S., Seddon, P., & Willcocks, L. (2005). Managing outsourcing: The life cycle imperative. *MIS Quarterly Executive*, 4(1), 229-246.
3. Danneels, E., & Kleinschmidt, E. J. (2016). Product innovativeness from the firm's perspective: Its dimensions and their relations with project selection and performance. *Journal of Product Innovation Management*, 18(6), 257-373. <https://doi.org/10.1111/1540-5885.1860357>
4. Felipe, C. M., Leidner, D. E., Roldán, J. L., & Leal-Rodríguez, A. L. (2020). Impact of IS capabilities on firm performance: The roles of organizational agility and industry technology intensity. *Decision Sciences*, 51(3), 575-619. <https://doi.org/10.1111/deci.12379>
5. Kern, T., Willcocks, L. P., & Van Heck, E. (2015). The impact of outsourcing on firm performance: The moderating role of organizational culture. *Journal of Management Information Systems*, 32(2), 317-355.
6. Krull, J. L., & Mackinnon, D. P. (2016). Multilevel modeling of individual and group level mediated effects. *Multivariate Behavioral Research*, 36(2), 249-277. https://doi.org/10.1207/S15327906MBR3602_06
7. Lacity, M. C., & Willcocks, L. P. (2013). The IT outsourcing bandwagon. *Sloan Management Review*, 54(3), 69-74.
8. Murphy, L. (2024). The influence of IT outsourcing on organizational success and innovation. *Future Business Journal*, 10(84). <https://doi.org/10.1186/s43093-024-00372-y>
9. Oshri, I., Kotlarsky, J., & Gerbasi, A. (2015). Strategic innovation through outsourcing: The role of relational and contractual governance. *Journal of Strategic Information Systems*, 24(3), 203-216. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2015.08.001>
10. Oshri, I., Kotlarsky, J., & Willcocks, L. P. (2007). Managing dispersed expertise in IT offshore outsourcing: Lessons from Tata Consultancy Services. *MIS Quarterly Executive*, 6(2).

11. Oshri, I., Kotlarsky, J., & Willcocks, L. P. (2015). *The Handbook of Global Outsourcing and Offshoring. 3rd edition*. Palgrave Macmillan.
12. Pandita, S., & Singhal, R. (2017). The influence of employee engagement on the work-life balance of employees in the IT sector. *IUP Journal of Organizational Behavior*, 16(1), 38-57.
13. Qureshi, S. (2016). Creating a better world with information and communication technologies: Health equity. *Information Technology for Development*, 22(1), 1-14. <https://doi.org/10.1080/02681102.2015.1121585>
14. Raišienė, A. G., Bilan, S., Smalskys, V., & Gečienė, J. (2019). Emerging changes in attitudes to inter-institutional collaboration: The case of organizations providing social services in communities. *Administratie si Management Public*, 33, 34-56. <https://doi.org/10.24818/amp/2019.33-03>
15. Ravichandran, T. (2018). Exploring the relationships between IT competence, innovation capacity and organizational agility. *The Journal of Strategic Information Systems*, 27(1), 22-42. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2017.07.002>
16. Turban, E., Outland, J., King, D., Lee, J. K., Liang, T. P., & Turban, D. C. (2018). *Electronic Commerce 2018: A managerial and social networks perspective*. Springer.
17. Uhl-Bien, M., & Arena, M. (2017). Complexity leadership: Enabling people and organizations for adaptability. *Organizational Dynamics*, 46(1), 9-20. <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2016.12.001>
18. Worktrips.com. (2023a). *Organizacja podróży służbowych*. <https://worktrips.com/dla-podroznych/>
19. Worktrips.com. (2023b). *Podróże służbowe jednego z liderów usług IT w Polsce*. <https://worktrips.com/case-studies/podroze-sluzbowe-jednego-z-liderow-uslug-it-w-polsce/>
20. Yin, J., Wei, S., Chen, X., & Wei, J. (2020). Does it pay to align a company's competitive strategy with its industry IT strategic role?. *Information and Management*, 57(8), <https://doi.org/10.1016/j.im.2020.103391>.
21. Zhen, J., Xie, Z., & Dong, K. (2021). Impact of IT governance mechanisms on organizational agility and the role of top management support and IT ambidexterity. *International Journal of Accounting Information Systems*, 40(C). <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2021.100501>

ROZDZIAŁ 13

INSOURCING SZTUCZNEJ INTELIGENCJI: KOSZTY, KOMPETENCJE I WYZWANIA ZGODNOŚCI (2024-2025)

Ilona Pawełoszek, Klaudia Smołąg, Edyta Kulej-Dudek

Politechnika Częstochowska
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

W ostatnich latach sztuczna inteligencja, a szczególnie modele generatywne, stały się jednym z kluczowych czynników transformacji biznesu. Według *The 2025 AI Index Report* przygotowanego przez Uniwersytet Stanforda nakłady publiczne na kontrakty związane ze sztuczną inteligencją w USA wzrosły z kilkudziesięciu mln dolarów amerykańskich w 2013 roku do ponad 800 mln dolarów w roku 2023, a w Europie w tym samym okresie sięgnęły niemal 600 mln dolarów (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2025, s. 358). Równocześnie gwałtownie rośnie skala adopcji rozwiązań generatywnych – odsetek organizacji deklarujących wykorzystanie generatywnej AI w co najmniej jednej funkcji biznesowej wzrósł z 33% w 2023 roku do 71% w 2024 roku (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2025, s. 218). Dane te uzupełnia raport Deloitte, według którego 62% przedsiębiorstw prowadzi aktywne eksperymenty z generatywną AI, a 29% wdrożyło już rozwiązania na większą skalę (Rowan i in., 2024, s. 6).

Wraz ze wzrostem znaczenia tej technologii rośnie również liczba decyzji strategicznych, jakie muszą podejmować menadżerowie: czy korzystać z rozwiązań dostarczanych przez globalnych dostawców w modelu API, czy też rozwijać i utrzymywać modele wewnątrz. Ta druga ścieżka, określana jako „insourcing AI”, zyskuje na znaczeniu zwłaszcza tam, gdzie kluczowe są prywatność danych, kontrola nad kosztami czy dopasowanie rozwiązań do specyfiki dziedzinowej.

Insourcing nie jest jednak prostą alternatywą dla outsourcingu. Wymaga od organizacji posiadania kompetencji technicznych i organizacyjnych, dostępu do odpowiednich zasobów infrastrukturalnych oraz zdolności do spełnienia rosnących wymagań regulacyjnych. Jak wskazano w raporcie Deloitte, najczęściej wymieniane bariery adopcji obejmują brak wykwalifikowanych talentów, trudności w integracji modeli z istniejącymi procesami biznesowymi oraz niepewność co do przyszłych regulacji (Rowan i in., 2024, s. 14).

Kontekst regulacyjny dodatkowo wzmacnia te wyzwania. Przyjęty w 2024 roku *Artificial Intelligence Act* wprowadza nowe obowiązki dla twórców i użytkowników

modeli AI, w tym także dla dostawców i podmiotów samodzielnie rozwijających modele ogólnego przeznaczenia (*General-Purpose AI*, GPAI). Część regulacji zaczyna obowiązywać już od lutego 2025 roku, a pełna stosowalność aktu przewidziana jest na sierpień 2026 roku. Oznacza to, że przedsiębiorstwa decydujące się na insourcing muszą nie tylko opanować kwestie techniczne, ale również wdrożyć systemy zarządzania ryzykiem zgodne z normami takimi jak ISO/IEC 42001 czy ramy NIST AI RMF (*National Institute of Standards and Technology Artificial Intelligence Risk Management Framework*).

Celem niniejszego rozdziału jest analiza granic i barier insourcingu sztucznej inteligencji w świetle najnowszych raportów branżowych, regulacji oraz głosów praktyków z forów i platform profesjonalnych. W rozdziale zaproponowano model siedmiu wymiarów barier (TCO (*Total Cost of Ownership*, całkowity koszt posiadania), dane, *governance*, kompetencje, operacjonalizacja, *vendor lock-in*, ryzyka), a także przedstawiono mini-analizę źródeł wtórnych, która pokazuje, w jaki sposób narracje biznesowe i doświadczenia praktyków ujawniają napięcia pomiędzy atrakcyjnością insourcingu a jego realnymi ograniczeniami.

Rozdział ma charakter teoretyczno-analityczny i opiera się na krytycznym przeglądzie literatury naukowej, raportów branżowych oraz dokumentów normatywnych dotyczących sztucznej inteligencji. Analizie poddano w szczególności publikacje z lat 2020-2025, ze szczególnym uwzględnieniem źródeł z lat 2023-2025 odzwierciedlających najnowsze zmiany technologiczne i regulacyjne. Dobór źródeł oparto na kryterium tematycznym (insourcing AI, koszty, *governance*, *compliance*, zarządzanie ryzykiem) oraz ich znaczeniu dla nauk o zarządzaniu. Uwzględniono zarówno artykuły naukowe, jak i raporty instytucji o ugruntowanej pozycji. Przegląd ma charakter narracyjny i nie stanowi systematycznego przeglądu w sensie metodologicznym, co stanowi jedno z ograniczeń opracowania. Celem analizy było wypracowanie syntetycznego modelu barier insourcingu AI oraz identyfikacja strategii ich przewycięzania.

Ramy teoretyczne i normatywne

Perspektywy teoretyczne insourcingu AI

Insourcing sztucznej inteligencji należy rozpatrywać nie tylko w kategoriach technologicznych, lecz także w świetle teorii zarządzania strategicznego. W literaturze szczególne znaczenie ma podejście *resource-based view* (RBV, zasobowa teoria przedsiębiorstwa), zgodnie z którym trwała przewaga konkurencyjna organizacji wynika z posiadania rzadkich, trudno imitowalnych i odpowiednio zorganizowanych zasobów (Barney, 1991; Wernerfelt, 1984). W tym ujęciu modele sztucznej inteligencji oraz dane wykorzystywane do ich trenowania można traktować jako strategiczny zasób, którego dostępność i rozwój wymagają starannego planowania oraz ochrony. Decyzje o insourcingu wiążą się z koniecznością określenia, kto ma

dostęp do tych zasobów, na jakich zasadach i w jaki sposób powinny być one rozwijane w czasie.

Kolejnym użytecznym konceptem teoretycznym jest pojęcie *boundary resources* (zasobów granicznych) wywodzące się z badań nad platformami cyfrowymi (Ghazawneh & Henfridsson, 2010). Oznacza ono zestaw interfejsów, narzędzi i reguł, które regulują interakcję pomiędzy właścicielem platformy a jej użytkownikami i deweloperami. W kontekście sztucznej inteligencji, zwłaszcza dużych modeli językowych, modele te mogą pełnić funkcję zasobów granicznych, ponieważ udostępniane są poprzez API lub inne mechanizmy integracji i stają się podstawą do budowy kolejnych usług oraz produktów. W sytuacji, gdy organizacja decyduje się na insourcing, przejmuje odpowiedzialność za kształtowanie takich zasobów granicznych – od decyzji, jakie funkcje i dane zostaną udostępnione na zewnątrz, po ustalenie polityk bezpieczeństwa, licencji i kontroli jakości.

Zarówno w ujęciu RBV, jak i w literaturze dotyczącej platform cyfrowych, powodzenie insourcingu zależy od zdolności organizacji do zarządzania zasobami o strategicznym znaczeniu i do kształtowania *boundary resources* w sposób wspierający innowacje oraz kontrolę. Jak zauważają Wessel i in. (2025), generatywna sztuczna inteligencja przekształca zasoby graniczne z pasywnych interfejsów w aktywne mediatorów kreowania wartości, co jeszcze bardziej podkreśla wagę zdolności organizacyjnych w obszarze *governance* i relacji z interesariuszami. Innymi słowy – to właśnie istniejące mechanizmy ładu, kompetencje i procesy determinują, czy insourcing modeli i danych stanie się dla przedsiębiorstwa źródłem przewagi konkurencyjnej, czy też obciążeniem. W dalszej części rozdziału przeanalizowane zostaną ramy normatywne – regulacje prawne i standardy, które wspierają organizacje w budowie systemowego podejścia do zarządzania ryzykiem i zgodnością w obszarze sztucznej inteligencji.

Standardy zarządcze i ramy dobrych praktyk w obszarze AI

W 2023 roku opublikowano ramy zarządzania ryzykiem sztucznej inteligencji opracowane przez NIST w Stanach Zjednoczonych oraz międzynarodową normę ISO/IEC 42001:2023 dotyczącą systemu zarządzania AI. Rok później przyjęto unijny akt o sztucznej inteligencji – *Artificial Intelligence Act (Regulation (EU) 2024/1689)*, który wprowadza obowiązki regulacyjne dla dostawców i użytkowników AI w Europie. Ramy te, choć różnią się charakterem i zakresem, wyznaczają wspólne kierunki dla organizacji decydujących się na insourcing rozwiązań AI.

Najwcześniejszą z ram normatywnych jest norma ISO/IEC 42001:2023, opublikowana w grudniu 2023 roku. Stanowi ona pierwszy na świecie standard systemu zarządzania sztuczną inteligencją (*Artificial Intelligence Management System, AIMS*). Jej celem jest zapewnienie organizacjom struktury analogicznej do systemów jakości (ISO 9001) czy bezpieczeństwa informacji (ISO 27001), a tym samym stworzenie spójnych procedur odpowiedzialnego wdrażania AI. ISO 42001 ma charakter dobrowolny i skupia się na wewnętrznych procesach organizacji, co czyni ją przydatnym

punktem odniesienia w insourcingu, ale nie wyczerpuje wszystkich wyzwań związanych z ryzykiem i zgodnością prawną. Z tego powodu w kolejnych latach pojawiły się dalsze inicjatywy regulacyjne, takie jak ramy zarządzania ryzykiem opracowane przez NIST oraz unijny akt o sztucznej inteligencji.

Norma ISO/IEC 42001:2023 ustanawia wymagania wobec organizacji wdrażających i stosujących sztuczną inteligencję, opierając się na strukturze *High-Level Structure* (HLS, struktura wysokiego poziomu) znanej z innych systemów zarządzania (ISO 9001; ISO 27001). Jej kluczowe elementy obejmują:

- politykę AI – sformułowanie zasad korzystania ze sztucznej inteligencji w organizacji;
- analizę ryzyka i szans – identyfikację potencjalnych zagrożeń związanych z wdrażaniem AI (np. błędy, stronniczość, wpływ na interesariuszy);
- role i odpowiedzialności – przypisanie ról zarządczych (*AI governance*), w tym wyznaczenie osób odpowiedzialnych za zgodność i bezpieczeństwo;
- nadzór nad cyklem życia AI – procedury dotyczące rozwoju, testowania, wdrażania i monitorowania modeli;
- kompetencje i świadomość – wymagania w zakresie szkoleń i podnoszenia świadomości pracowników;
- mechanizmy doskonalenia – obowiązek monitorowania działania systemów AI i wprowadzania usprawnień.

Mimo swojego znaczenia, ISO 42001 ma ogólny i procesowy charakter, co czyni ją użyteczną jako system zarządzania, ale niewystarczającą wobec nowych wyzwań generatywnej AI:

1. Brak szczegółowych wytycznych dla modeli generatywnych – norma nie obejmuje wprost ryzyk takich jak halucynacje, manipulacje treścią czy masowe użycie *deepfake*.
2. Dobrowolność – standard nie jest prawnie wiążący, a jego przyjęcie zależy od decyzji organizacji.
3. Brak ukierunkowania sektorowego – nie definiuje wymagań w odniesieniu do specyficznych zastosowań (np. medycyna, prawo, finanse).
4. Ograniczone odniesienie do przejrzystości i odpowiedzialności – akcent pada na procedury wewnętrzne, a mniej na kwestie komunikacji z klientami, regulatorów czy opinii publicznej.

W związku z tym ISO 42001 dobrze sprawdza się jako narzędzie porządkujące wewnętrzne procesy insourcingu AI, ale nie odpowiada w pełni na potrzeby regulacyjne i społeczne (Birogł i in., 2025). Stąd rozwój kolejnych inicjatyw – w szczególności ram zarządzania ryzykiem NIST oraz unijnego *AI Act* – które adresują bardziej szczegółowo kwestie zgodności, przejrzystości i odpowiedzialności.

Analiza normy ISO/IEC 42001 pokazuje, że jej główny nacisk położony jest na kwestie ładu organizacyjnego, ról i odpowiedzialności oraz nadzoru nad cyklem życia systemów AI. Standard ten porządkuje wybrane aspekty organizacyjne i procesowe, nie odnosząc się jednak bezpośrednio do problemów kosztowych, dostępności

danych czy zależności technologicznych. Tym samym adresuje jedynie część ograniczeń, z jakimi mierzą się organizacje rozwijające własne rozwiązania AI.

Ramy zarządzania ryzykiem systemów AI

Kolejną inicjatywą, która pojawiła się niemal równolegle, są ramy zarządzania ryzykiem sztucznej inteligencji opracowane przez National Institute of Standards and Technology w Stanach Zjednoczonych. *AI Risk Management Framework* (AI RMF 1.0) został opublikowany w styczniu 2023 roku, a rok później uzupełniono go o profil poświęcony generatywnej AI. Dokument ten ma charakter dobrowolny, ale cieszy się dużym uznaniem jako narzędzie wspierające organizacje w identyfikacji i ograniczaniu ryzyk związanych z rozwojem i stosowaniem systemów AI. Ramy NIST znajdują praktyczne zastosowanie – Swaminathan i Danks (2024) ukazują ich użyteczność przy ocenie ryzyk technologii nadzoru, takich jak rozpoznawanie twarzy.

AI RMF opiera się na czterech podstawowych funkcjach:

- *map* (mapowanie kontekstu) – zrozumienie kontekstu zastosowania AI, definiowanie potencjalnych zagrożeń i interesariuszy;
- *measure* (ocena) – ocena jakości, dokładności i zaufania do systemów AI;
- *manage* (zarządzanie ryzykiem) – wdrożenie mechanizmów ograniczania ryzyk;
- *govern* (nadzór organizacyjny / ład zarządczy) – nadzór organizacyjny, odpowiedzialność i przejrzystość.

Profil generatywnej AI (National Institute of Standards and Technology, 2024) rozwija te funkcje o praktyczne wskazówki dotyczące oceny i monitorowania specyficznych ryzyk, takich jak halucynacje, ochrona danych, generowanie treści szkodliwych lub dezinformacyjnych, a także nadzór nad interakcjami człowiek–AI. Analizy porównawcze wskazują, że amerykańskie ramy NIST mają charakter „miękkich” standardów kontrastujących z bardziej restrykcyjnym podejściem regulacyjnym Unii Europejskiej, a jednocześnie ewoluują w kierunku hybrydowych modeli zarządzania ryzykiem uwzględniających specyfikę technologii generatywnych (Al-Maamari, 2025; Campos i in., 2025). Ramy NIST AI RMF koncentrują się na identyfikacji, ocenie i ograniczaniu ryzyk związanych z wykorzystaniem systemów AI oraz na budowaniu zaufania do ich działania. Stanowią one użyteczne narzędzie w obszarze zarządzania ryzykiem i nadzoru, jednak nie oferują rozwiązań dotyczących kwestii ekonomicznych, infrastrukturalnych ani strategicznych decyzji związanych z wyborem dostawców technologii. W praktyce oznacza to, że ich zastosowanie wymaga uzupełnienia o inne perspektywy zarządcze.

Regulacje prawne dotyczące sztucznej inteligencji

Ostatnim i jednocześnie najbardziej kompleksowym z omawianych instrumentów normatywnych jest *Artificial Intelligence Act* (AI Act), czyli rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE przyjęte w marcu 2024 roku, wchodzące w życie

w roku 2026. Akt ten jest pierwszą na świecie wiążącą prawnie regulacją dotyczącą sztucznej inteligencji o charakterze horyzontalnym obejmującą różne sektory gospodarki. W odróżnieniu od dobrowolnych standardów, takich jak ISO/IEC 42001 czy ramy NIST, *AI Act* wprowadza obowiązkowe wymogi prawne dla podmiotów wprowadzających systemy AI na rynek europejski. Jego centralnym elementem jest podejście oparte na ocenie ryzyka, które dzieli systemy AI na kategorie – od niedopuszczalnego ryzyka (zakazane) po systemy wysokiego i ograniczonego ryzyka – wraz z przypisanymi odmiennymi obowiązkami w zakresie zgodności, przejrzystości i nadzoru.

Kluczowe wymagania *AI Act* obejmują:

- Podejście oparte na ryzyku – systemy AI klasyfikowane są według jednej z kategorii:
 - zakazane (np. manipulacja poznawcza, systemy kredytów społecznych);
 - wysokiego ryzyka (np. zastosowania w medycynie, zatrudnieniu, edukacji, infrastrukturze krytycznej);
 - ograniczonego ryzyka (wymagające podstawowych zasad przejrzystości, np. chatboty);
 - minimalnego ryzyka (bez dodatkowych wymogów regulacyjnych).
- Wymogi wobec systemów wysokiego ryzyka – obejmują rejestrację w unijnej bazie, obowiązek przeprowadzania oceny zgodności, wdrożenie systemów zarządzania ryzykiem, dokumentację techniczną, nadzór człowieka oraz mechanizmy monitorowania po wprowadzeniu na rynek.
- Wymogi dla systemów generatywnej AI – wprowadzone w reakcji na gwałtowny rozwój LLM:
 - obowiązek oznaczania treści generowanych przez AI;
 - wymóg prowadzenia dokumentacji w zakresie praw autorskich (np. źródeł danych treningowych);
 - zapewnienie przejrzystości i minimalizacja ryzyk związanych z dezinformacją czy manipulacją.
- Obowiązki dostawców i użytkowników – *AI Act* nie ogranicza się do producentów modeli; część wymogów dotyczy także organizacji, które wdrażają i eksploatują systemy AI w swojej działalności (np. obowiązek stosowania procedur monitorowania, raportowania incydentów).
- Egzekwowalność – za naruszenia przewidziano wysokie kary finansowe (do 35 mln euro lub 7% globalnego obrotu).

Ramy normatywne ewoluują od dobrowolnych standardów organizacyjnych (ISO/IEC 42001), przez wytyczne wspierające zarządzanie ryzykiem (NIST AI RMF), aż po prawnie wiążące regulacje (*AI Act*), co wykazuje, że rozwój sztucznej inteligencji staje się nie tylko wyzwaniem technologicznym, lecz także obszarem rosnącej odpowiedzialności prawnej i organizacyjnej. *AI Act* wprowadza obowiązki dokumentacyjne, audytowe i nadzorcze, które bezpośrednio wpływają na koszty oraz strukturę organizacyjną podmiotów rozwijających i stosujących systemy AI, stanowiąc potencjalną barierę dla insourcingu, zwłaszcza w mniejszych organizacjach.

Jednocześnie regulacja ta nie rozstrzyga problemów zależności technologicznych ani decyzji infrastrukturalnych, pozostawiając je w gestii zarządzających, co uzasadnia potrzebę dalszej analizy barier insourcingu AI.

Granice i bariery insourcingu AI

Wprowadzenie do problemu

Insourcing sztucznej inteligencji, rozumiany jako rozwój i utrzymywanie modeli wewnątrz organizacji, bywa postrzegany jako atrakcyjna alternatywa dla korzystania z usług globalnych dostawców w modelu API. W praktyce jednak jego realizacja wiąże się z szeregiem wyzwań, które sprawiają, że decyzja o insourcingu nie jest oczywista. O ile outsourcing umożliwia szybki dostęp do zaawansowanych modeli bez konieczności budowania własnej infrastruktury i kompetencji, o tyle insourcing stawia organizację w roli pełnoprawnego operatora systemów AI – z wszystkimi konsekwencjami w zakresie technologii, zasobów ludzkich, zarządzania ryzykiem i zgodności regulacyjnej.

W tym kontekście kluczowe staje się pytanie nie tyle o potencjalne korzyści z insourcingu, ile o jego granice i bariery: jakie przeszkody organizacyjne, ekonomiczne, regulacyjne czy kulturowe mogą zaważyć na powodzeniu tej strategii i w jakich warunkach staje się ona realną opcją dla przedsiębiorstwa? Model siedmiu wymiarów barier został przedstawiony syntetycznie w tabeli 13.1, natomiast w dalszej części rozdziału wymiary te zostały omówione w ujęciu trzech zagregowanych kategorii analitycznych przy zachowaniu ich analitycznej odrębności.

Tabela 13.1. Model siedmiu wymiarów barier insourcingu sztucznej inteligencji

Wymiar bariery	Opis skrócony	Kategoria analityczna
TCO	Koszty infrastruktury, danych, utrzymania modeli, <i>compliance</i>	Ekonomiczna
Dane	Dostępność, jakość, legalność, możliwość audytu danych	Techniczno-organizacyjna
Kompetencje	Dostęp do talentów, kompetencje zespołów, koszty pracy	Techniczno-organizacyjna
Operacjonalizacja	MLOps (<i>Machine Learning Operations</i>), zarządzanie cyklem życia modeli, integracja z procesami	Techniczno-organizacyjna
<i>Governance</i>	Odpowiedzialność, role decyzyjne, nadzór nad AI	Regulacyjno-prawna
Ryzyka	Ryzyka prawne, reputacyjne, etyczne i społeczne	Regulacyjno-prawna
<i>Vendor lock-in</i>	Uzależnienie od dostawców modeli, chmur i ekosystemów	Wymiar przekrojowy

Źródło: Opracowanie własne

Wymiar *vendor lock-in* ma charakter przekrojowy, ponieważ obejmuje jednocześnie aspekty ekonomiczne, techniczne i regulacyjne, i nie został przypisany do jednej kategorii analitycznej.

Bariery techniczne i organizacyjne

Jedną z najczęściej wskazywanych przeszkód w insourcingu jest niedobór specjalistów zdolnych do projektowania, trenowania i utrzymywania modeli. Budowa wewnętrznego zespołu wymaga znacznych nakładów finansowych i czasowych, a konkurencja w pozyskiwaniu talentów na globalnym rynku technologii pozostaje bardzo silna. Dane z raportu Deloitte pokazują, że znaczenie tej bariery spadło w 2024 roku – w pierwszym kwartale wskazywało ją 36% firm, a w czwartym kwartale już 26% (Rowan i in., 2024, s. 14). Jednocześnie coraz większego znaczenia nabierają obawy o zgodność z regulacjami (wzrost z 28% do 38%) oraz trudności w zarządzaniu ryzykiem (z 26% do 32%) (Rowan i in., 2024, s. 14). To sugeruje, że w miarę nabywania kompetencji technicznych ciężar barier przesuwa się w stronę *governance* i *compliance*.

Drugą istotną przeszkodą pozostają trudności w integracji modeli AI z istniejącymi procesami biznesowymi i systemami informatycznymi. Wiele organizacji funkcjonuje w środowisku rozbudowanych systemów dziedzicznych (*legacy systems*), które nie są projektowane z myślą o współpracy z nowoczesnymi architekturami AI. Brak spójności danych, rozproszone źródła informacji oraz brak ujednoczonych interfejsów mogą prowadzić do niskiej efektywności wdrożeń i ograniczać wartość dodaną z insourcingu.

Kolejnym wyzwaniem jest zarządzanie cyklem życia modeli – od fazy treningu, przez testowanie i wdrożenie, aż po monitorowanie i aktualizacje. Wymaga to wdrożenia procesów zapewniających jakość danych, kontrolę wersji modeli oraz mechanizmy audytowalne. Bez odpowiedniej infrastruktury i procedur organizacyjnych ryzyko niepowodzenia projektów AI znacząco wzrasta. Jak podkreślają liderzy badani przez Deloitte, za najbardziej prawdopodobne hamulce adopcji w najbliższych latach uznaje się: błędy z realnymi konsekwencjami (35%), nieosiągnięcie oczekiwanej wartości (34%), niedobór wysokiej jakości danych (30%) oraz spadek zaufania wynikający z halucynacji czy stronniczości (29%) (Rowan i in., 2024, s. 25). W opinii praktyków „dane stały się centralnym czynnikiem sukcesu”, a dostęp do właściwych zasobów informacyjnych bywa największym wąskim gardłem (Rowan i in., 2024, s. 11).

Bariery ekonomiczne

Insourcing AI wymaga znacznie większych nakładów finansowych niż korzystanie z modeli udostępnianych w modelu usługowym (*AI-as-a-Service*). Do kluczowych źródeł kosztów zaliczane są:

1. **Infrastruktura obliczeniowa** – utrzymywanie modeli we własnej serwerowni oznacza konieczność zakupu i eksploatacji wysoko wydajnych jednostek GPU/TPU,

systemów chłodzenia oraz zapewnienia odpowiedniej redundancji. Są to nakłady początkowe (CAPEX), a także bieżące wydatki na konserwację i energię elektryczną. Jednocześnie raport *The 2025 AI Index Report* wskazuje, że koszty obliczeń gwałtownie maleją: między listopadem 2022 roku a październikiem 2024 roku koszt inferencji modeli na poziomie GPT-3.5 spadł ponad 280-krotnie, a tylko w 2024 roku koszt przetwarzania na bardziej wymagającym benchmarku GPQA obniżył się z 15 dolarów do 0,12 dolara za milion tokenów (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2025, s. 4, 64). Dodatkowo roczna poprawa efektywności energetycznej sprzętu szacowana jest na 40%. Oznacza to, że mimo wysokich początkowych barier ekonomicznych insourcing staje się z czasem coraz bardziej dostępny dzięki spadającym kosztom infrastruktury i obliczeń.

2. **Chmura obliczeniowa** – alternatywą dla własnej serwerowni jest korzystanie z usług chmurowych, które zmniejszają barierę wejścia dzięki niższym kosztom początkowym (CAPEX), ale prowadzą do wyższych kosztów operacyjnych (OPEX). W dłuższej perspektywie rachunek ekonomiczny zależy od skali wykorzystania – przy dużym, stabilnym obciążeniu chmura bywa droższa niż infrastruktura *on-premise*, natomiast przy projektach pilotażowych czy zmiennym zapotrzebowaniu jest bardziej opłacalna. Jak podkreślają Patel i in. (2024), chmura zapewnia elastyczność i wydajność konieczną do trenowania i wdrażania generatywnej AI, a jednocześnie wiąże się z wyzwaniem w zakresie kosztów, bezpieczeństwa danych i ryzyka uzależnienia od dostawcy.
3. **Koszty pracy specjalistów i konsultantów** – zatrudnienie lub outsourcing ekspertów od MLOps (zestaw praktyk łączących rozwój modeli uczenia maszynowego z procesami ich wdrażania, monitorowania i utrzymywania w środowisku produkcyjnym), bezpieczeństwa danych, audytów zgodności czy integracji systemów generuje istotne wydatki. Według *The 2025 AI Index Report* wykorzystanie narzędzi AI przyczynia się do wzrostu kompetencji programistów, co znajduje odzwierciedlenie w średnim potencjalnym wzroście wynagrodzenia o 1683 dolarów rocznie na osobę (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2025, s. 269). Oznacza to, że organizacje decydujące się na insourcing muszą liczyć się nie tylko z koniecznością pozyskania rzadkich kompetencji, ale także z rosnącymi kosztami pracy wysoko wykwalifikowanych specjalistów.
4. **Gromadzenie i przygotowanie danych** – dane stanowią podstawę skutecznych modeli AI, a ich pozyskanie, anotacja, oczyszczanie i przechowywanie generują koszty, które w wielu przypadkach mogą przewyższać wydatki sprzętowe. Chociaż raport Deloitte wskazuje, że dostęp do odpowiednich danych był największym wąskim gardłem przy rozwoju modeli (Rowan i in., 2024, s. 11), nie zawiera on szczegółów liczbowych dotyczących kosztów przygotowania danych. Jednakże badania akademickie pokazują, że koszty anotacji i zebrania danych treningowych bywają 10-1000-krotnie wyższe niż sam koszt trenowania modelu (Kandpal & Raffel, 2025). Już wcześniejsze prace w ramach projektu Stanford DAWN pokazywały, że głównymi przeszkodami we wdrażaniu uczenia maszynowego są właśnie koszty i złożoność przygotowania danych, etykietowania

oraz utrzymania infrastruktury wspierającej cały cykl życia aplikacji (Bailis i in., 2017).

5. **Koszty zgodności regulacyjnej i audytów** – wejście w życie *AI Act (Regulation (EU) 2024/1689)* oznacza dla organizacji nową kategorię wydatków. Największe obciążenia dotyczą systemów wysokiego ryzyka, które wymagają szczegółowej dokumentacji, wdrożenia mechanizmów zarządzania ryzykiem, przejrzystości oraz monitorowania po wdrożeniu. Badania pokazują, że koszty *compliance* są znaczące i zróżnicowane sektorowo: w energetyce mogą sięgać od poniżej 1 mln euro do niemal 200 mln euro rocznie na kraj (Heymann i in., 2023). Jednocześnie analizy podkreślają, że w dłuższej perspektywie *AI Act* może zmniejszać koszty niepewności regulacyjnej, tworząc bardziej przewidywalne środowisko dla innowacji (Ljube i in., 2024).

Barriere regulacyjne i prawne

Jedną z kluczowych barier, które pojawiają się w obszarze insourcingu sztucznej inteligencji, jest niepewność regulacyjna. Choć *AI Act (Regulation (EU) 2024/1689)* został przyjęty w 2024 roku, jego przepisy będą wchodziły w życie stopniowo aż do 2026 roku. W praktyce oznacza to, że wiele wymogów – zwłaszcza dotyczących modeli ogólnego przeznaczenia (GPAI) – wciąż pozostaje niejednoznacznych i wymaga interpretacji. Firmy decydujące się na rozwój i utrzymanie własnych modeli muszą przygotować się na dodatkowe ryzyko związane z możliwością zmiany wytycznych czy różnicami w implementacji przepisów w poszczególnych państwach członkowskich. Taka sytuacja utrudnia planowanie długoterminowych strategii insourcingu, zwiększając niepewność co do kosztów i wymogów zgodności.

Istotną barierą jest odpowiedzialność prawna za błędy systemów AI. Modele generatywne mogą popełniać błędy lub generować treści niezgodne z faktami, co w przypadku zastosowań biznesowych wiąże się z ryzykiem poważnych konsekwencji. W sytuacji insourcingu to organizacja staje się w pełni odpowiedzialna za działanie własnych modeli – zarówno wobec klientów, jak i instytucji regulujących. Powstaje tu problem przypisania winy: czy odpowiedzialność ponosi zespół tworzący model, dział wdrażający rozwiązanie czy zarząd organizacji? Szczególnie istotne jest to w sektorach regulowanych, takich jak medycyna, finanse czy transport, gdzie błędne decyzje systemów AI mogą prowadzić do strat finansowych lub zagrożeń dla zdrowia i życia. Brak jednoznacznych ram prawnych dotyczących podziału odpowiedzialności sprawia, że wiele firm obawia się podejmowania ryzyka związanego z pełnym insourcingiem sztucznej inteligencji.

Kolejnym problemem związanym z insourcingiem sztucznej inteligencji jest ochrona danych osobowych i prywatności. Regulacje wynikające z RODO (GDPR) nakładają na organizacje obowiązek legalnego przetwarzania danych, a także zapewnienia użytkownikom prawa do informacji o zasadach działania systemów i uzasadnienia podejmowanych decyzji. W przypadku generatywnej AI pojawiają się

dotatkowe trudności – modele mogą być trenowane na danych zawierających informacje wrażliwe lub chronione, a ich działanie często trudno w pełni wyjaśnić. Dla organizacji rozwijających własne rozwiązania oznacza to konieczność wdrożenia mechanizmów zapewniających zgodność zarówno z *AI Act*, jak i z istniejącymi ramami ochrony danych osobowych.

Kolejnym obszarem problemowym jest własność intelektualna i prawa autorskie. Generatywna sztuczna inteligencja tworzy treści, które często trudno jednoznacznie przypisać do konkretnego autora, co rodzi pytania o ich status prawny i możliwość ochrony w ramach prawa autorskiego. Sporna pozostaje również kwestia, czy wykorzystanie materiałów chronionych prawem autorskim jako danych treningowych mieści się w ramach dozwolonego użytku lub *fair use*, czy też stanowi naruszenie praw twórców (Torrance & Tomlinson, 2023). Równocześnie pojawiają się obawy, że treści wytwarzane przez AI mogą stanowić formę plagiatu lub wtórnego przetworzenia istniejących dzieł (Kwon, 2024; Yang & Zhang, 2024). W przypadku insourcingu odpowiedzialność za legalność wykorzystanych danych oraz potencjalne roszczenia dotyczące naruszenia praw własności intelektualnej spoczywają w całości na organizacji, co znacząco zwiększa jej ryzyko prawne.

Coraz częściej wykorzystaniu sztucznej inteligencji towarzyszą kwestie etyczne i społeczne, które wykraczają poza formalne ramy regulacyjne. Nawet jeśli rozwiązania spełniają wymogi prawne, interesariusze oczekują, że będą one zgodne z zasadami etycznymi – przejrzyste, niedyskryminujące, bezpieczne i zrównoważone środowiskowo. Dla organizacji decydujących się na insourcing oznacza to konieczność samodzielnego wypracowania polityk etycznych oraz mechanizmów komunikacji z klientami, pracownikami i opinią publiczną. W odróżnieniu od outsourcingu, gdzie część odpowiedzialności spoczywa na dostawcach, w insourcingu ciężar zapewnienia odpowiedzialnego użycia AI spoczywa w całości na organizacji. Brak zaufania społecznego może stać się równie poważną barierą jak koszty czy ryzyka prawne, ograniczając akceptację dla wdrażanych rozwiązań.

Przedstawione powyżej problemy pokazują, że insourcing sztucznej inteligencji wymaga od organizacji nie tylko kompetencji technicznych i zasobów finansowych, lecz także zdolności do poruszania się w złożonym otoczeniu regulacyjnym. Niepewność co do interpretacji przepisów, ryzyko odpowiedzialności prawnej, obowiązki związane z ochroną danych i własnością intelektualną oraz rosnące oczekiwania etyczne sprawiają, że bariery prawne i regulacyjne stają się jednym z kluczowych czynników ograniczających decyzje o samodzielnym rozwoju modeli AI.

W celu ilustracyjnego zestawienia konsekwencji poszczególnych barier w praktyce zarządczej, w tabeli 13.2 przedstawiono porównanie insourcingu i outsourcingu AI z perspektywy wybranych wymiarów modelu barier.

Zestawienie to nie ma charakteru empirycznego, lecz stanowi syntetyczne podsumowanie wniosków płynących z literatury przedmiotu i raportów branżowych.

Charakter i znaczenie poszczególnych barier insourcingu AI różnią się w zależności od sektora działalności, co przedstawiono w tabeli 13.3.

Tabela 13.2. Ilustracyjne porównanie insourcingu i outsourcingu AI w kontekście modelu barier

Wymiar bariery	Insourcing AI	Outsourcing AI
TCO	Wysokie koszty początkowe (infrastruktura, dane, kompetencje); potencjalna optymalizacja kosztów w długim okresie	Niskie koszty wejścia; koszty rosną wraz ze skalą użycia i zależnością od dostawcy
Dane	Pełna kontrola nad danymi; możliwość lokalnego przetwarzania i audytu	Ograniczona kontrola; ryzyka związane z transferem i przetwarzaniem danych
<i>Governance</i>	Pełna odpowiedzialność organizacji za nadzór, role i decyzje dotyczące AI	Częściowe przeniesienie odpowiedzialności na dostawcę
Kompetencje	Wysokie wymagania kompetencyjne; konieczność utrzymania zespołów specjalistycznych	Ograniczone wymagania kompetencyjne po stronie organizacji
Operacjonalizacja	Konieczność wdrożenia procesów MLOps i zarządzania cyklem życia modeli	Operacjonalizacja realizowana głównie po stronie dostawcy
<i>Vendor lock-in</i>	Ograniczenia przy odpowiedniej architekturze i strategii technologicznej	Wysokie ryzyko uzależnienia od dostawcy modeli i infrastruktury
Ryzyka	Ryzyka prawne, organizacyjne i reputacyjne pozostają po stronie organizacji	Część ryzyk technicznych przeniesiona na dostawcę; ryzyka regulacyjne pozostają

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 13.3. Dominujące bariery insourcingu AI w wybranych sektorach

Sektor	Dominujące bariery	Charakterystyczne uwarunkowania
Medycyna / ochrona zdrowia	Regulacyjne, ryzyka, dane	Dane wrażliwe, wysoki poziom odpowiedzialności prawnej, wymogi audytowalności
Finanse	<i>Governance, compliance, ryzyka</i>	Silny nadzór regulacyjny, konieczność transparentności i kontroli modeli
Przemysł	Dane, operacjonalizacja, kompetencje	Integracja z systemami OT, dane produkcyjne, systemy <i>legacy</i>
Administracja publiczna	<i>Governance, kompetencje, ryzyka</i>	Ograniczenia budżetowe, odpowiedzialność publiczna, presja transparentności

Źródło: Opracowanie własne

Zestawienie to pokazuje, że decyzje dotyczące insourcingu AI są silnie uwarunkowane specyfiką sektora, w szczególności poziomem regulacji, wrażliwością danych oraz dojrzałością organizacyjną. W praktyce prowadzi to często do strategii hybrydowych łączących elementy insourcingu i outsourcingu.

Strategie przewycięzania barier insourcingu AI

Choć insourcing sztucznej inteligencji wiąże się z licznymi ograniczeniami technicznymi, ekonomicznymi, regulacyjnymi i prawnymi, organizacje mogą podejmować

działania, które zmniejszają wpływ tych barier i zwiększają szanse powodzenia projektów. W literaturze przedmiotu oraz w raportach branżowych wskazuje się na szereg strategii umożliwiających skuteczniejsze wdrażanie własnych rozwiązań AI – od inwestycji w infrastrukturę i kompetencje, przez wdrożenie ram zarządzania ryzykiem, po rozwój mechanizmów etycznych i transparentności. Poniżej przedstawiono najważniejsze kierunki działań, które mogą wspierać przedsiębiorstwa w pokonywaniu trudności związanych z insourcingiem.

Wykorzystanie rozwiązań technicznych

Jednym z kluczowych sposobów przewycięzania barier insourcingu są techniczne strategie obniżania kosztów i złożoności wdrożeń. Organizacje coraz częściej sięgają po otwartoźródłowe modele i biblioteki (np. Hugging Face, LangChain), które pozwalają na testowanie i rozwijanie rozwiązań bez konieczności ponoszenia wysokich opłat licencyjnych. W połączeniu z rozwojem coraz bardziej efektywnych „małych modeli” o znacznie niższych wymaganiach obliczeniowych, a porównywalnych wynikach na wielu zadaniach. Daje to możliwość budowy własnych rozwiązań przy ograniczonych zasobach (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2025).

Kolejnym elementem jest wdrożenie praktyk MLOps, które automatyzują cykl życia modeli – od trenowania po monitorowanie i aktualizacje. Dzięki temu organizacje mogą lepiej kontrolować jakość modeli, a jednocześnie zmniejszać koszty i ryzyko związane z ręcznym zarządzaniem systemami AI. Literatura wskazuje, że brak takich narzędzi jest jedną z głównych przyczyn wysokich kosztów wdrożeń (Bailis i in., 2017).

Wreszcie rekomenduje się stopniowe podejście do insourcingu – rozpoczynanie od eksperymentów i pilotaży w chmurze, a dopiero następnie przenoszenie modeli na infrastrukturę lokalną w przypadku stabilnych i dużych obciążeń. Takie hybrydowe podejście pozwala organizacjom zmniejszyć ryzyko finansowe i lepiej dostosować architekturę systemów AI do potrzeb biznesowych (Patel i in., 2024).

Strategie ekonomiczne

Drugim obszarem działań są strategie ekonomiczne, które pozwalają ograniczyć wysokie koszty insourcingu AI. Organizacje mogą minimalizować ryzyko finansowe poprzez fazowe podejście inwestycyjne – zaczynając od mniejszych projektów pilotażowych i stopniowo zwiększając skalę w miarę zdobywania doświadczeń i potwierdzania opłacalności rozwiązań. Takie podejście zmniejsza ryzyko nieosiągnięcia oczekiwanej wartości z wdrożeń, które w badaniach Rowan i in. (2024, s. 25) jako kluczowe zagrożenie wskazało 34% firm.

Istotnym elementem jest również optymalizacja kosztów infrastruktury. Jak pokazuje raport *The 2025 AI Index Report*, koszty inferencji spadły ponad 280-krotnie między 2022 a 2024 rokiem, a efektywność energetyczna sprzętu poprawia się średnio

o 40% rocznie (The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), 2025, s. 4, 64). Korzystanie z otwartoźródłowych modeli i coraz bardziej wydajnych narzędzi obliczeniowych pozwala organizacjom redukować wydatki, które jeszcze kilka lat temu były barierą nie do pokonania.

Kolejną możliwością jest współdzielenie zasobów – np. poprzez konsorcja branżowe, wspólne centra danych lub partnerstwa badawczo-rozwojowe. Takie rozwiązania pozwalają obniżyć koszty jednostkowe, a jednocześnie zwiększają dostęp do specjalistycznej wiedzy i infrastruktury. Literatura wskazuje, że w przypadku kosztów danych i pracy ekspertów współpraca międzyorganizacyjna może być jedynym sposobem na utrzymanie konkurencyjności w obliczu rosnących wymagań (Cottier i in., 2024; Kandpal & Raffel, 2025).

Strategie regulacyjne i prawne

Skuteczny insourcing wymaga także strategii zarządzania zgodnością prawną i regulacyjną. Organizacje mogą ograniczać ryzyko regulacyjne poprzez wdrażanie dobrowolnych norm i ram postępowania już na wczesnym etapie rozwoju systemów AI. Przykładem są standardy ISO/IEC 42001:2023, które zapewniają strukturę systemu zarządzania AI, czy *NIST AI Risk Management Framework* koncentrujący się na procesach identyfikacji, oceny i redukcji ryzyka (Birogłul i in., 2025; Swaminathan & Danks, 2024). Przyjęcie tych ram pozwala firmom nie tylko spełniać obecne wymagania, ale również lepiej przygotować się na przyszłe regulacje, w tym pełne wdrożenie *AI Act* od 2026 roku.

Istotnym elementem jest też regularny audyt danych i modeli – obejmujący testy pod kątem stronniczości, przejrzystości i zgodności z zasadami ochrony danych osobowych. Badania wskazują, że systematyczne mechanizmy oceny i kontroli mogą zmniejszyć ryzyko błędów oraz ułatwić udowodnienie zgodności w przypadku kontroli regulacyjnych (Campos i in., 2025).

Wreszcie organizacje powinny rozwijać zespoły *compliance* AI integrujące kompetencje prawne, etyczne i techniczne. Takie interdyscyplinarne podejście ułatwia nie tylko spełnianie wymagań formalnych, lecz także budowanie zaufania klientów i inwestorów, dla których transparentność i odpowiedzialność stają się coraz ważniejszymi kryteriami oceny partnerów biznesowych.

Strategie etyczne i społeczne

Oprócz wymogów prawnych i regulacyjnych coraz większe znaczenie mają strategie etyczne i społeczne, które mogą wzmacniać akceptację dla insourcingu AI. Organizacje, które rozwijają własne modele, powinny wdrażać kodeksy etyczne oraz zasady odpowiedzialnego korzystania ze sztucznej inteligencji, obejmujące m.in. przejrzystość działania systemów, poszanowanie praw użytkowników, niedyskryminację oraz troskę o środowisko. Takie dokumenty nie tylko porządkują wewnętrzne procesy, lecz także pełnią rolę komunikacyjną wobec klientów i opinii publicznej.

Ważnym elementem jest również dialog ze społeczeństwem i interesariuszami, np. poprzez konsultacje, raporty przejrzystości czy mechanizmy zgłaszania zastrzeżeń dotyczących działania systemów AI. Badania wskazują, że brak zaufania społecznego może być równie istotną barierą jak wysokie koszty czy brak kadr, a otwarta komunikacja sprzyja łagodzeniu tych obaw (Kwon, 2024).

Wreszcie strategie etyczne powinny uwzględniać także kwestie środowiskowe, takie jak ślad węglowy związany z trenowaniem i utrzymaniem modeli. Organizacje coraz częściej podkreślają w raportach ESG swoje podejście do zrównoważonego rozwoju, a odpowiedzialne praktyki w obszarze AI stają się integralnym elementem takiej polityki.

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza pokazuje, że insourcing sztucznej inteligencji jest rozwiązaniem obiecującym, lecz obciążonym licznymi barierami. Obejmują one zarówno ograniczenia techniczne i organizacyjne (niedobór kompetencji, trudności w integracji, zarządzanie cyklem życia modeli), jak i bariery ekonomiczne (wysokie koszty infrastruktury, pracy specjalistów, danych i zgodności regulacyjnej). Istotnym wyzwaniem są również złożone ramy prawne oraz narastające oczekiwania etyczne i społeczne, które w praktyce często okazują się równie wymagające jak aspekty finansowe czy technologiczne.

Jednocześnie analiza strategii przewyższania barier wskazuje, że istnieją realne możliwości zmniejszania ich wpływu. Należą do nich: wykorzystanie otwartoźródłowych modeli i praktyk MLOps, optymalizacja kosztów poprzez hybrydowe podejście do infrastruktury, inwestycje w rozwój kompetencji pracowników, wdrożenie ram zgodności opartych na ISO/IEC 42001 i NIST AI RMF, a także wypracowanie kodeksów etycznych i mechanizmów transparentnej komunikacji.

Wnioskiem ogólnym jest to, że insourcing AI nie jest ścieżką uniwersalną i opłacalną dla wszystkich organizacji. Jego powodzenie zależy od dojrzałości technologicznej, dostępnych zasobów i zdolności zarządczych. Firmy, które zdecydują się na tę strategię, powinny przygotować się na wysokie nakłady początkowe oraz konieczność utrzymywania interdyscyplinarnych zespołów, ale w zamian mogą uzyskać większą kontrolę nad technologią i przewagę konkurencyjną w obszarach, gdzie dane i modele stanowią strategiczny zasób.

Literatura

1. Al-Maamari, A. (2025). *Between innovation and oversight: A cross-regional study of AI risk management frameworks in the EU, U.S., UK, and China*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.05773>
2. Bailis, P., Olukotun, K., Ré, C., & Zaharia, M. (2017). *Infrastructure for usable machine learning: The Stanford DAWN project*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1705.07538>

3. Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
4. Biroğul, S., Şahin, Ö., & Ösgərli, H. (2025). Exploring the impact of ISO/IEC 42001:2023 AI management standard on organizational practices. *Advances in Artificial Intelligence Research*, 5(1), 14-22. <https://doi.org/10.54569/air.1709628>
5. Campos, S., Papadatos, H., Roger, F., Touzet, C., Quarks, O., & Murray, M. (2025). *A frontier AI risk management framework: Bridging the gap between current AI practices and established risk management*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.06656>
6. Cottier, B., Rahman, R., Fattorini, L., Maslej, N., Besiroglu, T., & Owen, D. (2024). *The rising costs of training frontier AI models*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.21015>
7. Ghazawneh, A., & Henfridsson, O. (2010). Governing third-party development through platform boundary resources. W *Proceedings of the 31st International Conference on Information Systems (ICIS2010)*, Paper 48. <https://scispace.com/pdf/governing-third-party-development-through-platform-boundary-3nj5o12dmg.pdf>
8. Heymann, F., Parginos, K., Bessa, R. J., & Galus, M. (2023). Operating AI systems in the electricity sector under European's AI Act – Insights on compliance costs, profitability frontiers and extraterritorial effects. *Energy Reports*, 10, 4538-4555. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.11.020>
9. ISO 27001. *Technologia informacyjna – Techniki bezpieczeństwa – Systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji – Wymagania*. Polski Komitet Normalizacyjny.
10. ISO 9001. *Systemy zarządzania jakością – Wymagania*. Polski Komitet Normalizacyjny.
11. ISO/IEC 42001:2023. *Artificial intelligence – Management system*. International Organization for Standardization.
12. Kandpal, N., & Raffel, C. (2025). *Position: The most expensive part of an LLM should be its training data*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.12427>
13. Kwon, D. (2024, July 30). AI is complicating plagiarism. How should scientists respond?. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-02371-z>
14. Ljube, D., Mišič Jančar, J., & Jeran, M. (2024). Economic analysis of the new regulation of the European Parliament and Council on artificial intelligence. *Socratic Lectures*, 11, 113-118. <https://doi.org/10.55295/PSL.11.2024.13>
15. National Institute of Standards and Technology. (2024). *Artificial Intelligence Risk Management Framework: Generative Artificial Intelligence Profile (NIST AI 600-1)*. NIST. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.600-1>
16. Patel, D., Raut, G., Cheetirala, S. N., Nadkarni, G. N., Freeman, R., Glicksberg, B. S., Klang, E., & Timsina, P. (2024). *Cloud platforms for developing generative AI solutions: A scoping review of tools and services*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.06044>
17. *Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act)*. Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>
18. Rowan, J., Sniderman, B., Ammanath, B., Jarvis, D., & Perricos, C. (2024). *The state of AI in the enterprise. Deloitte's 2026 AI report tracking adoption and impact*. <https://www.deloitte.com/us/en/what-we-do/capabilities/applied-artificial-intelligence/content/state-of-ai-in-the-enterprise.html>
19. Swaminathan, N., & Danks, D. (2024). Application of the NIST AI Risk Management Framework to surveillance technology. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.15646>

-
20. The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI). (2025). *The 2025 AI Index Report*. <https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report>
 21. Torrance, A. W., & Tomlinson, B. (2023). *Training is everything: Artificial intelligence, copyright, and fair training*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.03720>
 22. Wernerfelt, B. (1984). A Resource-Based View of the Firm. *Strategic Management Journal*, 5(2), 171-180.
 23. Wessel, M., Adam, M., Benlian, A., Majchrzak, A., & Thies, F. (2025). Generative AI and its Transformative Value for Digital Platforms. *Journal of Management Information Systems*, 42(2), 346-369. <https://doi.org/10.1080/07421222.2025.2487315>
 24. Yang, S. A., & Zhang, A. H. (2024). *Generative AI and copyright: A dynamic perspective*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.17801>

ROZDZIAŁ 14

ZWINNE ORGANIZACJE W SYTUACJACH KRYZYSOWYCH – PRZYPADEK SŁOWEŃSKICH PRZEDSIĘBIORSTW PRZEMYSŁOWYCH

Maria Kocot

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Katedra Informatyki Ekonomicznej

Wprowadzenie

Środowisko biznesowe, w którym funkcjonują współczesne przedsiębiorstwa, charakteryzuje się wysokim stopniem turbulencji, rosnącą zmiennością oraz nasilającą się presją konkurencyjną. W warunkach globalnej niestabilności gospodarczej, nieprzewidywalności, postępującej cyfryzacji oraz złożonych zależności międzynarodowych coraz większego znaczenia nabierają zdolność organizacji do elastycznego reagowania na zakłócenia i umiejętność adaptacji do zmieniających się warunków otoczenia (Kocot i in., 2024). Szczególnie w sytuacjach kryzysowych, do których należą przerwanie ciągłości działania, zaburzenia w łańcuchach dostaw czy nagłe zmiany popytu, pojawia się potrzeba wykształcenia skutecznych i przemyślanych działań zarządczych. W tym aspekcie, koncepcja zwinności organizacyjnej stanowi istotne narzędzie, które zapewni przetrwanie i rozwój organizacji w obliczu niepewności i zakłóceń (Ahmed, 2024).

Podjęcie tematu zwinnych reakcji organizacji w sytuacjach kryzysowych jest szczególnie istotne ze względu na rosnącą skalę i częstotliwość występowania kryzysów, które pojawiają się w charakterze zarówno lokalnym, jak i globalnym. Doświadczenia ostatnich lat (w tym pandemia COVID-19, napięcia geopolityczne czy zakłócenia energetyczne) uwypukliły potrzebę przeformułowania dotychczasowych modeli funkcjonowania przedsiębiorstw. Trzeba też zwrócić większą uwagę na potrzebę wykształcenia odporności systemowej, adaptacyjności oraz proaktywnego zarządzania zmianą. Szczególnego znaczenia nabiera przy tym analiza sektorów tradycyjnie postrzeganych jako mniej elastyczne. Specyficznym sektorem jest przemysł. Tutaj zwinność może okazać się integralnym czynnikiem przewagi konkurencyjnej.

Celem opracowania była identyfikacja i charakterystyka mechanizmów zwinnych reakcji przedsiębiorstw przemysłowych na sytuacje kryzysowe ze szczególnym uwzględnieniem doświadczeń słoweńskich firm. Poprzez analizę empiryczną ukazano, w jaki sposób zwinne podejście do zarządzania może skutecznie i zarazem

efektywnie wspierać zarządzanie kryzysem. Pozwala to na ograniczenie negatywnych skutków zakłóceń, a równocześnie na generowanie długofalowych korzyści strategicznych. Treści zawarte w rozdziale wnoszą wartość dodaną do literatury przedmiotu, przedstawiając autorski model teoretyczny uwzględniający specyfikę przemysłu jako kontekstu wdrażania praktyk zwinnych. Nowatorstwo opracowania polega na połączeniu perspektywy zarządzania kryzysowego z koncepcją zwinności organizacyjnej. Ukazany zostaje także praktyczny wymiar tej relacji w warunkach rzeczywistego zagrożenia.

Zwinne organizacje w środowisku biznesowym

Współczesne otoczenie biznesowe jest otoczeniem turbulentnym charakteryzującym się rosnącą złożonością, zmiennością i występowaniem ryzyka. W tak nieprzewidywalnym środowisku coraz większe znaczenie przypisuje się koncepcji zwinności organizacyjnej (*agility*) (Kocot i in., 2024). Stanowi ona odpowiedź na potrzebę szybkiego i elastycznego dostosowywania się do dynamicznych warunków otoczenia. W literaturze przedmiotu zwinność organizacyjna definiowana jest jako zdolność organizacji do szybkiego reagowania na zmiany. Oznacza ona też wykorzystanie pojawiających się okazji rynkowych oraz skuteczne przeciwdziałanie zagrożeniom. Przejście od tradycyjnych modeli zarządzania do podejścia zwinnego uznaje się za jeden z integralnych elementów zwiększających konkurencyjność przedsiębiorstw i decydujących o ich pozycji rynkowej (Penchev & Kenarova-Pencheva, 2024).

Organizacje zwinne cechuje otwartość na innowacje, wysoki poziom adaptacyjności oraz decentralizacja decyzji. Kultura organizacyjna w organizacji zwinnej sprzyja uczeniu się i współpracy. W takim modelu działania promowane są krótkie cykle decyzyjne, eksperymentowanie oraz szybkie testowanie hipotez rynkowych. Kluczową rolę odgrywają tu multidyscyplinarne zespoły (Omachi & Ajewumi, 2024). Struktury te samodzielnie planują i realizują zadania w oparciu o bieżące potrzeby i dane zwrotne od interesariuszy. Pozwala to na eliminowanie zbędnych procedur oraz redukcję opóźnień w procesach decyzyjnych i wykonawczych (Pardo-Fernández i in., 2024).

Wdrażanie zwinnych praktyk odbywa się zarówno w strukturach organizacyjnych, jak i na poziomie zarządzania projektami. Szczególnie często wykorzystuje się metodyki takie jak Scrum, Kanban czy Lean. Wspierają one przejrzystość działań i pozwalają na elastyczne korygowanie planów (Engemann & Miller, 2024). W kontekście strategicznym zwinność organizacyjna postrzegana jest jako zdolność do zarządzania zmianą, szybkiego przeformułowania celów oraz dynamicznego dostosowywania portfela projektów do aktualnych warunków rynkowych. Dzięki temu organizacje mogą utrzymać ciągłość działania w sytuacjach kryzysowych. Wykorzystują one turbulencje otoczenia jako szansę na rozwój (Kocot i in., 2024).

W obecnej sytuacji gospodarczej trzeba przyjąć, że zwinność nie może już być pojmowana tylko w charakterze technik zarządczych. Przeciwnie – jest ona raczej

podejściem mentalnym, wymagającym zmiany kultury organizacyjnej i sposobu myślenia kadry kierowniczej. Kluczowe znaczenie przypisuje się przywództwu wspierającemu autonomię zespołów, promującemu otwartą komunikację oraz wzmacniającemu zaangażowanie pracowników. Długofalowe korzyści wynikające z wdrożenia zwinnych praktyk to m.in. zwiększenie satysfakcji klienta, skrócenie czasu wprowadzania produktów na rynek oraz większa odporność organizacyjna (Onesi-Ozigagun i in., 2024).

Zastosowanie koncepcji zwinności pozostaje szczególnie istotne w sektorach narażonych na szybkie zmiany technologiczne i wymagania konsumentów. Do takich branż należy sektor IT, produkcja przemysłowa, logistyka czy branża usług profesjonalnych (Darusulistyo i in., 2024). Wzrost zainteresowania tematyką zwinności w środowisku akademickim i biznesowym przyczynił się do rozwoju licznych modeli teoretycznych oraz praktycznych narzędzi. Wspierają one organizacje w procesie transformacji. Coraz częściej wskazuje się także na korelację pomiędzy poziomem zwinności a zdolnością do realizacji strategii zrównoważonego rozwoju oraz innowacyjności (Adzgauskaite i in., 2025).

W efekcie zwinność organizacyjna uznawana jest za jeden z głównych czynników warunkujących sukces w zmiennym i niepewnym świecie VUCA (*volatility* – zmienność, *uncertainty* – niepewność, *complexity* – złożoność, *ambiguity* – niejednoznaczność). Wdrażanie zwinnych rozwiązań postrzega się jako proces ciągły, który wymaga zarówno umiejętności zarządzania zmianą, jak i gotowości do eksperymentowania i podejmowania decyzji w warunkach niepełnej informacji. W tym aspekcie zwinne organizacje budują swoją przewagę konkurencyjną poprzez dynamiczne kompetencje, które pozwalają im utrzymać elastyczność i szybkość działania w każdej sytuacji (Tobisch i in., 2024).

Sytuacje kryzysowe i ich wpływ na funkcjonowanie przedsiębiorstw

Sytuacje kryzysowe stanowią nieodłączny element funkcjonowania współczesnych przedsiębiorstw. Mogą przyjmować zarówno charakter wewnętrzny, jak i zewnętrzny. Kryzysy te przybierają różne formy: od gwałtownych zmian w otoczeniu rynkowym, przez zakłócenia łańcuchów dostaw, aż po problemy związane z wizerunkiem, zasobami ludzkimi czy awariami technologicznymi (Opatska i in., 2024). Ich wpływ na organizację jest zazwyczaj wielopłaszczyznowy i niejednoznaczny – oddziałuje zarówno na aspekty operacyjne, jak i strategiczne działalności. Charakterystyczne dla sytuacji kryzysowej jest pojawienie się silnej presji czasowej, ograniczonej dostępności informacji oraz konieczności podejmowania decyzji w warunkach niepewności (Di Prima i in., 2024).

W warunkach kryzysowych dochodzi często do zachwiania dotychczasowej równowagi organizacyjnej. Struktury i procesy, które w warunkach stabilnych funkcjonowały efektywnie, mogą okazać się niewystarczające lub zbyt sztywne, by sprostać

nowym wyzwaniom. Obserwuje się wówczas konieczność szybkiej rekonfiguracji zasobów. Dochodzi też do zmiany priorytetów operacyjnych i redefinicji relacji z kluczowymi interesariuszami (Obłój & Voronovska, 2024). Kryzys wywołuje również zwiększone obciążenie psychologiczne wśród pracowników i menadżerów. Z pewnością oddziałuje to na efektywność komunikacji, jakość podejmowanych decyzji oraz poziom zaufania w organizacji (Alao i in., 2024).

Nieodczonym skutkiem sytuacji kryzysowej jest także zakłócenie ciągłości działania. W zależności od skali i natury kryzysu przedsiębiorstwo może być zmuszone do czasowego wstrzymania produkcji, ograniczenia działalności operacyjnej lub wdrożenia procedur awaryjnych. W takich warunkach znaczenia nabierają zdolności adaptacyjne. Istotna jest też umiejętność reorganizacji działań w czasie rzeczywistym. Często to właśnie sposób zarządzania kryzysem decyduje o tym, czy organizacja będzie w stanie przetrwać oraz czy będzie w stanie odzyskać pozycję rynkową. Wpływa też na to, czy utraci przewagi konkurencyjne i zostanie wyparta przez bardziej elastyczne podmioty (Mizrak, 2024).

Sytuacje kryzysowe testują również skuteczność strategii zarządzania ryzykiem, które w warunkach codziennej działalności mogą być traktowane drugoplanowo. W chwili zaistnienia kryzysu okazuje się, czy organizacja posiada formalnie opracowane plany reagowania oraz czy posiada odpowiednie kompetencje i kulturę organizacyjną umożliwiającą ich sprawne wdrożenie. Praktyka wskazuje, iż te przedsiębiorstwa, które wcześniej inwestowały w scenariusze awaryjne, redundancję zasobów oraz cyfryzację procesów, wykazują się większą odpornością. Są też w stanie szybciej wrócić do pełnej sprawności (Lee i in., 2024).

Oprócz bezpośrednich skutków operacyjnych kryzys generuje również konsekwencje długofalowe. Przekształceniu mogą ulec modele biznesowe, struktury kosztowe czy też mechanizmy tworzenia wartości. Zmieniają się także oczekiwania klientów i partnerów biznesowych, co to z kolei wymusza rewizję dotychczasowych strategii relacyjnych i marketingowych (Hushtan & Korsak, 2024). W wielu przypadkach kryzys staje się impulsem do głębokiej transformacji organizacyjnej, jednakże skala i kierunek tej zmiany zależą od wcześniejszego przygotowania przedsiębiorstwa oraz od jego zdolności do uczenia się na bazie zaistniałej sytuacji (Barrett & Shipway, 2024).

Wreszcie kryzys uwidacznia nierówności strukturalne i niedoskonałości systemowe. W stabilnych warunkach mogły pozostawać one niezauważone lub ignorowane. Ujawniają się słabe punkty w zarządzaniu, nieefektywne procedury, niedostateczna koordynacja między działami oraz braki w zakresie technologii czy kompetencji cyfrowych. W tym kontekście sytuacja kryzysowa pełni rolę swoistego katalizatora. Otwiera on pole dla reorganizacji, odnowy i innowacji (Alharasis & Mustafa, 2024).

Wobec powyższego sytuacje kryzysowe, z natury niepożądane i destabilizujące, mogą stać się także szansą na rozwój. Redefiniują one rolę organizacji w otoczeniu. Warunkiem takiej transformacji jest jednak zatem umiejętność krytycznej analizy jego przyczyn i konsekwencji oraz gotowość do głębokich zmian systemowych.

Postawy zwinnych organizacji wobec sytuacji kryzysowych

Postawy przyjmowane przez organizacje zwinne w obliczu sytuacji kryzysowych wyrażają się głównie poprzez ich zdolności do elastycznego reagowania. Ujawniają, czy organizacja jest w stanie błyskawicznie przystosowywać się do zmieniających się warunków otoczenia oraz skutecznego wykorzystywania niepewności jako źródła wiedzy i potencjalnych przewag strategicznych (Omowole i in., 2024). Kryzys jest w tym ujęciu traktowany jako naturalny element dynamiki funkcjonowania współczesnych systemów gospodarczych (Milewska & Milewski, 2025), który, jeśli jest odpowiednio zarządzany, może pełnić funkcję impulsu rozwojowego i inicjować procesy transformacyjne (Ou & Wong, 2024).

Zwinne organizacje wykazują skłonność do redefiniowania celów operacyjnych i strategicznych w czasie rzeczywistym, zamiast do koncentrowania się na przywróceniu poprzedniego stanu równowagi (Mishra i in., 2025). W sytuacjach kryzysowych dochodzi więc do prób rekonfiguracji zasobów i procesów. Charakterystyczna jest tutaj gotowość do rezygnacji z dotychczasowych schematów działania na rzecz nowych rozwiązań, bardziej dostosowanych do zaistniałych warunków (Morsi i in., 2024).

W ramach kultury organizacyjnej promującej zachowania zwinne istotną rolę odgrywa przekonanie o potrzebie decentralizacji procesów decyzyjnych. W praktyce oznacza to zwiększenie autonomii zespołów zadaniowych, jak również przesunięcie odpowiedzialności w kierunku osób znajdujących się najbliżej problemów operacyjnych (Ewertowski & Kuźmiński, 2024). Tego rodzaju dystrybucja odpowiedzialności przyczynia się do skrócenia czasu reakcji. Pozwala też na tworzenie rozwiązań lepiej dostosowanych do lokalnego kontekstu działania. Wspierane są postawy oparte na zaufaniu, współpracy międzyfunkcyjnej oraz otwartej komunikacji. Przekłada się to na wzrost efektywności działań podejmowanych w warunkach niepewności (Ansari i in., 2024).

W przeciwieństwie do organizacji opartych na strukturach sztywnych i sformalizowanych, zwinne organizacje wykazują wyższą tolerancję w sytuacji niepełnej informacji i niejednoznaczności. Dominujące w nich podejście do zarządzania opiera się na iteracyjnym doskonaleniu rozwiązań. Dużego znaczenia nabiera też zdolność do bieżącej rewizji założeń operacyjnych. Można więc uznać, iż adaptacyjność stanowi efektywny mechanizm permanentnego dostosowywania się do ewoluujących uwarunkowań rynkowych i organizacyjnych (Ou & Wong, 2024; Seker, 2025).

Organizacje zwinne przyjmują również proaktywną postawę wobec potencjalnych zagrożeń. Taka postawa oznacza gotowość do systematycznego uczenia się, prowadzenia eksperymentów oraz testowania hipotez w warunkach rzeczywistego działania. Kryzys jest traktowany jako okazja do generowania wiedzy organizacyjnej. Przy odpowiednim zakotwiczeniu w praktyce może ona stanowić podstawę do długofalowego wzrostu odporności systemowej. W konsekwencji proces zarządzania kryzysem staje się zarówno środkiem zaradczym, jak i elementem strategii organizacyjnego uczenia się i budowania przewagi konkurencyjnej (Di Prima i in., 2024; Omowole i in., 2024).

Należy także zauważyć, że zwinne postawy wobec sytuacji kryzysowych korelują z wysokim poziomem gotowości do zmiany. Przejawia się ona umiejętnością szybkiego przeformułowania priorytetów, restrukturyzacji portfela projektów oraz elastycznego zarządzania zasobami ludzkimi i technologicznymi (Milewska & Milewski, 2025). Organizacje te aktywnie kształtują warunki własnego funkcjonowania poprzez dialog z interesariuszami, redefinicję wartości oferowanej klientom oraz adaptację modeli operacyjnych do nowych realiów (Mishra i in., 2025).

Konkludując, postawy organizacji zwinnych wobec sytuacji kryzysowych charakteryzują się wysokim stopniem adaptacyjności, otwartością na zmiany, decentralizacją odpowiedzialności oraz systemowym podejściem do procesów uczenia się (Ou & Wong, 2024). Takie przedsiębiorstwa skutecznie radzą sobie z kryzysami i wykorzystują je jako okazję do przekształcenia siebie i swojego otoczenia. Budują na tej podstawie trwałą zdolność do funkcjonowania w warunkach permanentnej zmienności (Seker, 2025).

Przedstawione rozważania teoretyczne dotyczące zwinności organizacyjnej oraz zarządzania kryzysowego stanowią ramę interpretacyjną dla dalszej analizy empirycznej. Zidentyfikowane w literaturze atrybuty zwinnych organizacji zostały wykorzystane jako kategorie analityczne w interpretacji studium przypadku słoweńskich przedsiębiorstw przemysłowych.

Część empiryczna pozwala na weryfikację, w jakim stopniu teoretycznie opisane mechanizmy znajdują odzwierciedlenie w rzeczywistych działaniach organizacji, którym przyszło funkcjonować w warunkach występowania kryzysu i ryzyka. Analiza doświadczeń badanych przedsiębiorstw pozwala na skonfrontowanie założeń teoretycznych z praktyką zarządczą. Możliwa staje się ocena użyteczności koncepcji zwinności w kontekście przemysłu. W ten sposób część empiryczna pełni funkcję weryfikacyjną wobec zaprezentowanych wcześniej ujęć teoretycznych.

Słoweńskie przedsiębiorstwa przemysłowe i ich zwinne reakcje w sytuacjach kryzysowych – studium przypadku

Interesujące jest przedstawienie analizy funkcjonowania słoweńskich przedsiębiorstw przemysłowych w warunkach kryzysowych. W tym celu warto przytoczyć badania empiryczne prowadzone przez Čelesnika i in. (2018). Dostarczają one wartościowych danych na temat praktycznego zastosowania zwinnego podejścia w zarządzaniu kryzysem. Badania te skoncentrowane zostały na okresie niestabilności gospodarczej. Objęły osiemnaście firm przemysłowych, które podzielono na dwie grupy: stosujące tradycyjne podejście do kryzysu (*Crisis Management*, CM) oraz te, które wdrażały zasady zwinnego zarządzania kryzysowego (*Agile Crisis Project Management*, ACPM). Otrzymane wyniki pozwoliły na wnioskowanie o rzeczywistej skuteczności metod zwinnych w kontekście reagowania na nieprzewidywalne zakłócenia działalności operacyjnej i strategicznej.

Badania przeprowadzone przez Čelesnika i in. (2018) przybrały charakter studium przypadku o charakterze jakościowym. Opierały się one na analizie porównawczej.

Dobór próby miał charakter celowy i obejmował osiemnaście słoweńskich przedsiębiorstw przemysłowych, które w okresie niestabilności gospodarczej doświadczyły sytuacji kryzysowych. Stosowały one odmienne podejścia do zarządzania kryzysem. Podstawowym kryterium podziału była implementacja tradycyjnego zarządzania kryzysowego (CM) lub zwinnego podejścia (ACPM).

Analiza wyników opierała się na interpretacji danych pozyskanych z ustrukturyzowanych wywiadów menadżerskich. Wzięto pod uwagę również dokumentację organizacyjną. W niniejszym rozdziale przyjęto wtórną analizę wyników autorów. Skoncentrowano się na identyfikacji wzorców zwinnych reakcji organizacyjnych oraz mechanizmów adaptacyjnych ujawniających się w warunkach kryzysowych.

Firmy identyfikowane jako zwinne wykazały wyraźną zdolność do przekształcenia kryzysu w impuls do wewnętrznej reorganizacji. Skutkowało to zarówno odbudową pozycji rynkowej, jak i poprawą wyników finansowych. Obserwowane działania charakteryzowały się wysokim stopniem elastyczności i skróceniem cykli decyzyjnych. Ponadto skutecznie wykorzystywano wiedzę rozproszoną wewnątrz organizacji. W procesach zarządzania kryzysowego stosowano podejście iteracyjne. Pozwoliło ono na bieżące dostosowywanie celów i zasobów do zmieniającej się sytuacji. Szczególną uwagę zwrócono na szybkość reakcji, ograniczenie formalizmów oraz decentralizację odpowiedzialności, co zwiększało efektywność podejmowanych decyzji.

W przedsiębiorstwach przemysłowych operujących według zasad zwinności zaobserwowano także większą spójność działań zespołów projektowych. Znamienny był również silniejszy nacisk na transparentność komunikacyjną. Zespoły interdyscyplinarne funkcjonujące w sposób autonomiczny przyczyniały się do przyspieszenia procesu wykrywania zagrożeń i implementowania rozwiązań. Istotną rolę odegrało aktywne monitorowanie otoczenia, które warunkowało zdolność do dynamicznej rekonfiguracji portfela projektów. Przełożyło się to z kolei na skuteczne dostosowanie się do nowych realiów rynkowych bez utraty ciągłości działania.

Rezultaty analizy porównawczej pokazały, że firmy stosujące zwinne podejście w kontekście zarządzania kryzysem charakteryzowały się krótszym czasem trwania fazy restrukturyzacyjnej. Ich cechą charakterystyczną była też wyższa efektywność we wdrażaniu zmian. Co istotne, sukces transformacji nie był wynikiem posiadania większych zasobów – stał się rezultatem sposobu ich organizowania i mobilizacji. Uwagę zwrócono również na fakt, iż zwinne firmy częściej podejmowały działania prewencyjne, rezygnując wyłącznie z działań reaktywnych, dzięki czemu były lepiej przygotowane na przyszłe zakłócenia i potrafiły lepiej je absorbować.

Studium przypadku słoweńskich przedsiębiorstw przemysłowych opierało się na zróżnicowanym materiale empirycznym. Obejmował on zarówno dane jakościowe, jak i ilościowe. Tak obrana metoda umożliwiła identyfikację sposobów podejmowania decyzji, organizacji pracy zespołowej oraz mechanizmów reagowania na zakłócenia. Dzięki uzyskanym danym możliwa stała się pogłębiona analiza procesów decyzyjnych, stopnia decentralizacji odpowiedzialności oraz praktyk iteracyjnego dostosowywania działań.

Uzupełnieniem analizy jakościowej były wybrane wskaźniki ilościowe. Odnosiły się m.in. do czasu trwania procesów restrukturyzacyjnych, dynamiki odbudowy

wyników finansowych oraz zmian w efektywności operacyjnej przedsiębiorstw po zakończeniu fazy kryzysowej. Następnie dokonano porównania skuteczności podejścia tradycyjnego i zwinnego oraz wnioskowania dotyczącego pozytywnego wpływu zwinności na zdolność przedsiębiorstw przemysłowych do przewyższania kryzysów.

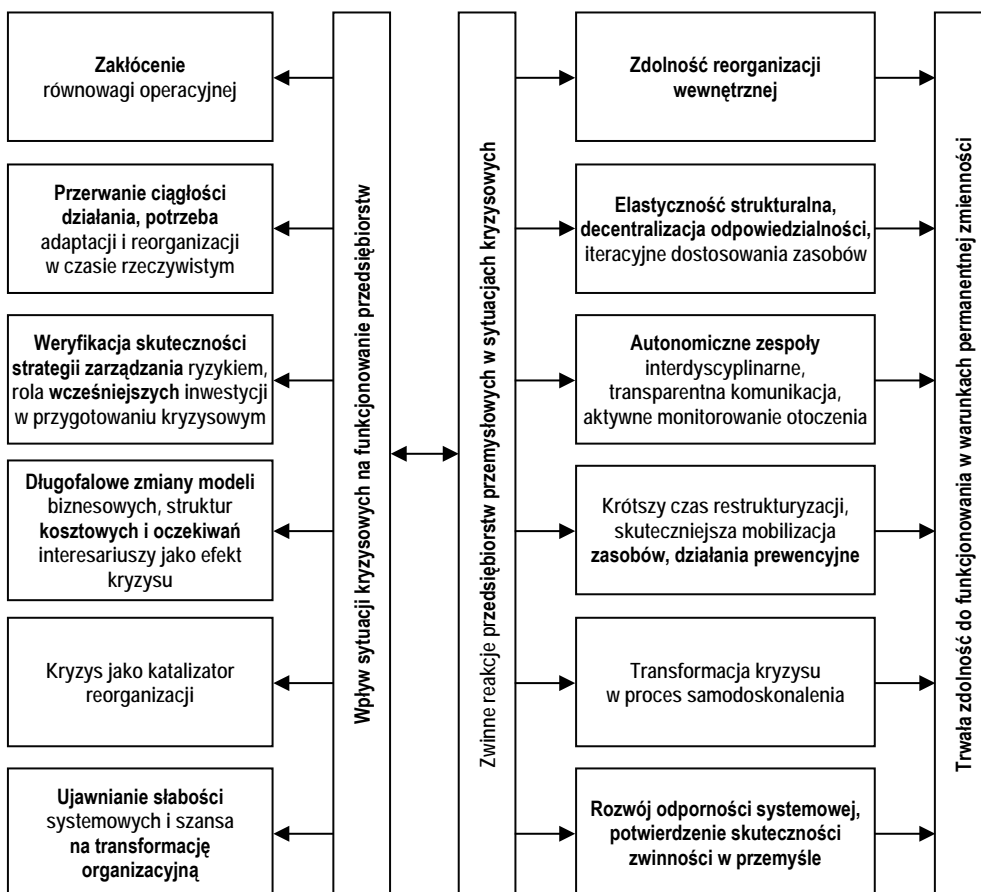
Trzeba zaznaczyć, iż zakres prezentowanych danych nie pozwolił na pełną generalizację wyników, jednak ich triangulacja jakościowo-ilościowa zwiększyła w badanym kontekście przemysłowym wiarygodność wniosków dotyczących skuteczności zwinnego zarządzania kryzysem.

Warto również podkreślić, że zwinność w omawianych przypadkach obejmowała także decyzje strategiczne. Organizacje analizowane w badaniu przejawiały zdolność do rewizji swoich modeli biznesowych, elastycznego zarządzania łańcuchem wartości oraz przekształcania relacji z interesariuszami. W efekcie działania te przyczyniły się do przewyższenia kryzysu, lecz, co najważniejsze, umożliwiły wypracowanie nowych przewag konkurencyjnych. W dłuższej perspektywie zwiększyło to ich odporność systemową.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że skuteczność zwinnych reakcji słownych przedsiębiorstw przemysłowych w sytuacjach kryzysowych była silnie skorelowana z kulturą organizacyjną wspierającą uczenie się, współodpowiedzialność oraz eksperymentowanie. Przyjęcie takich postaw umożliwiło efektywne reagowanie na bieżące zakłócenia. Przełożyło się też na przekształcenie procesu kryzysowego w okazję do samodoskonalenia i systemowego rozwoju. Studium przypadku stanowi zatem istotny wkład do literatury przedmiotu, analiza potwierdziła bowiem zasadność wdrażania zasad zwinności w tradycyjnych branżach przemysłowych, w których dynamika zmian i presja otoczenia pozostają kluczowe.

Przedstawione rozważania i przeprowadzone badania pozwalają na konstrukcję autorskiego modelu teoretycznego, który ukazano na rysunku 14.1. Model ten obrazuje zależność pomiędzy charakterystyką sytuacji kryzysowej a zwinnością reakcji przedsiębiorstw przemysłowych. Zidentyfikowano czynniki zakłócające równowagę operacyjną organizacji, takie jak przerwanie ciągłości działania, konieczność reorganizacji w czasie rzeczywistym oraz potrzeba adaptacji do nowych warunków. W odpowiedzi na te wyzwania przedsiębiorstwa zwinne uruchamiają mechanizmy elastyczności strukturalnej, decentralizacji odpowiedzialności oraz iteracyjnego dostosowywania zasobów.

W przedstawionym modelu zaakcentowano rolę autonomicznych zespołów interdyscyplinarnych, transparentnej komunikacji oraz aktywnego monitorowania otoczenia. Potraktowano je jako kluczowe elementy decydujące o skutecznej reakcji. Jednocześnie wskazano na znaczenie wcześniejszych inwestycji w przygotowanie kryzysowe, strategii zarządzania ryzykiem oraz cyfryzacji procesów, które wzmacniają odporność organizacyjną. W wyniku wdrażanych działań obserwuje się skrócenie czasu restrukturyzacji, skuteczniejszą mobilizację zasobów oraz częstsze stosowanie działań prewencyjnych.



Rysunek 14.1. Sytuacje kryzysowe a zwinne reakcje przedsiębiorstw przemysłowych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Čelesnik i in., 2018)

Niniejszy model uwzględnia także długofalowe skutki sytuacji kryzysowych, takich jak zmiany modeli biznesowych, struktur kosztowych oraz oczekiwań interesariuszy. Kryzys został przedstawiony jako katalizator reorganizacji i impuls do samodoskonalenia. Prowadzi on do rozwoju odporności systemowej i trwałej zdolności do funkcjonowania w warunkach permanentnej zmienności. Rysunek 14.1 stanowi zatem syntetyczne ujęcie zależności między zakłóceniami kryzysowymi a zwinnością organizacyjną.

Przedstawiony model (por. rys. 14.1) odzwierciedla zależność przyczynowo-skutkową, jaka występuje pomiędzy pojawieniem się sytuacji kryzysowej a uruchamianiem zwinnych mechanizmów reakcji przedsiębiorstwa. Prezentuje zakłócenia równowagi organizacyjnej, do których należą takie bariery jak przerwanie ciągłości działania czy presja czasowa. Wskazuje on jednocześnie, że niniejsze zakłócenia inicjują proces reorganizacji wewnętrznej. W odpowiedzi organizacje uruchamiają mechanizmy zwinności obejmujące elastyczność strukturalną, decentralizację

odpowiedzialności oraz iteracyjne dostosowywanie zasobów, które pośredniczą pomiędzy kryzysem a efektami w postaci skrócenia czasu restrukturyzacji, skuteczniejszej mobilizacji zasobów i wzrostu zdolności do działań prewencyjnych.

Przedstawiony model może pełnić również funkcję diagnostyczną, ponieważ ocenia gotowość organizacji do reagowania na kryzys poprzez analizę czasu podejmowania decyzji, zakresu autonomii zespołów, częstotliwości korekt działań oraz zdolności do rewizji modeli biznesowych w warunkach niepewności.

Podsumowanie

Przedstawione rozważania oraz przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie kilku istotnych wniosków dotyczących funkcjonowania organizacji zwinnych w warunkach kryzysowych ze szczególnym uwzględnieniem doświadczeń słownickich przedsiębiorstw przemysłowych. W obliczu nieprzewidywalnych i turbulentnych zmian otoczenia gospodarczego zwinność organizacyjna jawi się jako kluczowy czynnik, który pozwala na skuteczne reagowanie na zakłócenia. Umożliwia również budowanie długofalowej odporności systemowej. Zdolność do szybkiej adaptacji, elastycznego zarządzania zasobami, decentralizacji odpowiedzialności oraz iteracyjnego dostosowywania działań można uznać za determinant skutecznego zarządzania kryzysem.

Z przeanalizowanego studium przypadku wynika, że przedsiębiorstwa zwinne potrafią przekształcić sytuację kryzysową w impuls do wewnętrznej transformacji. Powoduje to poprawę efektywności operacyjnej, skraca cykle decyzyjne i zwiększa spójność działań zespołowych. Wskazano, że skuteczność działań nie zależy od wielkości zasobów, za to jest silnie skorelowana ze sposobem ich organizowania, zaangażowania zespołów interdyscyplinarnych oraz z transparentną komunikacją. Zwinność umożliwiła minimalizację skutków zakłóceń oraz pozwala na wykorzystanie kryzysu jako źródła wiedzy i okazji do redefinicji modeli biznesowych oraz relacji z interesariuszami.

Kryzys pełni funkcję katalizatora ujawniającego słabości systemowe i jednocześnie otwiera przestrzeń dla reorganizacji oraz wdrażania innowacyjnych rozwiązań. W badanych przypadkach potwierdzono, że organizacje charakteryzujące się kulturą wspierającą uczenie się, współodpowiedzialność i eksperymentowanie osiągają wyższy poziom odporności i zdolności do samodoskonalenia. Wdrażanie zwinnych praktyk wymaga jednak głębokiej transformacji mentalnej i kulturowej w organizacji.

Konkludując, zwinność organizacyjna stanowi efektywną odpowiedź na wyzwania współczesnego środowiska VUCA. W kontekście przemysłu, gdzie presja na elastyczność i szybkość reakcji jest równie silna jak w sektorach wysokich technologii, podejście to okazuje się szczególnie przydatne. Wyniki analiz potwierdzają zasadność wdrażania zasad zwinności w celu przeciwdziałania kryzysom. Jest to także strategia umożliwiająca długofalowy rozwój, zwiększenie konkurencyjności i budowanie zdolności adaptacyjnej w obliczu przyszłych wyzwań.

Przeprowadzona analiza posiada określone ograniczenia, które należy uwzględnić w interpretacji uzyskanych wyników. Po pierwsze, wnioskowanie oparto na wynikach jednego źródła empirycznego, a to z pewnością ogranicza możliwość pełnej generalizacji obserwowanych zależności. Studium przypadku słoweńskich przedsiębiorstw przemysłowych dostarcza pogłębionego wglądu w mechanizmy zwinnych reakcji kryzysowych, ale nie pozwala w pełni na formułowanie uniwersalnych uogólnień dla wszystkich sektorów i kontekstów gospodarczych. Po drugie, specyfika słoweńskiego przemysłu, obejmująca jego skalę, strukturę własnościową, stopień umiędzynarodowienia oraz uwarunkowania instytucjonalne, może wpływać na sposób wdrażania i skuteczność zwinnych praktyk zarządczych. W związku z tym przedstawione wnioski należy traktować jako kontekstowe i osadzone w określonych realiach gospodarczych. Ograniczenia wskazują jednocześnie kierunki dalszych badań. W szczególności uwypuklono potrzebę analiz porównawczych obejmujących inne kraje oraz sektory gospodarki.

Na podstawie przeprowadzonych analiz i przedstawionych wniosków zasadne jest sformułowanie rekomendacji, które mogą wesprzeć przedsiębiorstwa w budowaniu zwinności organizacyjnej. Pomogą też w skutecznym reagowaniu na sytuacje kryzysowe. Przede wszystkim należy dążyć do kształtowania kultury organizacyjnej sprzyjającej otwartości na zmiany, uczeniu się oraz wprowadzaniu odpowiedzialności. Konieczne jest upowszechnienie podejścia iteracyjnego w realizacji projektów. Należy wdrażać mechanizmy umożliwiające szybkie testowanie rozwiązań i ich bieżącą modyfikację. Szczególną uwagę należy poświęcić decentralizacji procesów decyzyjnych. Ważne jest zwiększenie autonomii zespołów i przekazanie odpowiedzialności pracownikom najbliższym źródłom problemów operacyjnych.

Warto inwestować w rozwój kompetencji cyfrowych, narzędzi analitycznych oraz systemów, sprzyjają one bowiem aktywnemu monitorowaniu otoczenia. Niezbędne jest również tworzenie warunków do skutecznej komunikacji międzyfunkcyjnej oraz promowanie transparentności działań. Sprzyja to lepszemu zrozumieniu sytuacji i skraca czas reakcji. Rekomenduje się opracowanie i testowanie scenariuszy awaryjnych oraz regularne doskonalenie strategii zarządzania ryzykiem, dzięki czemu organizacja jest przygotowana na różne warianty zakłóceń.

Organizacje powinny być gotowe do przekształcania sytuacji kryzysowych w okazje do rozwoju. Wymaga to elastyczności w zakresie zarządzania portfelem projektów, modelami biznesowymi oraz relacjami z interesariuszami. Zaleca się także promowanie przywództwa wspierającego zaangażowanie, eksperymentowanie oraz innowacyjność. Kluczowe staje się traktowanie kryzysu jako źródła wiedzy i impulsu do transformacji. W dłuższej perspektywie może to przyczynić się do zwiększenia odporności organizacyjnej i uzyskania trwałej przewagi konkurencyjnej na rynku.

W procesie przygotowywania rozdziału korzystano z narzędzi AI ChatGPT (2025 r.) w celu wyszukiwania błędów stylistycznych, korekty stylistycznej i językowej, wstępnej selekcji literatury.

Literatura

1. Adzgauskaite, M., Tam, C., & Martins, R. (2025). What helps Agile remote teams to be successful in developing software? Empirical evidence. *Information and Software Technology*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2024.107593>
2. Ahmed, F. (2024). Implementing Agile methodologies in business management. *Journal of Management & Social Science*, 2(01), 17-24. <https://ipindexing.com/journal-article-file/46901/implementing-agile-methodologies-in-business-management>
3. Alao, A. I., Adebisi, O. O., & Olaniyi, O. O. (2024). The interconnectedness of earnings management, corporate governance failures, and global economic stability: A critical examination of the impact of earnings manipulation on financial crises and investor trust in global markets. *Asian Journal of Economics, Business and Accounting*, 24(11), 47-73. <https://doi.org/10.9734/ajeba/2024/v24i111542>
4. Alharasis, E. E., & Mustafa, F. (2024). The effect of the Covid-19 epidemic on auditing quality and the reaction of family vs non-family businesses to Covid-19: The case of Jordan. *Journal of Family Business Management*, 14(3), 405-430. <https://doi.org/10.1108/JFBM-07-2023-0106>
5. Ansari, M. S. A., Abouraia, M., El Morsy, R., & Thumiki, V. R. R. (2024). Influence of transformational and transactional leadership on agile project success. *Project Leadership and Society*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2024.100136>
6. Barrett, Z., & Shipway, R. (2024). Crisis management response strategies of small-scale sport event organizations to the effects of the COVID-19 pandemic. *Event Management*, 28(3), 441-459. <https://doi.org/10.3727/152599524X17046754077370>
7. Čelesnik, G., Radujković, M., & Vrečko, I. (2018). Resolving companies in crisis: Agile crisis project management. *Organizacija*, 51(4), 223-237. <https://doi.org/10.2478/orga-2018-0023>
8. Darusulistyo, S., Wibisono, D., Wandebori, H., Novani, S., & Kencanasari, R. (2024). Critical success factors and agile transformation framework in oil and gas company operations. *Grey Journal*, 20(1).
9. Di Prima, C., Kotaskova, A., Yildiz, H., & Ferraris, A. (2024). How to survive social crises? An HR analytics data-driven approach to improve social sustainable operations effectiveness. *Management Decision*, 62(7), 2064-2084. <https://doi.org/10.1108/MD-06-2023-0973>
10. Engemann, K. J., & Miller, H. E. (2024). Toward revealing concealed risks for agile IT service management practices. *Information Systems and e-Business Management*. <https://doi.org/10.1007/s10257-023-00666-8>
11. Ewertowski, T., & Kuźmiński, P. (2024). The safety management and organizational resilience system maturity of aviation organizations during the COVID-19 pandemic: Comparison of two approaches to achieving safety. *Sustainability*, 16(4), 1-17.
12. Hushtan, T., & Korsak, R. (2024). The role of state support in the development of the hotel and restaurant business in the context of crisis phenomena and eurointegration processes. *Baltic Journal of Economic Studies*, 10(2), 78-84. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-78-84>
13. Kocot, M., Kocot, D., Soboń, J., & Kwasek, A. (2024). Determinants of the use of renewable energy sources in agile organizations. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie*, 203, 127-143. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2024.203.8>
14. Kocot, M., Kwasek, A., Maciaszczyk, M., Golińska-Pieszyńska, M., Protasowicki, I., Kandefer, K., & Soboń, J. (2024). The role of employee competencies in the sustainable development and energy efficiency of agile organizations. *Sustainability*, 16(22). <https://doi.org/10.3390/su16229755>

15. Lee, S., Song, H. J., Yoon, H., Kim, C.-S., & Ham, S. (2024). Resilience of the hospitality industry during crises: A comparison between the 2008 financial crisis and COVID-19. *International Journal of Hospitality Management*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2023.103622>
16. Milewska, B., & Milewski, D. (2025). Lean, agile, and six sigma: Efficiency and the challenges of today's world: Is it time for a change?. *Sustainability*, 17(8). <https://doi.org/10.3390/su17083617>
17. Mishra, N. K., Pande Sharma, P., & Chaudhary, S. K. (2025). Redefining agile supply chain practices in the disruptive era: A case study identifying vital dimensions and factors. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 18(1), 64-90. <https://doi.org/10.1108/JGOSS-04-2023-0031>
18. Mizrak, K. C. (2024). Crisis management and risk mitigation: Strategies for effective response and resilience. *Trends, Challenges, and Practices in Contemporary Strategic Management*, 254-278. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1155-4.ch013>
19. Morsi, I., Hussein, M. R., Habib, M. F., Freeman, H., & Swint, M. (2024). Optimizing healthcare programs: A comparative analysis of agile and traditional management approaches. *medRxiv*, 2024-07. <https://doi.org/10.1101/2024.07.16.24310351>
20. Obłój, K., & Voronovska, R. (2024). How business pivots during war: Lessons from Ukrainian companies' responses to crisis. *Business Horizons*, 67(1), 93-105. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2023.09.001>
21. Omachi, V. O., & Ajewumi, O. E. (2024). The influence of agile organizational design on employee engagement and performance in the digital age. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(10), 25-39. <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.1024.2702>
22. Omowole, B. M., Olufemi-Philips, A. Q., Ofofode, O. C., Eyo-Udo, N. L., & Ewim, S. E. (2024). Conceptualizing agile business practices for enhancing SME resilience to economic shocks. *International Journal of Scholarly Research and Reviews*, 5(2). <https://doi.org/10.56781/ijssr.2024.5.2.0049>
23. Onesi-Ozigagun, O., Ololade, Y. J., Eyo-Udo, N. L., & Ogundipe, D. O. (2024). Agile product management as a catalyst for technological innovation. *International Journal of Scientific Research Updates*, 7(2), 9-23. <https://doi.org/10.53430/ijssru.2024.7.2.0033>
24. Opatska, S., Johansen, W., & Gordon, A. (2024). Business crisis management in wartime: Insights from Ukraine. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 32(1). <https://doi.org/10.1111/1468-5973.12513>
25. Ou, J., & Wong, I. A. (2024). Moving through the storm: A longitudinal study on IT-based agile organizational crisis response. *Sage Open*, 14(2). <https://doi.org/10.1177/21582440241239467>
26. Pardo-Fernández, E., Alonso-Neira, M. A., & Martínez-Meseguer, C. (2024). Ecosystems and agile organizations: The transition to spontaneous order. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 25(1), 27-42.
27. Penchev, P., & Kenarova-Pencheva, I. (2024). A case study of the agile enterprise regarding the external business environment. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, 18(1), 573-582. <https://doi.org/10.2478/picbe-2024-0049>
28. Seker, S. (2025). Evaluation of agile attributes for low-cost carriers to achieve sustainable development using an integrated MCDM approach. *Management Decision*, 63(4), 1229-1261. <https://doi.org/10.1108/MD-10-2023-1896>
29. Tobisch, F., Weigelt, K., Philipp, P., & Matthes, F. (2024). Investigating effort estimation in a large-scale agile ERP transformation program. W D. Šmite, E. Guerra, W. Wang, M. Marchesi & P. Gregory (Eds.), *Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming*. Springer.

ROZDZIAŁ 15

PROCESY INNOWACYJNE W PRZEDSIĘBIORSTWACH DZIAŁAJĄCYCH W POLSCE

Beata Skowron-Grabowska¹, Paula Pyplacz²

¹ Politechnika Częstochowska
Centrum Przedsiębiorczości

² Politechnika Częstochowska
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

Zagadnienia innowacji rozważane są w zakresie nauk o zarządzaniu na wielu płaszczyznach. Jedną z bardziej znaczących płaszczyzn jest ujęcie modelowe innowacji stanowiących bazę rozwoju każdego przedsiębiorstwa.

Za punkt wyjścia rozważań przyjęto obszar zarządzania wiedzą niezbędną do kreowania nowych produktów i technologii (Morawski, 2014). Równie ważna jest wiedza dotycząca wdrożenia innowacji w odpowiedzi na potrzeby konsumentów (Kieźel, 2018). W wyzwania tego rodzaju wpisują się innowacje o charakterze najnowszych technologii ukierunkowane na rozwój przedsiębiorstw (Jasińska-Biliczak, 2017). Powyższe kierunki oddziaływania innowacji wymagają uwzględnienia perspektywy długookresowej. Istotne są zwłaszcza główne cele innowacji oraz warunki brzegowe ich wdrożenia (Mielcarek, 2017). Prawidłowe umiejscowienie celu innowacji w przestrzeni określonej przez warunki brzegowe umożliwi wzrost efektywności przedsiębiorstwa w wyniku innowacji.

Innowacje, umożliwiając wzrost efektywności przedsiębiorstwa z uwagi na ich złożoność, wymagają uogólnień i uproszczeń (Garud i in., 2013). Działania tego rodzaju umożliwiają modelowe ujęcia innowacji, w których bazuje się na unikalnych identyfikatorach decyzji wspierających integrację rozproszonych, heterogenicznych danych kreujących bazę procesów zarządzania (Szpitter, 2020). Utworzona baza to wypadkowa oddziaływania różnych czynników i uwarunkowań tworzących podstawę do modelowego ujęcia decyzji innowacyjnych. Na wyróżnienie zasługuje model konkurujących wartości ukierunkowany na innowacje (Czekaj & Ziębicki, 2013).

W modelowych ujęciach uzasadnione jest wyeksponowanie innowacji organizacyjnych, które zidentyfikowano jako rodzaj działań umożliwiający adaptację nowości w organizacji. Uwzględniając różnorodne aspekty innowacji, wskazano na modelowanie procesów decyzyjnych w przedsiębiorstwie i odniesiono się do uwarunkowań innowacji w kontekście zarządzania wiedzą.

Procesy innowacyjne a zarządzanie wiedzą

Problematyka zarządzania organizacją dotyczy w znacznym zakresie procesów kreowania i rozwoju nowych metod stanowiących odpowiedzi na wyzwania przedsiębiorstw funkcjonujących na konkurencyjnych rynkach. Należy wskazać, że procesy wcześniej wymienione można rozpatrywać w dwóch wymiarach – koncepcyjnym i utylitarnym. Wymiar koncepcyjny koncentruje się na rozwiązaniach prowadzących do skutecznego i sprawnego zarządzania, wpływających na zmiany celów, kreowanie wartości oraz systemy funkcjonowania przedsiębiorstw. W wymiarze utylitarnym realizowany jest proces rozwoju i konkretyzacji działalności przedsiębiorstwa w formie praktycznych rozwiązań, które integrują koncepcje i paradygmaty (Czekaj & Ćwiklicki, 2014). W konsekwencji procesy integracyjne umożliwiają wdrożenie innowacji w przedsiębiorstwach ukierunkowanych w swych działaniach na innowacyjność. Realizacja innowacji wymaga odpowiednich działań, relacji i uwarunkowań (tab. 15.1).

Tabela 15.1. Zasoby i relacje w zarządzaniu przedsiębiorstwem w aspekcie innowacyjnym

Przedsiębiorstwa	Klient	Rynek
Zasoby/wiedza	Procesy kreowania nowych potrzeb	Relacje międzyorganizacyjne
Kreatywność		
Przedsiębiorczość	Innowacje	Sięciowość
Innowacyjność	Innowacje organizacyjne	Transfer zasobów wartości
<i>Key Enabling Technologies</i>	Innowacje wartości	Zarządzanie przedsiębiorstwem

Źródło: (Czekaj & Ćwiklicki, 2014)

Powyższe ujęcie uwzględnia perspektywę przedsiębiorstwa z zasobami, kreatywnością, przedsiębiorczością i innowacyjnością. Wskazano również na rodzaje innowacji w aspekcie podstawowych warunków dla inkubacji i transformacji procesów zarządzania (Reynolds i in., 2025).

Procesy transformacji w dużym zakresie determinują rozwój innowacyjności w przedsiębiorstwach wprowadzających nowy lub znacząco zmodyfikowany produkt, nowe metody marketingowe (Athaide i in., 2025) czy organizacyjne (zmiana organizacji miejsca pracy lub zewnętrznych relacji). Innowacje uznaje się za klucz do rozwoju kreujący elementy zarządzania przedsiębiorstwem. Zasadne jest także odwołanie się do działań innowacyjnych podejmowanych z inicjatywy organizacji konsumenckich (Kaplan, 1998).

Odniesienie innowacji do obszaru dyscypliny nauk o zarządzaniu wymaga uwzględnienia kontekstu zarządzania wiedzą (De Bem Machado i in., 2022). Zarządzanie wiedzą identyfikuje się z celowym projektowaniem procesów, metod i struktur celem pogłębienia wiedzy, udostępniania jej lub doskonalenia narzędzi do jej wykorzystywania (Hamid i in., 2021). W obszarze zarządzania wiedzą możliwe jest

wyróżnienie jej dwóch rodzajów – wiedzy koniecznej do kreowania nowych produktów i technologii, a także wiedzy w zakresie potencjału potrzeb konsumentów innowacji (Pichlak, 2020). W zarządzaniu wiedzą celowe jest także odniesienie się do aspektu międzynarodowej współpracy przedsiębiorstw jako źródła pozyskania wiedzy (Dias i in., 2023).

Wybrane aspekty zarządzania wiedzą oraz wdrażanych innowacji wskazują na konieczność współpracy organizacji w przedmiotowym zakresie. Współpraca w procesach innowacyjnych wykazuje orientację (Pittino & Visintin, 2009):

- defensywną – wykorzystującą przede wszystkim własne zasoby wiedzy i wdrażającą innowacje o charakterze inkrementalnym;
- poszukiwawczą – wynikającą z postawy radykalnego innowatora ukierunkowanego na wykorzystanie w szerokim zakresie zewnętrznych źródeł wiedzy;
- analityczną – będącą rezultatem selektywnego doboru partnerów celem wdrożenia innowacji w odpowiedzi na nowe trendy rynkowe, zwłaszcza technologie cyfrowe (Buarque i in., 2020);
- reaktywną – koncentrującą się na nawiązywaniu współpracy w ramach potrzeby skorzystania z wiedzy zewnętrznej, a także zmierzająca do udoskonalenia oferty lub wdrażania innowacji w skali przedsiębiorstwa.

W powyższy kontekst wpisuje się stwierdzenie, że innowacje opierające się na najnowszych technologiach powodują podjęcie działań prorozwojowych w przedsiębiorstwach realizujących nowoczesną transformację. Jej źródłem jest działalność sektora badawczo-rozwojowego, który dostarcza innowacyjne projekty dla przedsiębiorstw w formie gotowych rozwiązań lub we współpracy z podmiotami gospodarczymi (Głód & Swałek, 2021). Współpraca ta dotyczy przede wszystkim transferu wiedzy oraz wsparcia działalności innowacyjnej przedsiębiorstw (Knop i in., 2014).

Współpraca umożliwia wspólną realizację projektów innowacyjnych, co skutkuje uzyskaniem dostępu do wiedzy współpracujących organizacji (Janssen & Abbasifarofteh, 2022). Należy jednak wskazać koszt tego rodzaju działań, którym jest konieczność dzielenia się własną wiedzą z innymi współdziałającymi organizacjami, a także wnoszenie własnych, samodzielnych projektów do wspólnego projektu innowacyjnego. Jego realizacja jest uwarunkowana takimi czynnikami jak: poziom wiedzy i zaufania partnerów, rodzaj organizacji współpracujących w projekcie innowacji, a także specyfika projektu (Klimek & Żelazko, 2020).

Wymienione powyżej warunki tworzą bazę decyzyjną do inicjowania i wdrażania innowacji. Z uwagi na złożoność problemu innowacji należy skoncentrować się na ujęciu modelowym w aspekcie innowacji organizacyjnych.

Modelowe ujęcie uwarunkowań decyzyjnych a innowacje organizacyjne

W zagadnieniach decyzyjnych przedsiębiorstwa istotne znaczenie posiadają ujęcia modelowe. W ich zakresie unikalne identyfikatory decyzji wspierają integrację

rozporoszonych, niejednorodnych, heterogenicznych danych, tworząc bazę w procesie zarządzania (Szpitter, 2020). Ważna jest wówczas analiza uwarunkowań w mobilnym środowisku celem kreowania interakcji w modelach wykorzystywanych w procesach decyzyjnych przedsiębiorstwa.

Decyzje w powyższym ujęciu stanowią wypadkową oddziaływania wielu różnych czynników (Sopińska & Dziurski, 2018). Wyróżnia się wśród nich (Szymura-Tyc, 2011):

- globalizację,
- obniżenie poziomu ryzyka w jednym przedsiębiorstwie na rzecz sieci,
- kreowanie nowych koncepcji celem wzrostu poziomu wykorzystania zasobów wiedzy poprzez nowoczesne systemy informatyczne.

Każdy z wymienionych czynników tworzy podstawy do modelowego ujęcia problematyki zarządzania ukierunkowanego na wiedzę i innowacje (Hisrich & Ramadani, 2017).

W podejściu modelowym wśród wielu różnorodnych ujęć można wyróżnić model koncentrujących wartości, który z uwagi na swój charakter bazuje na integracyjności. Integracja dotyczy czterech modeli zarządzania: racjonalnego celu, procesu wewnętrznego, relacyjności międzyludzkich i otwartości systemów. Adaptacja modelu wynika z faz rozwoju organizacji. Faza pierwsza, początkowa, powinna bazować na modelu racjonalnego celu. Kolejne fazy, odpowiadające rozwojowi organizacji, powinny koncentrować się na modelu procesów wewnętrznych, następnie na modelu stosunków międzyludzkich oraz na modelu otwartego systemu (Czekaj & Ziębicki, 2013). Architekturę modeli można rozważyć pod kątem charakteru celów, zadań, kontaktów, relacji i technologii. Tworzą one unikatowe jakościowo wnętrza przedsiębiorstwa o dużej liczbie powiązanych zadań (Tubielewicz, 2013).

Podejmowanie problematyki integracji i zmiennego charakteru innowacji w organizacjach koncentruje się głównie na podejściu modelowym (Brzeziński, 2015). W jednym z ważniejszych ujęć z punktu widzenia innowacji można wyróżnić modele (Brzeziński, 2015):

- podażowy, którego podstawę wyznacza model liniowy innowacji;
- popytowy, również bazujący na modelu liniowym innowacji;
- interaktywny, który uwzględnia model popytowo-podażowy z występującymi relacjami sprzężeniowymi;
- interaktywny, który uwzględnia model popytowo-podażowy z powiązaniem o charakterze łańcuchowym;
- sieciowy.

Uwzględniając różnorodność ujęć modelowych oraz cel niniejszego opracowania w aspekcie dyscypliny nauk o zarządzaniu, wskazano na znaczenie innowacji organizacyjnej w przedsiębiorstwie.

Innowacja organizacyjna stanowi jeden z rodzajów innowacji w przedsiębiorstwie. Szerokie ujęcie powyższego problemu oznacza nastawienie przedsiębiorstwa na kreowanie i wdrażanie innowacji różnego rodzaju. Ujęcie modelowe uzasadnia

podkreślenie wielowymiarowości innowacji jako części lub eksponowania potencjału innowacyjnego przedsiębiorstwa. Określenie innowacyjności przedsiębiorstwa można natomiast utożsamić z ogólną zdolnością do opracowania i adaptacji nowych przedsięwzięć wykazujących charakter materialny (np. technologiczny) lub niematerialny (np. innowacje organizacyjne).

Innowacje organizacyjne można również określić jako rodzaj działań adaptacyjnych dla wdrożenia nowości w organizacji. Możliwe jest poddanie innowacji organizacyjnej analizie pod dwoma względami. Po pierwsze, innowacje organizacyjne identyfikuje się z pomysłem, praktyką i artefaktem materialnym określanym jako nowy przez wdrażającą organizację. Po drugie, innowacje organizacyjne można uznać za proces wdrożenia nowej rzeczy lub metody, kombinacji lub syntezy wiedzy zaadoptowanych w oryginalnych, kreujących nowe wartości produktach lub usługach (Czekaj & Ćwiklicki, 2014).

Szczególne znaczenie z uwagi na atrybut innowacji posiadają procesy ukierunkowane na innowacje organizacyjne. Procesowe podejście przekłada się wówczas przykładowo na „*lean management*, nowe podejścia do organizacji pracy (program 5S), nowe metodyki zarządzania (Zrównoważona Karta Wyników) itd.” (Czekaj & Ćwiklicki, 2014).

Szczególne znaczenie posiada zarządzanie w przedsiębiorstwie, w którym logika działań w ujęciu modelowym koncentruje się na wdrażaniu projektów innowacji. Ujęcie modelowe instrumentów decyzyjnych prowadzi do kreowania innowacji, w których istotne są innowacje wartości (Skowron-Grabowska, 2021). Ich idea wynika z postawy przedsiębiorstwa względem akcjonariuszy oraz skłonności do współdziałania w różnych obszarach celem kreowania wartości dla klientów poprzez innowacje (Klimek & Żelazko, 2020).

Badania empiryczne

Uwzględniając dotychczasowe rozważania teoretyczne, w rozdziale autorka wykorzystała własne badania empiryczne/pilotażowe do potwierdzenia znaczenia innowacji organizacyjnych w działalności przedsiębiorstwa. Badaniem objęto 107 przedsiębiorstw produkcyjnych. Kadra kierownicza udzielała odpowiedzi w pierwszej kolejności w zakresie prowadzenia współpracy przedsiębiorstw z sektorem B+R (tab. 15.2).

Tabela 15.2. Odpowiedzi ankietowanych przedsiębiorców na pytanie 1 – o współpracę badawczo-rozwojową

Pytanie 1: Czy przedsiębiorstwa prowadzą współpracę badawczo-rozwojową z organizacjami sektora B+R?				
Odpowiedź	Ogółem	Tak	Nie	Nie mam zdania
Liczba przedsiębiorstw	107	61	28	18

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań ankietowych

Podstawowe pytanie badawcze dotyczyło współpracy przedsiębiorstw w obszarze działalności badawczo-rozwojowej z organizacjami sektora B+R, innowacji organizacyjnych oraz przesłanek ich wdrażania.

Współpraca z jednostkami B+R (uczelnie, instytuty, centra transferu, laboratoria) oznacza typowo: większą niepewność technologiczno-rynkową (wyższe ryzyko błędnej alokacji zasobów), większą zależność od wiedzy zewnętrznej (asymetria informacji, różne cele partnerów), potrzebę koordynacji międzyorganizacyjnej (harmonogramy, kamienie milowe, własność intelektualna, *compliance*). W takich warunkach rośnie opłacalność narzędzi porządkujących wybory i priorytety (modele scoringowe, portfelowe, analizy wielokryterialne, *stage-gate*, analizy ryzyka). Z perspektywy teorii zarządzania formalne modele decyzyjne są odpowiedzią na wzrost złożoności i kosztów błędów decyzyjnych.

W drugim pytaniu podjęto problem opracowania i użyteczności modeli decyzyjnych w obszarze działalności innowacyjnej (tab. 15.3). Na celowość i użyteczność modeli wskazało 70% badanych przedsiębiorstw.

Tabela 15.3. Odpowiedzi ankietowanych przedsiębiorców na pytanie 2 – o modele decyzyjne

Pytanie 2: Czy modele decyzyjne umożliwiają kadrze kierowniczej przygotowanie koncepcji innowacji w przedsiębiorstwach?				
Odpowiedź	Ogółem	Tak	Nie	Nie mam zdania
Liczba przedsiębiorstw	107	75	13	19

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań ankietowych

Trzecie pytanie koncentrowało się na określeniu udziału innowacji organizacyjnych w ogólnej liczbie wdrożonych innowacji w przedsiębiorstwie (tab. 15.4). Na podstawie udzielonych odpowiedzi można stwierdzić, że 35% wdrażanych innowacji to innowacje organizacyjne i wynik ten jest zbliżony do wyników badań przeprowadzanych w różnych krajach OECD, które traktuje innowacje jako nowe/ulepszone produkty lub procesy, a w szczególności obejmuje też zmiany w procesach biznesowych (innowacje organizacyjne i zarządcze). W praktyce oznacza to, że modele decyzyjne mogą być nie tylko pomocne w wyborze projektów technicznych, ale również stanowić mechanizm inicjujący i porządkujący zmiany organizacyjne (np. formalne portfele inicjatyw, zarządzanie innowacjami, przeglądy etapowe). To zwiększa prawdopodobieństwo, że przedsiębiorstwa aktywnie współpracujące z sektorem B+R – gdzie presja na koordynację jest większa – będą częściej sięgać po takie modele. Ogólnie można stwierdzić, że mimo niskiego poziomu zainteresowania przedsiębiorstw współpracą z sektorem B&R istotne znaczenie dla kadry posiadają innowacje organizacyjne.

W projektowaniu i realizacji innowacji wymagane jest wsparcie i współpraca kadry menadżerskiej, gdyż wdrożenia innowacji z reguły prowadzą do wielu istotnych zmian w mechanizmie funkcjonowania organizacji. Zmiany modelu dotyczą struktury organizacyjnej, tworzenia zespołów projektowych i akceptacji innowacji

(Skowron-Grabowska & Jasińska, 2019). Szerokie spektrum działań stawia wyzwania przed kadrą menadżerską, która popiera wdrożenie innowacji, w tym innowacji organizacyjnych (Wuttke i in., 2012).

Tabela 15.4. Odpowiedzi ankietowanych przedsiębiorców na pytanie 3 – o udział innowacji organizacyjnych w działalności rozwojowej przedsiębiorstw

Pytanie 3: Jaki jest udział innowacji organizacyjnych w działalności rozwojowej przedsiębiorstw?	
Rodzaj innowacji	Liczba przedsiębiorstw wskazujących na dany rodzaj innowacji
Innowacje organizacyjne	38
Pozostałe innowacje	69

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań ankietowych

Czy istnieje związek pomiędzy przedsiębiorstwami zaangażowanymi we współpracę badawczo-rozwojową z organizacjami sektora B+R oraz modelami decyzyjnymi umożliwiającymi kadrze zarządzającej rozwijanie koncepcji innowacji w przedsiębiorstwach?

Klasyczna koncepcja zdolności absorpcyjnej wskazuje, że przedsiębiorstwa różnią się zdolnością do rozpoznania wartości wiedzy zewnętrznej, jej przyswojenia i wykorzystania komercyjnego. Współpraca przedsiębiorstw z sektorem B+R jest jednocześnie źródłem wiedzy zewnętrznej i sprawdzeniem zdolności firmy do jej integracji. Modele decyzyjne pełnią tu rolę infrastruktury poznawczo-organizacyjnej: umożliwiają interpretację wyników współpracy (np. uzyskanie licencji, rekomendacje) na decyzje inwestycyjne, procesowe i organizacyjne.

Na podstawie wyników badania ankietowego przedstawionych w tabeli 15.5 oszacowano wartości statystyki chi-kwadrat oraz skorygowanej o poprawkę na ciągłość Yatesa, które wynoszą odpowiednio: 11,058 [0,0259] oraz 10,211 [0,0370]. Podane w nawiasach p-value wskazują na występowanie istotnej statystycznie zależności pomiędzy analizowanymi zmiennymi. Na tej podstawie można wnioskować, że zaangażowanie firm w B+R ma wpływ na modele decyzyjne umożliwiające kadrze zarządzającej rozwijanie koncepcji innowacji w przedsiębiorstwach. W szczególności można zaobserwować, że ponad 80% przedsiębiorstw zaangażowanych w B+R potwierdziło, że modele decyzyjne umożliwiają kadrze zarządzającej rozwijanie koncepcji innowacji w przedsiębiorstwach. Z kolei wśród przedsiębiorstw, które nie były zaangażowane w B+R lub których przedstawiciele nie posiadali wiedzy na temat zaangażowania przedsiębiorstwa w B+R, aż 43% nie potwierdziło, że modele decyzyjne umożliwiają kadrze zarządzającej rozwijanie koncepcji innowacji w przedsiębiorstwach. W teorii dynamicznych zdolności kluczowa jest zdolność firmy do integrowania i rekonfigurowania kompetencji w zmiennym otoczeniu. Współpraca B+R dostarcza bodźców i zasobów do rekonfiguracji, a modele decyzyjne są częścią praktyk, które umożliwiają systematyczne: (a) identyfikowanie szans, (b) wybór projektów, (c) transformację organizacyjną.

Tabela 15.5. Zależność pomiędzy odpowiedziami ankietowanych na pytania 1 oraz 2 – między zaangażowaniem firm w działalność B+R oraz modelami decyzyjnymi umożliwiającymi kadrze zarządzającej rozwijanie koncepcji innowacji w przedsiębiorstwach

Odpowiedzi na pytanie 1	Odpowiedzi na pytanie 2			
	Tak	Nie	Nie mam zdania	Razem
Tak	49	3	9	61
Nie	18	5	5	28
Nie mam wiedzy	8	5	5	18
Razem	75	13	19	107

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania ankietowego

Na podstawie wyników badania ankietowego przedstawionych w tabeli 15.6 oszacowano wartości statystyki chi-kwadrat oraz skorygowanej o poprawkę na ciągłość Yatesa, które wynoszą odpowiednio: 6,321 [0,0424] oraz 6,649 [0,0359]. Podane w nawiasach p-value wskazują na występowanie istotnej statystycznie zależności pomiędzy analizowanymi zmiennymi. Na tej podstawie można wnioskować, że zaangażowanie firm w B+R ma wpływ na rodzaj kreowanych w firmie innowacji. W szczególności można zaobserwować, że ponad 44% przedsiębiorstw zaangażowanych w B+R generowało innowacje organizacyjne, natomiast w grupie przedsiębiorstw, które nie były zaangażowane w B+R lub których przedstawiciele nie posiadali wiedzy na temat zaangażowania przedsiębiorstwa w B+R, tylko 22% kreowało innowacje organizacyjne.

Tabela 15.6. Zależność pomiędzy odpowiedziami ankietowanych na pytania 1 oraz 3 – między zaangażowaniem firm w działalność B+R oraz zdolnościami przedsiębiorstwa do kreowania innowacji organizacyjnych

Odpowiedzi na pytanie 1	Odpowiedzi na pytanie 3		
	Innowacje organizacyjne	Inne typy innowacji	Razem
Tak	27	34	61
Nie	5	23	28
Nie wiem	5	13	18
Razem	38	69	107

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania ankietowego

Na podstawie wyników badania ankietowego przedstawionych w tabeli 15.7 oszacowano wartości statystyki chi-kwadrat oraz skorygowanej o poprawkę na ciągłość Yatesa, które wynoszą odpowiednio: 0,869 [0,6477] oraz 1,1356 [0,5668]. Na poziomie istotności 0,05 nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o braku zależności pomiędzy analizowanymi zmiennymi. Na tej podstawie można wnioskować, że modele decyzyjne umożliwiające kadrze zarządzającej rozwijanie koncepcji

innowacji w przedsiębiorstwach nie wywierają istotnego wpływu na rodzaj kreowanych w firmie innowacji. Przedsiębiorstwa zaangażowane we współpracę z organizacjami sektora B+R częściej stosują, jak również częściej oceniają jako użyteczne, formalne modele decyzyjne w zarządzaniu innowacjami niż przedsiębiorstwa, które takiej współpracy nie podejmują. Współpraca przedsiębiorstw z sektorem B+R zwiększa heterogeniczność i wolumen informacji, wymaga zarządzania ryzykiem oraz integracji wiedzy; te warunki sprzyjają formalizacji decyzji.

Tabela 15.7. Zależność pomiędzy odpowiedziami ankietowanych na pytania 2 oraz 3 – między modelami decyzyjnymi umożliwiającymi kadrze zarządzającej rozwijanie koncepcji innowacji w przedsiębiorstwach oraz zdolnościami przedsiębiorstwa do kreowania innowacji organizacyjnych

Odpowiedzi na pytanie 2	Odpowiedzi na pytanie 3		
	Innowacje organizacyjne	Inne typy innowacji	Razem
Tak	28	47	75
Nie	5	8	13
Nie wiem	5	14	19
Razem	38	69	107

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania ankietowego

Na podstawie powyższych wyników badań można stwierdzić, że pracownicy wykazują zainteresowanie innowacjami organizacyjnymi. Na wyróżnienie w działalności innowacyjnej zasługują patenty. Wysoko zaawansowane technologicznie innowacje tworzą obszary, w których wzrost efektywności działania stanowi rezultat wdrożeń patentowych (Wanzenböck i in., 2020).

Konkluzję analiz badań empirycznych można ująć w następujących wnioskach:

- Przedsiębiorstwa prowadzą działalność innowacyjną, jednakże ich współpraca z sektorem B+R kształtuje się tylko na poziomie powyżej 57%.
- Kadra kierownicza i pracownicy wdrażają innowacje organizacyjne z uwagi na ich bezpośredni wpływ na organizację stanowisk pracy.
- Duże znaczenie w działalności innowacyjnej mają patenty bazujące na procesach zarządzania wiedzą.

Dyskusja

Współpraca przedsiębiorstw z organizacjami sektora B+R kształtuje się na poziomie przekraczającym 57% i tym samym wskazuje na otwartość przedsiębiorstw na zewnętrzne źródła wiedzy. W logice innowacji organizacyjnych taka współpraca jest funkcjonalnym narzędziem zwiększania puli idei i przyspieszania uczenia się poprzez kontrolowane przepływy wiedzy pomiędzy organizacjami. Jednocześnie sam odsetek nie przesądza o jakości współpracy: może oznaczać zarówno stabilne, strategiczne partnerstwa badawcze, jak i relacje krótkotrwałe, których wpływ na

zdolności innowacyjne bywa ograniczony. Z perspektywy zdolności absorpcyjnej kluczowe jest nie to, czy przedsiębiorstwo potrafi współpracować z innymi podmiotami, lecz czy potrafi rozpoznać wartość wiedzy zewnętrznej, przyswoić ją i zastosować komercyjnie. Dodatkowo kadra kierownicza i pracownicy wdrażają innowacje organizacyjne z powodu ich wpływu na organizację stanowisk pracy, co z kolei wskazuje na ścisłą korelację z nowoczesnym ujęciem innowacji, w którym innowacyjność nie jest zawężona do techniki, lecz obejmuje także innowacje procesów biznesowych.

Oddolne usprawnienia na samodzielnych stanowiskach pracy mają często charakter „mikroinnowacji” o wysokiej trafności użytkowej, lecz dopiero ich instytucjonalizacja przesądza o trwałym wzroście produktywności. Taka stabilizacja jest domeną mechanizmów organizacyjnych i kompetencji menadżerskich, które w przypadku dynamicznych zdolności można przedstawić jako zdolność do zmian i rekonfiguracji działań i zasobów.

Wskazanie na znaczenie patentów w przedsiębiorstwach bazujących na procesach zarządzania wiedzą trafnie ujmuje fakt, że patenty są nie tylko narzędziem ochrony, ale też sformalizowanym nośnikiem wiedzy. Należy wskazać na wyraźny związek między nakładami na sektor B+R a liczbą patentów, przy jednoczesnym zastrzeżeniu, że patenty są miarą niedoskonałą. W kontekście innowacji organizacyjnych szczególne znaczenie ma też to, że właściwie zarządzana własność intelektualna staje się elementem infrastruktury współpracy nauka–biznes.

Z kolei oddolne inicjatywy pracownicze współtworzone z kadrami kierowniczą są szczególnie ważne, ponieważ wskazują na mechanizm, w którym wiedza ukryta bywa konwertowana w wiedzę jawną. To logika klasycznych ujęć tworzenia wiedzy w organizacji: innowacje rodzą się nie tylko w warunkach nauki teoretycznej, lecz także w interakcjach i refleksyjnej praktyce zespołów.

Ograniczenia badań i implikacje interpretacyjne

Rezultaty badań ankietowych przeprowadzonych w przedsiębiorstwach mogą wynikać z ograniczeń pomiarowych. W wielu przypadkach współpraca przedsiębiorstw z sektorem B+R była mierzona deklaratywnie i binarnie (tak/nie), wówczas uzyskana informacja jest ograniczona do wiedzy o intensywności, trwałości i jakości relacji. To ogranicza możliwość łączenia wyniku z teoriami absorpcji wiedzy i innowacji organizacyjnych, które są wrażliwe na jakość współpracy. Istnienie współpracy przedsiębiorstw z sektorem B+R przyczynia się do większej aktywności innowacyjnej. Bez danych na przestrzeni czasu trudno rozstrzygnąć, czy to współpraca przyczynia się do wzrostu innowacyjności, czy raczej bardziej innowacyjne przedsiębiorstwa częściej wchodzi w współpracę z sektorem B+R. W tym sensie wnioski mają moc opisową, lecz ostrożniejszą moc przyczynową.

Patenty jako miara – niejednorodna wartość ekonomiczna i strategiczne patentowanie – różnią się wartością, a polityka patentowa bywa strategiczna (np. patentowanie defensywne). Dlatego w części prognostycznej warto odwoływać się nie tylko do liczby patentów, ale do miar jakości.

Kierunki dalszych badań

Wpływ współpracy sektora B+R z przedsiębiorstwami na różnorodne efekty innowacyjne jest istotny przez zdolność absorpcyjną oraz przez praktyki zarządzania wiedzą. Zebranie danych w kilku odcinkach czasowych pozwoli ocenić, czy współpraca przedsiębiorstw z sektorem B+R poprzedza wzrost innowacyjności, czy jest jego konsekwencją. To bezpośrednio wzmacnia wartość prognoz. Dokonując analizy sieci współpracy i typologizacji relacji nauka–biznes, należy wskazać, że zamiast jednej zmiennej („współpracuje / nie współpracuje”) warto zmapować sieć partnerów i typ relacji. Wówczas innowacja może zostać przetestowana bardziej precyzyjnie.

Niezwykle istotnym elementem w dalszych badaniach będzie integracja wskaźników własności intelektualnej z miarami jakościowymi innowacji. Połączenie danych dotyczących ilości i jakości patentów z pomiarami innowacji procesów biznesowych (w szczególności organizacyjnych) zgodnie z ramami Oslo Manual pozwoli na powstanie spójnej architektury wskaźników. Z kolei zastosowanie triangulacji metod, takich jak ankieta, studia przypadków i opracowanie danych z wykorzystaniem narzędzi statystycznych, przyczynia się do poprawy jakości otrzymanych wyników. Studia przypadków mogą ujawnić, jak inicjatywy oddolne są selekcjonowane, skalowane i wdrażane w organizacji. To domyka interpretację mechanizmu tworzenia wiedzy organizacyjnej.

Podsumowanie

Ogólna analiza wprowadzania innowacji i zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwach wskazuje na znaczenie tego problemu w bieżącej działalności oraz w perspektywie długookresowej. Z wybranego zakresu działań na wyróżnienie zasługują wdrażane innowacje, jednakże wydaje się celowe rozszerzenie współpracy przedsiębiorstw z sektorem nauki. W rezultacie realnie stanie się znaczne rozszerzenie działalności innowacyjnej w przedsiębiorstwach.

Warto zwrócić uwagę również na innowacje organizacyjne, które wzbudzają bezpośrednio zainteresowanie pracowników zmierzających do wdrażania usprawnień organizacyjnych na swoich stanowiskach pracy. Oddolne inicjatywy pracownicze we współpracy z kadrą kierowniczą można więc uznać za podstawowe przesłanki wdrożeń innowacji organizacyjnych.

Literatura

1. Athaide, G. A., Jeon, J., Raj, S. P., Sivakumar, K., & Xiong, G. (2025). Marketing innovations and digital technologies: A systematic review, proposed framework, and future research agenda. *Journal of Product Innovation Management*, 42(1), 144-165. <https://doi.org/10.1111/jpim.12741>
2. Brzeziński, S. (2015). *Outsourcing idea in the contemporary management*. Wysoka szkoła banska – Technická univerzita Ostrava.

3. Buarque, B. S., Davies, R. B., Hynes, R. M., & Kogler, D. F. (2020). OK Computer: The creation and integration of AI in Europe. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 13(1), 175-192. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsz023>
4. Czekaj, J., & Ćwiklicki, M. (2014). Uwarunkowania tworzenia innowacji organizacyjnych. *Studia Ekonomiczne*, 183, 22-31.
5. Czekaj, J., & Ziębicki B. (2013) Pozytywna nauka o organizacji na tle ewolucji teorii i koncepcji zarządzania. *Organizacja i Kierowanie*, 3(156), 45-57.
6. De Bem Machado, A., Secinaro, S., Calandra, D., & Lanzalonga, F. (2022). Knowledge management and digital transformation for Industry 4.0: A structured literature review. *Knowledge Management Research & Practice*, 20(2), 320-338. <https://doi.org/10.1080/14778238.2021.2015261>
7. Dias, Á., Silva, G. M., Patuleia, M., & González-Rodríguez, M. R. (2023). Developing sustainable business models: Local knowledge acquisition and tourism lifestyle entrepreneurship. *Journal of Sustainable Tourism*, 31, 931-950. <https://doi.org/10.1080/09669582.2020.1835931>
8. Garud, R., Tuertscher, P., & Van de Ven, A. H. (2013). Perspectives on innovation processes. *Academy of Management Annals*, 7(1), 775-819. <https://doi.org/10.5465/19416520.2013.791066>
9. Głód, G., & Swątek, A. (2021). Pro-innovative perception of environment in family businesses. *Organizacja i Zarządzanie: kwartalnik naukowy*, 1, 5-16.
10. Hamid, M. Q., Mahmood, S. A., & Khalaf, B. M. (2021). The role of knowledge management strategies in improving the quality of educational service – University of Anbar as a model. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.525>
11. Hisrich, R. D., & Ramadani, V. (2017). *Effective entrepreneurial management. Effective Entrepreneurial Management. Strategy, Planning, Risk Management, and Organization*. Springer.
12. Janssen, M. J., & Abbasiharofteh, M. (2022). Boundary spanning R&D collaboration: Key enabling technologies and missions as alleviators of proximity effects?. *Technological Forecasting and Social Change*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121689>
13. Jasińska-Biliczak, A. (2017). Endogeniczne uwarunkowania innowacyjności sektora małych i średnich przedsiębiorstw w regionie – ujęcie teoretyczne i praktyczne. *Studia KPZK*, 181. <https://doi.org/10.24425/118599>
14. Kaplan, R. S. (1998). Innovation action research: Creating new management theory and practice. *Journal of Management Accounting Research*, 10, 89-118.
15. Kieźel, E. (2018). Wiedza ekonomiczna polskich konsumentów jako podstawa innowacyjnej konsumpcji. *Handel Wewnętrzny*, 3(374), 219-230.
16. Klimek, J., & Żelazko, B. (2020). Otwarte innowacje w sektorze producentów kosmetyków – uwarunkowania i sposoby wdrażania. W K. Poznańska (red.), *Modele i formy innowacji*. Oficyna Wydawnicza SGH.
17. Knop, L., Szczepanik, M., & Olko, S. (2014). Innowacje społeczne w kreatywnej Europie w perspektywie strategii Europa 2020. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie*, 73, 239-253.
18. Mielcarek, P. (2017). Doskonalenie procesu innowacji w przedsiębiorstwach przemysłowych – wyniki badań. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 463, 216-224. <https://doi.org/10.15611/pn.2017.463.18>
19. Morawski, M. (2014). Zarządzanie wiedzą, kapitałem intelektualnym, talentami – wzajemne relacje. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 340, 747-758. <https://doi.org/10.15611/pn.2014.340.66>
20. Pichlak, M. (2020). *Innowacje ekologiczne, zdolności dynamiczne i efektywność organizacji*. CeDeWu.

21. Pittino, D., & Visintin, F. (2009). Innovation and strategic types of family SMEs: A test and extension of miles and snow's configurational model. *Journal of Enterprising Culture*, 17(03), 257-295. <https://doi.org/10.1142/S0218495809000382>
22. Reynolds, O., O'Dochartaigh, A., Secchi, E., Marshall, D., & Prothero, A. (2025). Framing innovation success, failure, and transformation: A systematic literature review. *Journal of Product Innovation Management*, 42(1), 194-219. <https://doi.org/10.1111/jpim.12706>
23. Skowron-Grabowska, B. (2021). *Łańcuchy wartości w zarządzaniu organizacjami. Wyzwania innowacyjno-kryzysowe*. PWE.
24. Skowron-Grabowska, B., & Jasińska, K. (2019). *Zarządzanie wiedzą w projektach organizacji oświatowych w województwie śląskim*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej.
25. Sopińska, A., & Dziurski, P. (2018). Postawy wobec zarządzania wiedzą w otwartych innowacjach. *Przegląd Organizacji*, 7(942), 25-30. <https://doi.org/10.33141/po.2018.07.04>
26. Szpitter, A. (2020). *Architektura zarządzania procesami i projektami*. CeDeWu.
27. Szymura-Tyc, M. (2011). Międzynarodowe sieci innowacyjne – geneza i funkcjonowanie. *International Journal of Management and Economics*, 32, 420-438.
28. Tubielewicz, A. (2013). Koncepcja tworzenia organizacji sieciowej. *Efektywność, produktywność i organizacja przedsiębiorstw. Zarządzanie przedsiębiorstwem*, 36, 387-397.
29. Wanzenböck, I., Neuländtner, M., & Scherngell, T. (2020). Impacts of EU funded R&D networks on the generation of key enabling technologies: Empirical evidence from a regional perspective. *Papers in Regional Science*, 99(1), 3-24. <https://doi.org/10.1111/pirs.12473>
30. Wuttke, D., Blome, C., & Protopappa-Sieke, M. (2012). Optimal decisions in the innovation adoption and diffusion of supply chain finance. W *23rd Annual Conference of the Production and Operations Management Society*, Chicago (du 20/04/2012 au 23/04/12). <http://hdl.handle.net/2078.1/118583>

Część IV

SPOŁECZNE, EDUKACYJNE I ORGANIZACYJNE ASPEKTY SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

ROZDZIAŁ 16

STUDIUM ZASTOSOWANIA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W DYDAKTYCE Z WYKORZYSTANIEM IBM WATSONX

Artur Machura

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Wydział Informatyki i Komunikacji

Wprowadzenie

Termin „sztuczna inteligencja” (*artificial intelligence*) zyskuje w ostatnich latach na popularności, pomimo jego oficjalnego użycia już w roku 1956 na konferencji w Dartmouth (Dartmouth, b.r.). Niewątpliwie duże modele językowe LLM (*large language model*) istotnie przyczyniły się do upowszechnienia AI w różnych dziedzinach. Każdy ma możliwość zastosowania LLM za pośrednictwem np. przeglądarki internetowej czy też wtyczki (*plug-in*) do powszechnego oprogramowania (jak np. MS Word). Ponadto istnieją wyspecjalizowane zastosowania LLM, czego przykładem są systemy wspomagające podejmowanie decyzji. W tych systemach można korzystać z AI w bardziej profesjonalny sposób.

Opisywanie studiów przypadku zastosowania AI wymaga sprecyzowania zarówno technologicznego, jak i dziedzinowego. Przyjęcie takich ograniczeń jest szczególnie istotne w dydaktyce realizowanej na uniwersytetach. Nauczyciel akademicki ma dużą swobodę zarówno w wyborze dostawcy LLM, adaptacji w określonej metodzie dydaktycznej, jak i symulowaniu zastosowania sztucznej inteligencji w wybranej dziedzinie biznesowej. Dlatego w niniejszym rozdziale przedstawiono studium badawcze związane z wykorzystaniem IBM Watsonx i wybranych modeli LLM udostępnionych za pośrednictwem tego oprogramowania. Niemniej poza samą technologią warte uwagi jest scharakteryzowanie zagadnień dziedzinowych. Problematykę dziedziny dydaktycznej można postrzegać w bardzo różnych obszarach i oczekiwać skrajnie innego zastosowania AI. W pracy uwzględniono studium zastosowania LLM w ramach dydaktyki uczestników projektów informatycznych, koncentrując się na fundamentalnej fazie każdego projektu, tj. inicjacji – istotne jest wsparcie nauczyciela akademickiego przez studentów projektów akademickich modelem LLM.

W rozdziale zweryfikowano możliwość zastosowania profesjonalnego oprogramowania, jakim jest IBM Watsonx, oraz adekwatnego modelu LLM. Ze względu na metodę badawczą, w niniejszej pracy postawiono następujące pytania badawcze: PB1: Czy szkicowy opis projektu studenckiego (faza inicjacji) jest wystarczający, aby model LLM mógł poprawnie zidentyfikować dziedzinę i temat projektu bez zaawansowanego dostrajania?

PB2: Jakie ograniczenia wykazują domyślne modele (np. Llama-3.2) przy interpretacji nieustrukturyzowanych danych z ankiet studenckich?

PB3: W jaki sposób zastosowanie inżynierii promptów (np. tryb „Structured” i baza wiedzy PKD) wpływa na skuteczność zastosowania modelu w dydaktyce?

Odpowiedzi na te pytania poszukiwano zgodnie z przyjętym cyklem badań interwencyjnych (EAR), co opisano w kolejnych podrozdziałach.

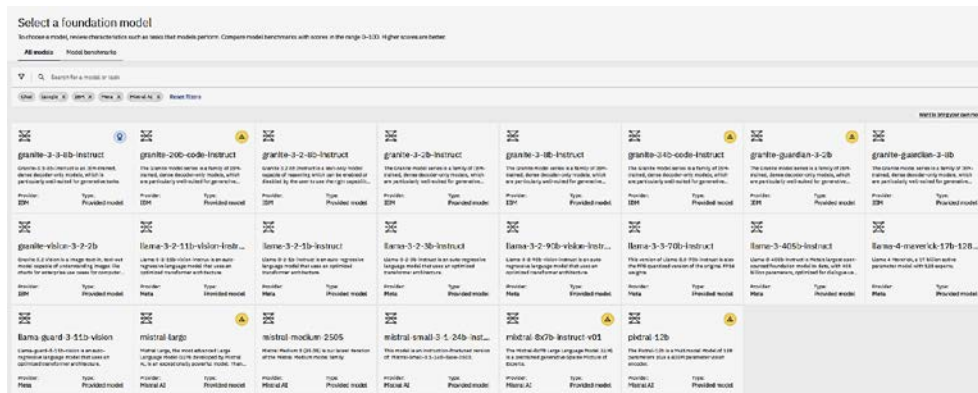
Podstawy teoretyczne charakteryzują zarówno dostępne modele LLM, jak i funkcjonalność Watsonx, która pozwala je wykorzystywać. Metoda badawcza charakteryzuje badania interwencyjne w edukacji. W pracy krótko scharakteryzowano tę metodę, jak również wymieniono dodatkowe źródła, które mogą stanowić uzupełnienie treści. W tym punkcie istotne było również zrozumienie samych podstaw metodycznych związanych z treścią nauczanych przedmiotów. Wyniki badawcze i dyskusja pozwalają z kolei zrozumieć wyniki badań ankietowych przeprowadzonych wśród ponad 400 studentów czy też rezultaty zastosowania sztucznej inteligencji w nauczaniu przedmiotów akademickich, takich jak np. usługi sieciowe i Internet rzeczy. W rozdziale starano się obiektywnie ocenić przydatność modeli językowych LLM, przy czym zwrócono uwagę na dodatkową pracę, nierzadką w praktyce akademickiej, wykorzystując przykład Watsonx.

Podstawy teoretyczne

Wprowadzenie do modeli LLM w Watsonx

Podstawy teoretyczne wymagają krótkiego wprowadzenia. Skupiono się na wykorzystaniu oprogramowania IBM Watsonx, co ograniczyło zakres badawczy. Nawiasem mówiąc, na najpopularniejszej platformie służącej do udostępniania i wykorzystywania modeli językowych AI, tzn. Hugging Face, w lipcu 2025 roku (powstawanie rozdziału) dostępnych było 1 857 192 modeli LLM. Za pośrednictwem Watsonx domyślnie można korzystać z ponad 20 modeli LLM, co nie zmienia faktu, że wybór jednego z modeli zaprezentowanych na rysunku 16.1 może przysparzać problemu – istotny jest nie tylko wybór takiego modelu, który spełni funkcjonalne oczekiwania użytkownika, ale też będzie efektywny, a koszty jego użycia będą jak najniższe. Zapewne ta złożona problematyka wyboru odpowiedniego modelu przyczyniła się do udostępniania przez Watsonx funkcjonalności importowania modeli LLM, co z kolei stwarza wręcz nieograniczone możliwości i tworzy trudny do określenia zakres teoretyczny.

Tabela 16.1 charakteryzuje zwięźle kluczowe zastosowanie modeli dostępnych domyślnie w Watsonx.



Rysunek 16.1. Interfejs wyboru dużego modelu językowego w IBM Watsonx

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 16.1. Duże modele językowe dostępne w IBM Watsonx

Rodzina modelu	Organizacja	Charakterystyka	Główne zastosowania i kryteria wyboru
Flan	Google Research	Modele uniwersalne wspierające uczenie <i>zero-shot</i> i <i>few-shot</i>	Ogólne zadania NLP, szybka adaptacja do nowych problemów
Granite	IBM Research	Modele projektowane dla generatywnych aplikacji AI w środowiskach korporacyjnych	Automatyzacja procesów biznesowych, chatboty korporacyjne
LLaMA	Meta	Otwarte modele promujące demokratyzację dostępu do LLM	Badania naukowe, rozwój aplikacji i innowacji
Mistral-Large 2	Mistral AI	Model o bardzo dużej liczbie parametrów i długim oknie kontekstowym	Analiza długich tekstów, zaawansowane zastosowania programistyczne
Mixtral	Mistral AI	Efektywna architektura <i>Sparse Mixture of Experts (SMoE)</i>	Wydajne przetwarzanie języka, zastosowania badawcze i komercyjne
Pixtral	Mistral AI	Model multimodalny (tekst i obrazy)	Analiza i rozumienie danych wizualnych

Źródło: Opracowanie własne

Wybór modelu LLM w Watsonx

Wybór modelu LLM wydaje się kluczowy, dlatego że istniejące modele są wstępnie wytrenowane i ukierunkowane na rozwiązywanie określonej klasy problemów. Tematyka trenowania jest w tym czasie na tyle dojrzała, że doczekała się już swego rodzaju standaryzacji, o czym napisali Tay i in. (2023) w artykule o wymownym tytule *UL2: Unifying Language Learning Paradigms*. Oczywiście wydaje się, że użytkownik powinien po pierwsze – wiedzieć do czego zostały te modele zaprojektowane, a po drugie – świadomie decydować o zastosowaniu jednego z nich. Niemniej

tematyka wyboru modelu LLM opisana w artykule pt. *How to choose the right AI foundation model* (IBM Corporation, 2025) odsłania szereg kwestii, które należy wyjaśnić. Po pierwsze, w artykule zwraca się uwagę na to, że: „Wybór odpowiedniego modelu AI może znacząco wpłynąć na markę i wyniki finansowe firmy, przyspieszając innowacje i poprawiając wydajność w konkretnych zastosowaniach. Natomiast niewłaściwy wybór niesie ze sobą ryzyko finansowe, strategiczne i prawne” (tłum. aut.) (IBM Corporation, 2025). Oczywiście jest, że ten wybór wiąże się z uwzględnieniem specyficznych wymagań użytkowników, tym bardziej, że koniec końców poddaje się te modele ocenie z wykorzystaniem konkretnych miar, np. prepleksji (*perplexity*). Miara złożoności języka ocenia, jak dobrze model językowy przewiduje kolejne słowa w tekście. Im niższa wartość, tym lepiej model radzi sobie z prognozowaniem – np. jeżeli prepleksja = 1, to model zawsze idealnie zgaduje (co w praktyce jest niemalże niemożliwe). W praktyce dobre modele mają prepleksję w zakresie 10-100.

W dokumentacji IBM promuje się *framework* selekcji wyboru modelu AI. Strukturę tego modelu zaprezentowano na rysunku 16.2, gdzie przedstawiono następujące pięć kroków: identyfikacja przypadku użycia (*Identify use case*), lista opcji (*List options*), ewaluacja wydajności (*Evaluate performance*), opcje testowania (*Test options*), wybór modelu (*Choose model*) oraz centralne zarządzanie (*Governance*).



Rysunek 16.2. Framework wyboru modelu LLM

Źródło: (IBM Corporation, 2025)

Proces doboru odpowiedniego modelu LLM opiera się na sekwencji działań, którą otwiera identyfikacja przypadku użycia. Krok ten, zgodny z klasycznymi zasadami inżynierii oprogramowania propagowanymi m.in. przez Jacobsona i in. (2011), koncentruje się na zdefiniowaniu wartości oczekiwanej przez użytkownika – w kontekście niniejszej publikacji jest to wsparcie procesu dydaktycznego, gdzie precyzja

oczekiwań wynika bezpośrednio z przyjętej metodyki (np. rozpoznania potrzeb studentów). Kolejnym etapem jest ustalenie listy opcji obejmującej analizę rozmiaru, wydajności oraz ryzyka zastosowania konkretnych modeli. Porównanie systemów o skrajnej liczbie parametrów – od 8 mld do 123 mld – wykazuje, że modele większe, mimo wyższej jakości generowania tekstu, tworzą znaczne koszty i wymagają dużych zasobów obliczeniowych. W ramach ewaluacji wydajności należy zatem rozważyć, czy marginalna często różnica w jakości uzasadnia większe zapotrzebowanie sprzętowe, czy też lepszym rozwiązaniem będzie model mniejszy, lecz efektywniejszy. Kluczowym elementem weryfikacji są testy pozwalające ocenić model pod kątem jakościowym i wydajnościowym przy użyciu metryk takich jak prepleksja, GLUE (*General Language Understanding Evaluation*) czy BLEU (*Bilingual Evaluation Understudy*). Finalny wybór modelu stanowi wypadkową między prędkością a dokładnością; jak podkreślają eksperci IBM w dokumentacji Watsonx, w wielu wyspecjalizowanych zastosowaniach to właśnie mniejsze jednostki (np. 8 mld parametrów) okazują się najbardziej optymalne ze względu na szybkość działania i możliwość precyzyjnego dostrojenia.

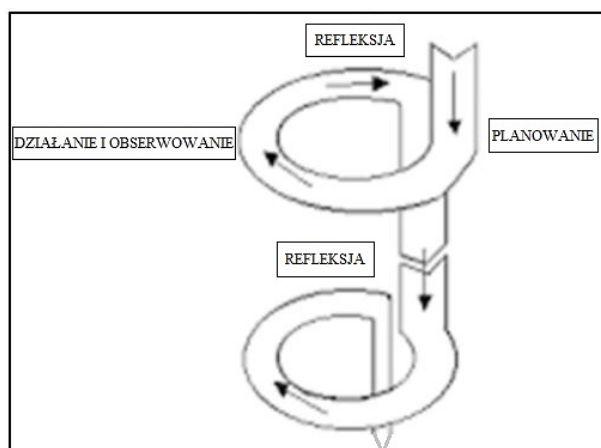
Metoda badawcza

Badania interwencyjne w edukacji (EAR)

Wprowadzając do badań interwencyjnych w edukacji (*Educational Action Research*, EAR), warto wyjaśnić, że jest to metodyczne podejście do doskonalenia pracy nauczyciela i wyników osiągniętych przez uczniów. Niemniej warto zauważyć, że EAR to jeden z nurtów i specyficzne zastosowanie badań interwencyjnych (*Action Research*, AR). Ogólna idea AR zaprezentowana na rysunku 16.3 – w której wyszczególnia się takie kamienie milowe, jak refleksja, planowanie, działanie i obserwowanie – może stanowić z powodzeniem kontekst dla pracy nauczyciela akademickiego. Refleksja może wynikać z obserwacji pracy studentów, rezultatów ich pracy, w tym z udzielanych odpowiedzi. W niniejszym rozdziale przedstawiono zastosowanie EAR w dydaktyce przedmiotów związanych z realizacją projektów informatycznych, dlatego skonstruowane pytania i interpretacja wyników odpowiedzi jest ściśle związana z przedmiotami akademickimi, podczas których badania były prowadzone. W kolejnym punkcie wyjaśniono specyfikę tych badań w związku z takim pojęciem inżynierii oprogramowania jak proces wytwórczy.

W literaturze przedmiotu podejście do pracy nauczyciela-badacza cieszy się uznaniem od czasu powstania w 1938 roku pionierskiej pracy Deweya pt. *Doświadczenie i edukacja*, której polskie tłumaczenie ukazało się w 2014 roku (Dewey, 2014). We współczesnej publikacji Denzin i Lincoln (2009) można dodatkowo przeczytać: „Pytaniem nie jest to, czy badania interwencyjne mogą być przystosowane do współczesnych uniwersytetów, ale to, jak stworzyć eksperymentalną sytuację, aby to się stało”. Zwraca się tym samym uwagę na nauczanie wychodzące naprzeciw potrzebom i problemom społeczeństwa. Dewey jako empirysta wiązał wiedzę z aktywnością rozumianą przez uczenie się i działanie, co w przełożeniu na problematykę

współczesną dotyczy np. zaspokojenia potrzeb studentów realizujących projekty informatyczne, w konsekwencji czego nauczyciel-badacz podporządkowuje swoją pracę wytycznym przyjętego procesu EAR. Zastosowanie EAR prowadzi do wyboru zagadnienia, które ma na celu zidentyfikowanie obszarów do poprawy, tak aby praca nauczyciela była bardziej efektywna i satysfakcjonująca. Zazwyczaj opiera się to na refleksji nauczyciela i analizie zebranych danych z prowadzonych zajęć. Oznacza to, że według respektowanych wartości – w środowisku akademickim zwykle zapisanych w sylabusie – nauczyciel wyciąga wnioski. Warto zauważyć, że cechą wspólną przedmiotów związanych z informatyką ekonomiczną jest zastosowanie technologii informatycznych w organizacjach funkcjonujących na rynku. Stąd realizowane badania zawierają pytania w zakresie dziedzin zastosowania technologii informatycznych (np. handel, logistyka, edukacja).



Rysunek 16.3. Framework badań interwencyjnych

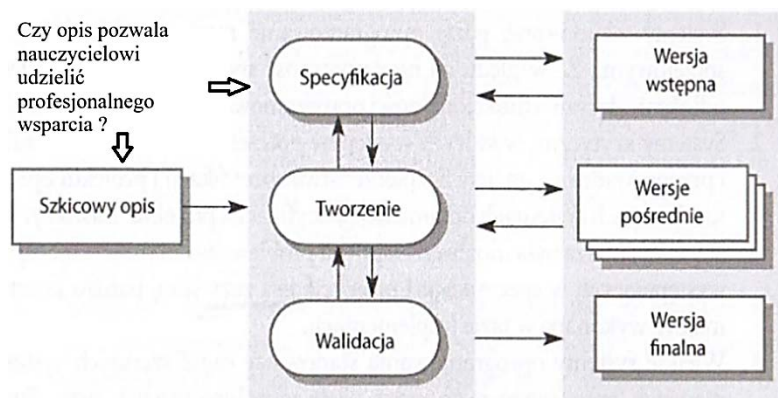
Źródło: (Kemmis & McTaggart, 1988)

W kolejnym kroku dokonuje się uściślenia teorii – nauczyciel określa swoje przekonania i perspektywy teoretyczne dotyczące zidentyfikowanego zagadnienia. Ten proces może być dokonywany w szerszym gronie, tym bardziej dlatego, że badania interwencyjne w edukacji z założenia służą rozwiązywaniu problemów społecznych. W rezultacie identyfikuje się pytania badawcze i formułuje konkretne pytania, które będą nadawać kierunek dalszym badaniom. Pogłębiona analiza danych ma na celu zrozumienie zjawiska i znalezienie odpowiedzi na pytanie, co należy zrobić, aby poprawić sytuację. Proces ten obejmuje sortowanie, klasyfikowanie i badanie danych, a w przypadku pracy zespołowej kluczowa jest efektywna komunikacja. Ostatnie dwa kroki to raportowanie rezultatów i podejmowanie świadomych działań. Raportowanie jest istotne, by zapobiec izolacji pracy nauczyciela i umożliwić innym korzystanie ze zdobytej wiedzy. Sporządzony raport powinien być zrozumiały dla wszystkich zainteresowanych stron, a jego głównymi celami są dzielenie się wiedzą, uzyskanie akceptacji wniosków i zebranie opinii. Podejmowanie świadomych działań

jest wynikiem bezpośredniego zastosowania wniosków z raportu w praktyce nauczycielskiej. Na tym etapie unika się błędów z przeszłości i dąży do ciągłego doskonalenia, co przekłada się na lepsze wyniki dydaktyczne studentów i większą satysfakcję samego nauczyciela.

Konstrukcja ankiety w związku z etapem analizowanego procesu

W konsekwencji badań interwencyjnych w edukacji równie ważne znaczenie ma proces wytwórczy oprogramowania. Wynika to z istoty wyszczególnienia obszarów metodycznych wytwarzania oprogramowania, które *de facto* stają się przedmiotem badań. Na rysunku 16.4 widoczne są powszechne obszary związane z procesem tworzenia oprogramowania: „Szkicowy opis”, „Specyfikacja”, „Tworzenie”, „Walidacja”. W rezultacie należy zadać pytanie: Czy szkicowy opis projektu jest na tyle wystarczający, aby nauczyciel miał możliwość profesjonalnego wsparcia studentów? Tym bardziej, że kolejne zadanie („Specyfikacja”) jest w dużym stopniu zależne od efektów „Szkicowego opisu”. Niemniej warto dodać, że na rysunku 16.4 zobrazowano jedynie popularne podejście, czy też ogólne ramy postępowania członków zespołu. W efekcie należy mieć na uwadze, że w praktyce te obszary (np. „Szkicowy opis” i „Specyfikacja”) mogą być osiągnięte z użyciem różnych metod uzależnionych od preferencji członków zespołu. Istotne jest zatem wyjaśnienie metod związanych z badanymi obszarami („Szkicowy opis” i „Specyfikacja”).



Rysunek 16.4. Powszechne obszary związane z procesem tworzenia oprogramowania

Źródło: (Sommerville, 2020)

Szkicowy opis

Istnieje wiele metod wspierających realizację etapu „Szkicowy opis”. W zależności od środowiska i preferencji członków zespołu ta praca może wyglądać skrajnie różnie, może nawet pozostać ukryta w umysłach członków zespołu. Problematyka wiedzy ukrytej czy kapitału intelektualnego wykracza poza treść niniejszego rozdziału,

przedstawiony w nim bowiem przypadek badawczy związany jest z ograniczeniami w badaniach dużych modeli językowych. Niemniej problematyka inżynierii wiedzy dotyczącej przetwarzania wiedzy eksperckiej może być częściowo wspierana bezpośrednią komunikacją werbalną w relacji student–nauczyciel.

W pracy – zważając na różnorodność kulturową, wpływ doświadczeń i preferencje studentów – nie obligowano do ujednoczonego podejścia członków zespołów projektowych. Uznano każde podejście powszechnie akceptowane, które w rezultacie umożliwi specyfikację projektu, dlatego też realizacja tej pracy nie wymagała przyjęcia na uczelni perspektywy określonego poziomu dojrzałości procesu wytwórczego wspieranej np. normami (CMMI Institute, 2025). Nawiasem mówiąc, mogą to być praktyki inżynierskie i np. inżynieria wymagań z pełnym spektrum wariantów (od najzwyczajszych opisów tekstowych po bardziej sformalizowane treści i kategoryzację wymagań), jak i adekwatne dla opisu szkicowego metody towarzyszące analizie biznesowej, wczesna inżynieria wymagań, modele biznesowe, metody propagowane przez organizacje jak International Institute of Business Analysis (2015), a więc np. burze mózgów, obserwacje, prototypowanie i wiele więcej.

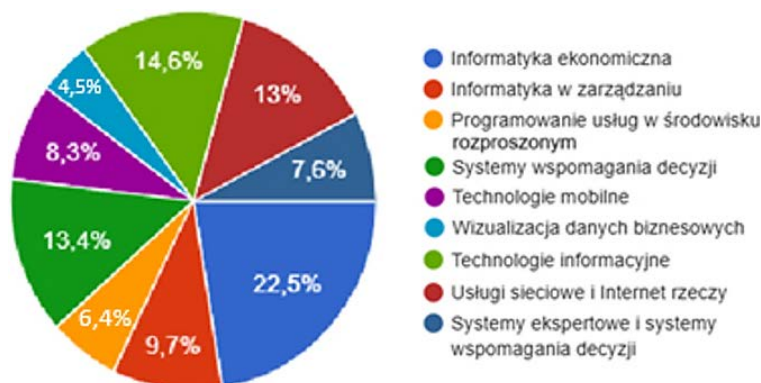
Badanie przeprowadzono za pomocą kwestionariusza udostępnionego studentom na platformie Google Classroom. Oprócz szczegółowego omówienia zagadnień ujętego w kolejnych podrozdziałach, kluczowym celem ankiety było rozpoznanie preferencji studentów w zakresie rozwijanych kompetencji oraz ich indywidualnych potrzeb względem procesu dydaktycznego. Zebrane dane posłużyły do stworzenia dziennika obserwacji stanowiącego podstawę do dalszych badań interwencyjnych w obszarze edukacji. Formularze ankiet są dostępne na stronie: <https://www.arturmachura.info/didactic-publications>.

Procedura badawcza przebiegała według następującego schematu:

1. Zbiór danych: Wykorzystano ankiety przeprowadzone wśród 432 studentów w okresie od października 2022 roku do maja 2024 roku na platformie Google Workspace. Ankiety dotyczyły inicjacji projektów na przedmiotach takich jak m.in. usługi sieciowe, informatyka ekonomiczna czy technologie mobilne.
2. Narzędzie: Do analizy wykorzystano środowisko IBM Watsonx, wybierając domyślny model Llama-3.2-11B-Vision-Instruct. Wybór podyktowany był dążeniem do sprawdzenia modelu o mniejszej liczbie parametrów, ale wyspecjalizowanego, co jest istotne z punktu widzenia kosztów i wydajności.
3. Przebieg eksperymentu:
 - Etap I: Wczytanie surowych odpowiedzi studentów do PromptLab i zadanie pytań kontrolnych modelowi bez instrukcji (*zero-shot*), weryfikując, czy model rozumie intencję badacza.
 - Etap II: Wczytanie pliku i analiza odpowiedzi przez model na pytanie o dziedziny zastosowania rozwiązań IT oraz identyfikację brakujących tematów.
 - Etap III: Zastosowanie trybu „Structured” oraz inżynierii promptów poprzez dodanie kontekstu (baza PKD – Polska Klasyfikacja Działalności) w celu poprawy trafności odpowiedzi.

Analiza wyników

W rezultacie udostępnienia ankiety w okresie od października 2022 roku do maja 2024 roku zgromadzono 432 odpowiedzi. Na rysunku 16.5 przedstawiono przedmioty, podczas których zadano pytania ankietowe.



Rysunek 16.5. Przedmioty, podczas których realizowano projekty

Źródło: Opracowanie własne

Treść pytań z założenia miała być możliwie zrozumiała, nawet bez kierunkowego wykształcenia związanego z projektami informatycznymi. Innymi słowy, pytając o inicjację projektu, autor celowo pomijał kwestie wymagające specyficznych kompetencji związanych z zarządzaniem projektem i np. adekwatnymi wytycznymi zawartymi w (Project Management Institute, 2021).

- Pytanie 1 – *Wskaż dziedzinę, dla której dedykujesz zastosowanie IT.*
- Pytanie 2 – *Jaki wybrałeś temat projektu informatycznego? Scharakteryzuj krótko rozwiązanie informatyczne, które ma stanowić efekt projektu.*

Istotne było udzielenie przez studentów odpowiedzi w formie adekwatnej do ich przekonań. W obszarze badań interwencyjnych w edukacji istotna jest odpowiednia reakcja nauczyciela na ujawnione potrzeby studentów w procesie dydaktyki. Ze względu na stosunkowo duży wolumen danych w rozdziale ograniczono się do scharakteryzowania tylko wybranych odpowiedzi na zadane pytania. Istotne jest przedstawienie treści takiej, jaką ona jest, nawet jeżeli bagatelizuje to pewne doświadczenia, metody czy nawet zasady gramatyczne. Szczególną uwagę zwracają te odpowiedzi, w których respondenci starają się nawiązywać do problematyki wybranej dziedziny biznesowej. Świadczy to nie tylko o pewnej dojrzałości podejścia do rozwoju osobowego studenta, ale przede wszystkim zbliża zakres przedmiotu do praktyki gospodarczej.

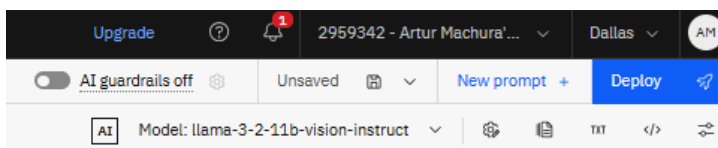
Pomimo że liczbę uzyskanych w ankiecie odpowiedzi ograniczono do przedstawienia tylko wybranych w tabeli 16.2, opracowanie pozwala zrozumieć problematykę zastosowania modelu LLM i jej aspekty, np. interpretację różnorodnych danych, analizę niespójnych wypowiedzi, brak profesjonalizacji wiedzy.

Tabela 16.2. Przykładowe odpowiedzi związane z inicjacją projektów akademickich

Przedmiot	Wybrane odpowiedzi na Pytanie 1	Wybrane odpowiedzi na Pytanie 2
1. Usługi sieciowe i Internet rzeczy	Interesuję się social media marketingiem oraz tworzeniem treści – fotografii produktowej, filmów krótkometrażowych i reelsów reklamowych.	Program usprawniający tworzenie filmów i zdjęć reklamowych na platformy społecznościowe. Mógłby on ułatwić twórcom funkcjonowanie, montaż i personalizację treści pod markę.
2. Programowanie usług w środowisku rozproszonym	Branża handlowa.	System internetowy wspierający kwiaciarnię internetową.
3. Wizualizacja danych biznesowych	Interesuje mnie wykorzystanie rozwiązań informatycznych w rynkach finansowych.	System alertowy odnośnie precyzyjnych momentów, w których należy dokonać transakcji.
4. Systemy wspomagania decyzji	Branża dydaktyczna, szkoły wyższe, uniwersytety.	System wsparcia w wyborze kierunku studiów dla kandydatów na podstawie ich zainteresowań i przeanalizowanych programów studiów.
5. Informatyka ekonomiczna	Kryptowaluty oraz inwestycje giełdowe.	Temat to „Symulator ryzyka bankructwa”. Hipotetyczny symulator miałby pomóc wszystkim osobom, które chciałyby sprawdzić swój system inwestycyjny. Symulator w formie krzywej będzie przedstawiał możliwe obsunięcia kapitału w zależności od trafności używanej metody inwestycyjnej.
6. Technologie mobilne	Interesuje mnie wykorzystanie rozwiązań informatycznych na uczelni w celu ułatwienia studentom poruszania się po kampusie.	Aplikacja ułatwiająca znalezienie odpowiedniej sali lub miejsca na kampusie uczelni.
7. Informatyka w zarządzaniu	Rozwiązania informatyczne mające na celu usprawnienie administracyjnych prac oraz lepszą kontrolę nad pracownikami.	Wprowadzenie w obieg firm systemów ułatwiających sprawdzanie postępów danego pracownika, jego efektywności.
8. Technologie informacyjne	Pracuję w szpitalu i interesują mnie rozwiązania informatyczne, które mogę w nim zastosować, by polepszyć jego funkcjonowanie.	System rejestracji pacjentów tylko i wyłącznie zdalnie bez potrzeby dostarczania oryginałów osobiście.
9. Systemy ekspertowe i systemy wspomagania decyzji	Interesuję się wykorzystaniem technologii informatycznych w dziedzinie digital marketingu obejmujących marketing automation, projektowanie kampanii, tworzenie grafik oraz rozwijanie narzędzi do monitorowania i optymalizacji efektywności działań marketingowych.	Jeszcze nie wiem, ale na pewno coś związanego z systemami wspierającymi pracę w digital marketingu.

Źródło: Opracowanie własne

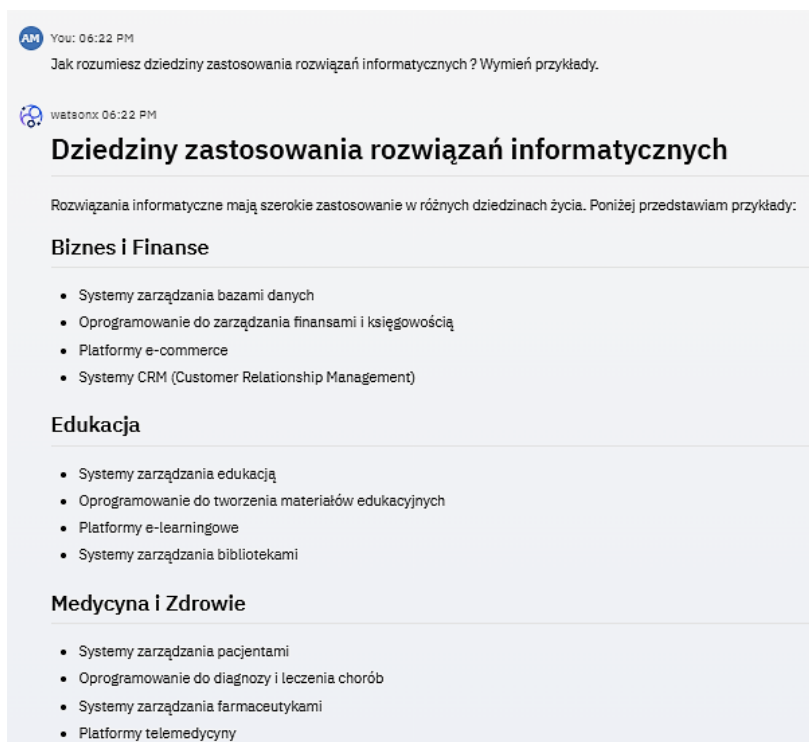
Na początku interpretacji wyników analizy należy zauważyć, że domyślnym modelem LLM po włączeniu Watsonx jest prezentowany na rysunku 16.6 model Llama w wersji 3.2-11B-Vision-Instruct. Z perspektywy podstaw teoretycznych zamieszczonych w niniejszym dokumencie słowa: „umożliwienie szerokiej społeczności rozwijania innowacji na bazie tych modeli” nabierają tu praktycznego wymiaru. Poza tym wydaje się, że ten model jest właściwym wyborem dla pracownika naukowego nastawionego na prace rozwojowe.



Rysunek 16.6. Model domyślnie wczytywany w IBM Watsonx Llama-3.2-11B-Vision-Instruct

Źródło: Opracowanie własne

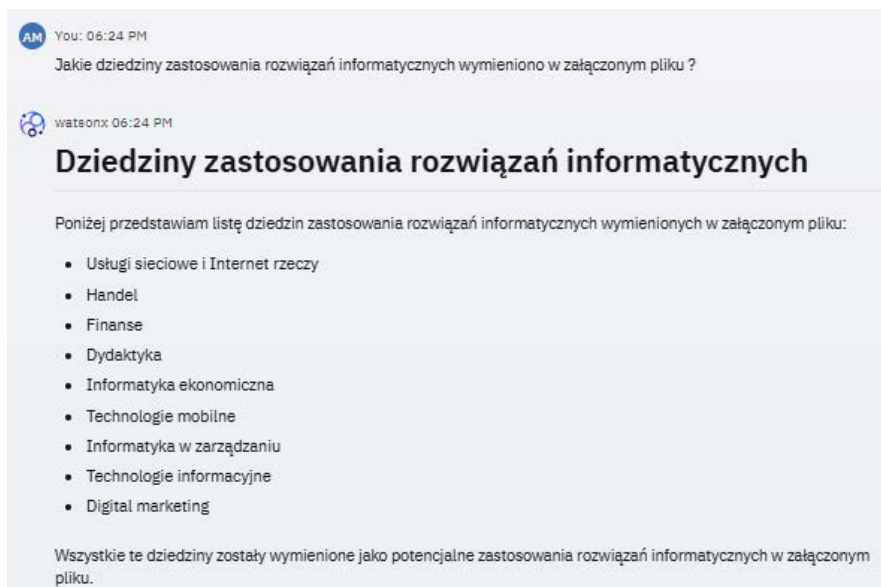
Przed rozpoczęciem pracy właściwej, tj. związanej wprost z problematyką badań EAR, dokonano weryfikacji zrozumienia pomiędzy intencją badacza a modelem LLM. Pozytywny wynik tej weryfikacji (rys. 16.7), pozwala optymistycznie kontynuować realizację pracy.



Rysunek 16.7. Ekran PromptLab przedstawiający pierwsze pytanie kontrolne oraz wygenerowaną odpowiedź

Źródło: Opracowanie własne

W kolejnym kroku podczas wykorzystania pliku zawierającego odpowiedzi z ankiet na pytanie *Jakie dziedziny zastosowania rozwiązań informatycznych wymieniono w załączonym pliku?* model Llama-3.2-11B-Vision-Instruct udzielił kontrowersyjnych odpowiedzi (rys. 16.8). Tabela 16.2 stanowi punkt odniesienia dla opisywanych tu wniosków. W podrozdziale *Omówienie wyników* przeanalizowano szczegóły problemu, niemniej warto zauważyć, że użycie PromptLab w sposób domyślny budzi zastrzeżenia. Świadczą o tym odpowiedzi modelu LLM wskazujące na nazwy przedmiotów akademickich, a nie samych zainteresowań dziedzinowych w zastosowaniu, np. odpowiedź pierwsza to „Usługi sieciowe i Internet rzeczy”. Aczkolwiek niektóre z odpowiedzi były właściwe np. odpowiedź druga – „Handel”.



Rysunek 16.8. Branże wytypowane przez model LLM na podstawie odpowiedzi studentów

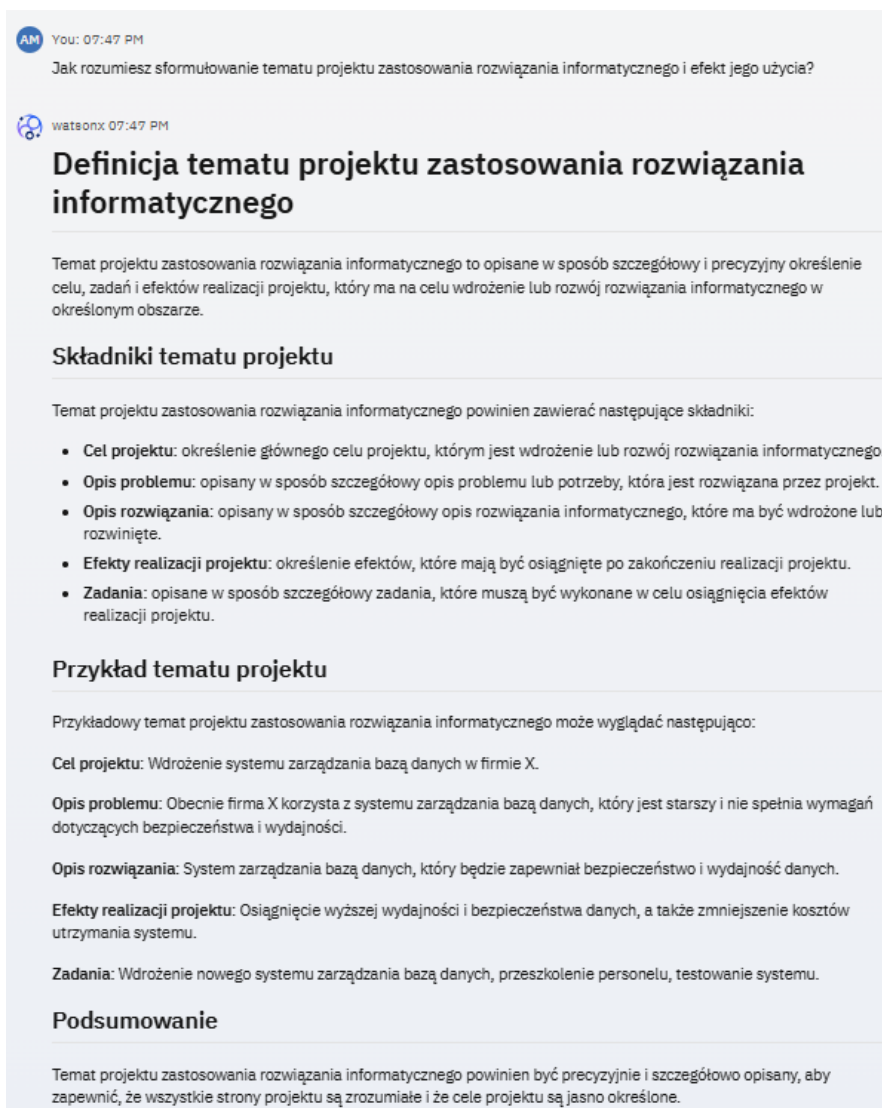
Źródło: Opracowanie własne

W rezultacie można wyszczególnić następującą klasyfikację zidentyfikowanych błędów:

- Błąd kontekstowy: Model interpretuje metadane (np. nazwę przedmiotu „Usługi sieciowe”) jako daną wyjściową (branżę).
- Halucynacja: Przypisywanie ogólnych pojęć (np. „rozwiązania IT”) do konkretnej branży gospodarki.
- Brak precyzji: Odpowiedzi zbyt ogólne, nieużyteczne dla nauczyciela.

Kolejny etap pracy związany z zainteresowaniem tematami projektów oraz efektami użycia rozwiązań informatycznych zawiera podobne spostrzeżenia. Na pytanie *Jak rozumiesz sformułowanie tematu projektu zastosowania rozwiązania informatycznego i efekt jego użycia?* model LLM udzielił zrozumiałej odpowiedzi

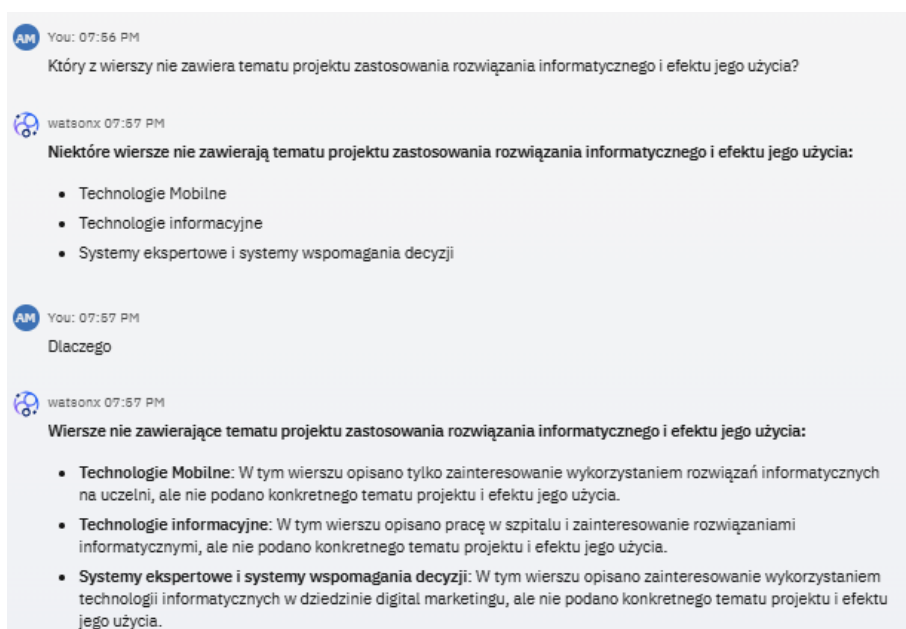
(rys. 16.9). Wyszczególnił on różne atrybuty, np. cel czy opis, a nawet podał przykład tematu projektu.



Rysunek 16.9. Ekran PromptLab przedstawiający drugie pytanie kontrolne oraz wygenerowaną odpowiedź

Źródło: Opracowanie własne

Następnie zadano pytanie na temat zawartości pliku: *Który z wierszy nie zawiera tematu projektu zastosowania rozwiązania informatycznego i efektu jego użycia?*. W rezultacie model LLM wyszczególnił odpowiedzi trzech ankietowanych studentów (rys. 16.10). Ta sytuacja potwierdza spostrzeżenia z pierwszego promptu, a odpowiedź nie jest satysfakcjonująca.



Rysunek 16.10. Pierwszy efekt zastosowania modelu LLM w celu uzyskania odpowiedzi na pytanie o temat i efekt użycia projektu

Źródło: Opracowanie własne

Tematy projektów wymienione w tabeli 16.2 mają charakter opisowy. Studenci posługują się pewnymi naturalnymi skłonnościami, jak skróty myślowe, i nie konstruują odpowiedzi na zasadzie: temat projektu – rozwiązanie – efekt. Rodzi to naturalne wręcz trudności z interpretacją odpowiedzi przez model LLM, tym bardziej, że można w odpowiedziach spotkać sformułowania typu „Jeszcze nie wiem, ale na pewno coś związanego z systemami wspierającymi pracę w digital marketingu”. W tym przypadku badawczym istnieje zdecydowanie większe wyzwanie aniżeli w poprzednim przypadku dotyczącym klasyfikacji branżowej. Można wytypować następujące problemy:

- błędna kategoryzacja – temat projektu vs. narzędzie;
- brak struktury przyczynowo-skutkowej, np. ułatwienie znalezienia sali jest raczej funkcją aplikacji, a nie tematem projektu, który mógłby w tym przypadku dotyczyć optymalizacji przepływu studentów w uczelni;
- niejednoznaczność semantyczna względem użycia sformułowania „jeszcze nie wiem” na przedmiocie systemy ekspertowe i systemy wspomagania decyzji.

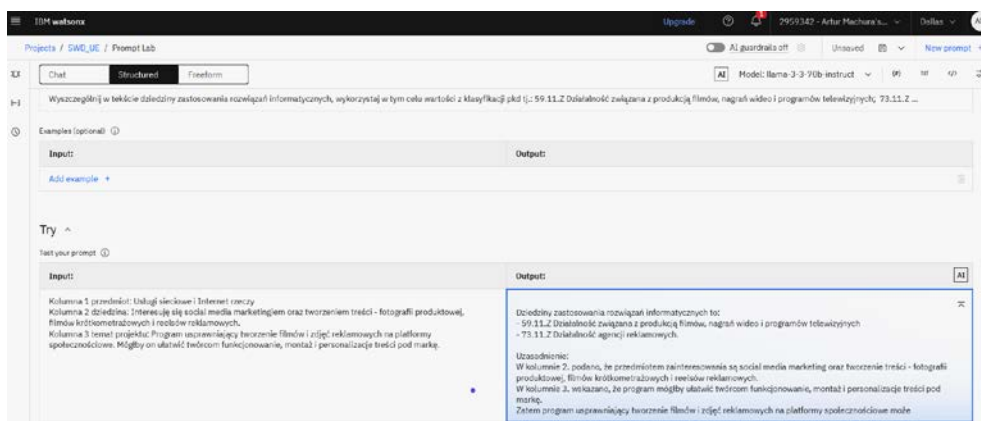
Omówienie wyników

Omówienie wyników, w tym ich interpretacja, wymagają przyjęcia wyjaśnienia kontekstu badawczego, bowiem kontekst badań interwencyjnych w edukacji podnosi

znacząco poprzeczkę dla efektywnego wykorzystania modelu Llama-3.2-11B-Vision-Instruct, co potwierdzają osiągnięte wyniki.

Niemniej warto na wstępie zauważyć, że ideowo model Llama powinien wesprzeć pracę nauczyciela, poprzez np. interpretację i rozjaśnianie danych początkowych, rozumianych jako m.in. ekstrakcję kluczowych koncepcji, wskazywanie niespójności czy niejasności. Studium badawcze ujawniło znaczące utrudnienia w praktycznym zastosowaniu modelu LLM. Jednocześnie to studium uzasadniło istotę innej pracy, wymienionej w podstawach teoretycznych, tzn. dostrojenie modelu do konkretnych zastosowań, czy też wykorzystanie technologii RAG (*Retrieval-Augment Generation*, generowanie wspomagane wyszukiwaniem). Okazuje się, że bez dostrojenia model LLM w niektórych przypadkach nie poradził sobie precyzyjnie z wykonaniem prostych poleceń, jak np. określenie, czy student wskazał temat projektu lub czy rozumie efekty zastosowania rozwiązań informatycznych. Tak więc model LLM bez dostrojenia nie dostarczył satysfakcjonujących odpowiedzi (np. pomylił pojęcia dziedziny z przedmiotem).

Na rysunku 16.11 zaprezentowano przykład pracy dodatkowej związanej z funkcjonalnością IBM Watsonx. Okazuje się, że stosunkowo łatwo osiągnąć poziom satysfakcji użytkownika dopiero po sformułowaniu precyzyjnego promptu. Na zajęciach wyjaśniono, że projekty powinny nawiązywać do praktyki gospodarczej, a więc i przedsiębiorców świadczących adekwatne usługi, dlatego istotne było zaadaptowanie bazy Polskiego Rejestru Działalności Gospodarczych PKD (GUS, 2025).



Rysunek 16.11. Okno PromptLab w trybie „Structured” i wskazana instrukcja udzielenia odpowiedzi

Źródło: Opracowanie własne

Na rysunku 16.11 zilustrowano kolejny interfejs Watsonx zawierający dodatkowe funkcjonalności, np. naukę LLM przez przykłady. Należy tu jednak krytycznie zauważyć, że prezentowana praca jest czasochłonna i na tyle absorbująca, że może skutkować pominięciem wykorzystania modelu LLM w dydaktyce i badaniach interwencyjnych w edukacji.

Reasumując, odpowiedzi studentów charakteryzowały się dużą różnorodnością i „szkicowością” opisu, co jest naturalne dla fazy inicjacji projektu. Przykładowo studenci opisywali tematy takie jak „system dla kwiaciarni” czy „symulator ryzyka bankructwa”, co stanowiło materiał testowy dla weryfikacji PB1.

Analiza wydajności modelu domyślnego (odpowiedź na PB1 i PB2) ujawniła istotne błędy interpretacyjne w modelu Llama-3.2-11B bez dostrajania. Na pytanie o dziedzinę zastosowania (rys. 16.8) model udzielił odpowiedzi kontrowersyjnych, myląc nazwy przedmiotów akademickich (np. „Usługi sieciowe”) z branżami biznesowymi. Ponadto podczas próby identyfikacji wierszy niepełnych (rys. 16.10), model wskazał błędne rekordy, co potwierdza, że surowy model nie radzi sobie z kontekstem dydaktycznym bez precyzyjnych instrukcji. Potwierdza to negatywną weryfikację PB1 dla modelu niedostrojonego.

W odpowiedzi na błędy modelu zastosowano interwencję opisaną w PB3. Wykorzystanie trybu „Structured” w Watsonx oraz „nauka LLM przez przykłady” (*few-shot learning*) z wykorzystaniem kodów PKD (rys. 16.11) przyniosło znaczącą poprawę. Model zaczął poprawnie kategoryzować niejasne opisy studentów do konkretnych działań gospodarki, osiągając poziom satysfakcji użytkownika.

Podsumowanie

W rozdziale starano się wyjaśnić przydatność modeli językowych sztucznej inteligencji w praktyce nauczyciela akademickiego. Istotne było zrozumienie zarówno istoty badań interwencyjnych w edukacji, jak i problemów towarzyszących projektom akademickim i wyzwań dla środowiska akademickiego.

Autor badań wykorzystał specjalistyczne oprogramowanie Watsonx i ujawnił pewne szczegóły, które istotnie wpływają na praktyczne zastosowanie sztucznej inteligencji. Przeprowadzone badania potwierdziły znaczenie samej dokumentacji IBM nt. wyboru i zastosowania dużych modeli językowych. Konieczna jest kontekstualizacja (PB1), dlatego szkicowy opis projektu studenckiego jest zbyt niejednoznaczny dla modelu LLM działającego „z pudełka”. Samo oprogramowanie (nawet klasy enterprise jak IBM Watsonx) nie zastępuje merytorycznego nadzoru nauczyciela. Innymi słowy, samo oprogramowanie i modele sztucznej inteligencji oferowane przez największe koncerny jak IBM czy META nie zastępują bezpośrednio typowej pracy nauczyciela. Modele takie jak Llama-3.2 wykazują tendencję do „halucynowania” w specyficznym kontekście edukacyjnym (np. mylenie nazwy przedmiotu z branżą), jeśli nie zostaną nałożone odpowiednie ograniczenia. W celu osiągnięcia wymiernych korzyści, np. powodzenia w badaniach interwencyjnych w edukacji, wymagane jest wykorzystanie wytrenowanych modeli, ewentualnie zastosowanie dodatkowych źródeł wiedzy i technologii RAG.

Kluczem do efektywnego wykorzystania AI w dydaktyce jest odpowiednia kontekstualizacja modelu poprzez precyzyjne formułowanie promptów i wykorzystanie źródeł wiedzy RAG. Zastosowanie ustrukturyzowanych promptów i zewnętrznych

baz wiedzy (jak PKD) jest niezbędne, choć wiąże się to z dodatkowym nakładem pracy, który należy uwzględnić w planowaniu procesu dydaktycznego. Ta czynność z kolei wpływa nie tylko na pracę z samym oprogramowaniem, ale i znaczące uzgodnienia pomiędzy interesariuszami badań interwencyjnych w edukacji.

Literatura

1. CMMI Institute. (b.r.). *About ISACA*. <https://cmmiinstitute.com/company>
2. Dartmouth. (b.r.). *The Research Conference Where AI Began*. <https://home.dartmouth.edu/about/artificial-intelligence-ai-coined-dartmouth>
3. Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (red.) (2009). *Metody badań jakościowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
4. Dewey, J. (2014). *Doświadczenie i edukacja*. Warszawska Firma Wydawnicza.
5. Google Research. (b.r.). *Philosophy*. <https://research.google/philosophy/>
6. GUS. (2025). *Polska Klasyfikacja Działalności PKD 2025*. Główny Urząd Statystyczny.
7. Hugging Face. (b.r.). *Hugging Face*. <https://huggingface.co/huggingface>
8. IBM Corporation. (2025). *How to choose the right AI foundation model*. <https://www.ibm.com/downloads/documents/us-en/10c31775a1d40392>
9. IBM Research. (2024). *Granite Foundation Models*. <https://www.ibm.com/downloads/documents/us-en/10a99803c92fdb35>
10. IBM watsonx. (b.r.). *Realize the promise of AI with watsonx*. <https://www.ibm.com/products/watsonx>
11. International Institute of Business Analysis. (2015). *BABOK®. A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge®*. http://www.the-aba.com/administrator/components/com_event/uploads/59014e456ca677.92343092BABOK_Guide_v3_Member.pdf
12. Jacobson, I., Spence, I., & Bittner, K. (2011). *USE-CASE 2.0. The Guide to Succeeding with Use Cases*. Ivar Jacobson International. https://www.ivarjacobson.com/files/use-case_2_0_e-book_2023_0.pdf
13. Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The action research planner*. Deakin University.
14. Llama. (b.r.). *Llama Models*. <https://www.llama.com/docs/model-cards-and-prompt-formats/>
15. Meta. (b.r.). *Advancing AI for a connected world*. <https://ai.meta.com/about/>
16. Mistral AI. (b.r.). *Frontier AI. For all of us*. <https://mistral.ai/about>
17. Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Projects Management Body of Knowledge. PMBOK® Guide and The Standard of Project Management (7th ed.)*. <https://tegnum.edu.pe/wp-content/uploads/2023/09/Project-Management-Institute-A-Guide-to-the-Project-Management-Body-of-Knowledge-PMBOK-R-Guide-PMBOK%C2%AE%EF%B8%8F-Guide-Project-Management-Institute-2021.pdf>
18. Sommerville, I. (2020). *Inżynieria oprogramowania. Wydanie X*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
19. Tay, Y., Dehghani, M., Tran, V. Q., Garcia, X., Wei, J., Wang, X., Chung, H. W., Shakeri, S., Bahri, D., Schuster, T., Zheng, H. S., Zhou, D., Houlsby, N., & Metzler, D. (2023). *UL2: Unifying Language Learning Paradigms*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.05131>

ROZDZIAŁ 17

CYBERVETTING W ERZE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI – MIĘDZY TRANSPARENTNOŚCIĄ A UKRYTĄ PRAKTYKĄ

Rafał Niedbał, Ilona Pawełoszek, Adam Sokołowski

Politechnika Częstochowska
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

Wraz z rozwojem technologii informacyjnych proces rekrutacji uległ głębokiej transformacji. Jeszcze do niedawna decyzje o zatrudnieniu opierały się głównie na tradycyjnych dokumentach aplikacyjnych – życiorysie, liście motywacyjnym – oraz na rozmowie kwalifikacyjnej. Obecnie, w erze cyfrowej, coraz większe znaczenie mają dane pochodzące z przestrzeni internetowej. Pracodawcy mogą w prosty sposób uzyskać dostęp do publicznie dostępnych informacji o kandydacie – jego aktywności w mediach społecznościowych, publikacji, komentarzy czy historii zatrudnienia prezentowanej na portalach zawodowych. Zjawisko to, określane mianem cybervettingu, staje się jednym z kluczowych elementów współczesnych praktyk zarządzania zasobami ludzkimi.

Cybervetting można rozumieć jako proces weryfikacji kandydata do pracy na podstawie jego cyfrowych śladów. W początkowej fazie transformacji cyfrowej miał on charakter nieformalny – był raczej intuicyjnym przeglądaniem profili społecznościowych niż elementem zaplanowanej procedury HR. Dziś, wraz z rozwojem technologii sztucznej inteligencji i narzędzi automatyzujących analizę treści, zjawisko to nabiera nowego wymiaru. Systemy rekrutacyjne (*Applicant Tracking Systems*, ATS) coraz częściej wykorzystują algorytmy do wstępnej selekcji kandydatów, analizy sentymentu czy oceny reputacji cyfrowej. W efekcie proces oceny pracownika lub kandydata do pracy zaczyna obejmować nie tylko jego kompetencje, lecz także artefakty funkcjonowania w środowisku cyfrowym.

Zjawisko to ma jednak również drugą stronę – brak przejrzystości. Wiele firm nie informuje kandydatów o tym, że ich aktywność w sieci może być przedmiotem analizy. Pracodawcy obawiają się reakcji społecznych, wątpliwości etycznych oraz odpowiedzialności wynikającej z przepisów RODO (*Ustawa z dnia 10 maja 2018 r. o ochronie danych osobowych*). W rezultacie cybervetting często funkcjonuje w sferze „cichej praktyki”, a nie jawnej polityki organizacyjnej. Tymczasem coraz większe znaczenie zyskują kwestie transparentności, etycznego przetwarzania danych i zgodności z prawem, które stają się filarem zaufania w relacjach między kandydatem a pracodawcą.

Celem niniejszego rozdziału jest ukazanie cybervettingu jako zjawiska kształtującego współczesne procesy rekrutacyjne w kontekście transformacji biznesu w erze sztucznej inteligencji. Analiza obejmuje zarówno ramy prawne, jak i etyczne tego procesu oraz praktyki organizacyjne, które pokazują, w jaki sposób firmy komunikują – lub świadomie przemilczają – wykorzystanie danych publicznych i narzędzi AI w ocenie kandydatów. Szczególna uwaga została poświęcona porównaniu podejść stosowanych przez organizacje o zasięgu krajowym i międzynarodowym, co pozwala uchwycić różnice w poziomie transparentności oraz stopniu integracji sztucznej inteligencji w rekrutacji.

W celu realizacji założeń rozdziału sformułowano następujące pytania badawcze:

- PB1: W jakim stopniu organizacje działające w Polsce i na rynkach międzynarodowych ujawniają w oficjalnych dokumentach rekrutacyjnych stosowanie cybervettingu, w tym pozyskiwanie danych z publicznych źródeł oraz wykorzystanie narzędzi sztucznej inteligencji?
- PB2: Jakie czynniki prawne, organizacyjne i technologiczne wpływają na niejawność lub selektywną transparentność praktyk cybervettingu w erze automatyzacji i sztucznej inteligencji?

Odpowiedzi na postawione pytania badawcze zostaną sformułowane na podstawie analizy literatury przedmiotu oraz porównawczej analizy klauzul informacyjnych i polityk rekrutacyjnych wybranych organizacji. Eksploracja powyższych pytań badawczych pozwoli na refleksję nad konsekwencjami praktycznymi stosowania cybervettingu dla polskich pracodawców.

Cybervetting – istota i ewolucja zjawiska

Termin cybervetting odnosi się do procesu pozyskiwania i analizy informacji o kandydacie do pracy na podstawie jego aktywności w środowisku cyfrowym, przede wszystkim w mediach społecznościowych. Początkowo praktyka ta była spontaniczną formą weryfikacji reputacji kandydata – polegała na nieformalnym przeglądaniu publicznych profili w serwisach takich jak Facebook, Twitter czy LinkedIn (Berkelaar, 2014; Clark & Roberts, 2010). Z czasem jednak cybervetting przekształcił się w systematyczny element rekrutacji cyfrowej, w której dane pozyskane z Internetu zaczęły stanowić uzupełnienie tradycyjnych źródeł informacji o kandydacie, takich jak CV czy referencje.

W literaturze przedmiotu pojęcie to ma liczne odpowiedniki, m.in. *social media screening*, *digital background check*, *online screening*, *internet vetting* czy *digital footprint analysis* (Davison i in., 2012; Esselment & Marland, 2019; Peshkova, 2022). Choć terminologia bywa zróżnicowana, wspólnym mianownikiem pozostaje wykorzystanie nieformalnych, publicznie dostępnych danych internetowych do podejmowania decyzji personalnych. Z perspektywy zarządzania zasobami ludzkimi cybervetting stanowi narzędzie wspierające selekcję kandydatów i ocenę ich dopasowania do organizacji, natomiast w ujęciu społecznym i etycznym – źródło potencjalnych

kontrowersji dotyczących prywatności, równego traktowania oraz granic nadzoru cyfrowego (Jacobson & Gruzd, 2020; Walrave i in., 2022).

Ewolucja od praktyki nieformalnej do zautomatyzowanego narzędzia selekcji

Pierwsze badania dotyczące cybervettingu, prowadzone w latach 2010-2015, koncentrowały się na opisanu zjawiska i jego społecznych konsekwencji. Pracodawcy postrzegali media społecznościowe jako źródło „autentycznych” informacji o kandydatach, które miały odsłaniać ich rzeczywistą osobowość, styl komunikacji i wartości (Berkelaar & Buzzanell, 2015). Kandydaci z kolei coraz częściej zdawali sobie sprawę, że ich aktywność online może być oceniana, co prowadziło do zjawiska „autoprezentacji kontrolowanej” i autocenzury (Stoughton i in., 2015; Vosen, 2021).

Od ok. 2020 roku obserwuje się wyraźne przesunięcie akcentów – cybervetting przestaje być działaniem intuicyjnym, a staje się procesem wspieranym przez technologię. Rozwój narzędzi analitycznych, takich jak systemy ATS, platformy monitoringu mediów społecznościowych (np. Fama, Crystal Knows, Ferretly) czy funkcje *AI-assisted search* w LinkedIn Recruiter, umożliwił automatyzację pozyskiwania i klasyfikacji danych. Algorytmy uczenia maszynowego analizują posty, zdjęcia, słowa kluczowe czy emocjonalny ton wypowiedzi, generując raporty reputacyjne oparte na kategoriach ryzyka (da Motta Veiga & Figueroa-Armijos, 2022; Walrave i in., 2022).

Tego typu rozwiązania pozwalają rekruterom na szybsze i bardziej ustrukturyzowane przetwarzanie informacji o kandydatach, ale jednocześnie niosą ryzyko uprzedzeń i braku przejrzystości decyzji (Hartwell i in., 2022; Mönke & Schäpers, 2022). Wprowadzenie sztucznej inteligencji do procesów selekcyjnych sprawiło, że cybervetting zaczyna pełnić nie tylko funkcję oceny wstępnej, lecz także predykcyjną – ma identyfikować, często bez udziału człowieka, kandydatów potencjalnie „niepożądanym” na podstawie wzorców ich zachowań.

Interdyscyplinarny charakter i zakres badań

Cybervetting funkcjonuje na styku trzech głównych obszarów wiedzy: zarządzania zasobami ludzkimi, nauk społecznych i informatyki. W nurcie zarządczym analizowane są jego skuteczność i trafność predykcyjna jako narzędzia selekcyjnego (Walrave i in., 2022). W naukach społecznych i psychologicznych podkreśla się etyczne i kulturowe konsekwencje tej praktyki – poczucie naruszenia prywatności, utratę kontroli nad wizerunkiem czy zjawisko dyskryminacji kandydatów (Jacobson & Gruzd, 2020; McDonald i in., 2022). Z kolei badania informatyczne koncentrują się na opracowaniu algorytmów i modeli klasyfikacyjnych służących do analizy treści online (Hu i in., 2020; Rahat & Nadeem, 2025).

Współczesne badania nad cybervettingiem wskazują, że jego praktyka różni się znacznie w zależności od kontekstu kulturowego, platformy i sektora gospodarki.

LinkedIn postrzegany jest jako medium profesjonalne i akceptowalne dla celów rekrutacyjnych, podczas gdy Facebook czy TikTok budzą sprzeciw kandydatów z uwagi na ich prywatny charakter (Cook i in., 2020; Roulin & Fernandez, 2022). Coraz częściej pojawia się także refleksja nad różnicami międzykulturowymi – np. chińskie platformy WeChat i Weibo charakteryzują się odmiennymi normami prywatności i sposobem komunikacji, co wpływa na lokalne postrzeganie cybervettingu (Roulin & Liu, 2023).

Nowy etap: od informacji do reputacji

W najnowszej literaturze zwraca się uwagę, że cybervetting nie ogranicza się już do selekcji kandydatów. Zaczyna pełnić funkcję systemu oceny reputacji cyfrowej, w którym granica między prywatnym a zawodowym profilem jednostki ulega zatarciu. Wzrost znaczenia tej praktyki wiąże się z rozwojem gospodarki opartej na danych, w której reputacja online staje się zasobem ekonomicznym i wskaźnikiem wiarygodności (Berkelaar, 2017; Brink, 2022). Tym samym cybervetting wpisuje się w szerszy trend datafikacji procesów HR, gdzie sztuczna inteligencja i analiza danych zastępują intuicję rekruterów obiektywizowanymi, lecz często nieprzejrzystymi kryteriami oceny.

Ramy prawne i etyczne cybervettingu

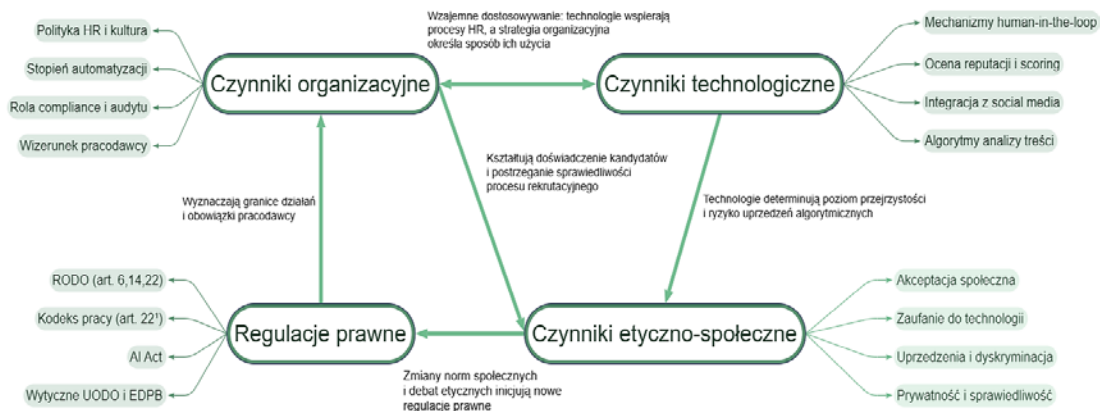
Rozwój technologii sztucznej inteligencji w procesach rekrutacyjnych stawia przed organizacjami nowe wyzwania prawne i etyczne. O ile technicznie możliwe jest dziś pozyskanie ogromnej ilości danych o kandydacie – od jego aktywności w mediach społecznościowych po analizę tonu wypowiedzi czy stylu pisania – o tyle nie każda dostępna informacja może być legalnie i etycznie wykorzystana. Granice tych działań wyznaczają zarówno przepisy prawa, jak i normy moralne dotyczące prywatności, sprawiedliwości oraz zaufania do technologii.

W praktyce cybervetting znajduje się na przecięciu czterech sfer: regulacyjnej, organizacyjnej, technologicznej i etyczno-społecznej. Każda z nich w inny sposób wpływa na to jak organizacje pozyskują, analizują i interpretują dane o kandydatach. Prawo określa, co jest dopuszczalne; organizacja decyduje, jak to wdrożyć; technologia determinuje, co jest możliwe; etyka i społeczne oczekiwania wpływają na to, co jest akceptowalne.

Rozważanie cybervettingu wyłącznie w kategoriach prawnych prowadzi do nadmiernej formalizacji, natomiast skupienie się jedynie na aspektach technologicznych – do ignorowania kwestii zaufania i odpowiedzialności. Dlatego konieczne jest zintegrowane podejście, które pozwala uchwycić wzajemne zależności między przepisami, praktykami organizacyjnymi, rozwiązaniami technicznymi i normami społecznymi.

Na rysunku 17.1 przedstawiono model ukazujący te powiązania – od regulacji prawnych, przez praktyki organizacyjne i technologie, aż po ich konsekwencje

etyczne. Model podkreśla również obecność sprzężenia zwrotnego. Zmiany norm społecznych i wyniki debat etycznych mogą prowadzić do nowych regulacji prawnych. W ten sposób powstaje cykl rozwoju praktyk cybervettingu w dynamicznej interakcji między technologią, prawem i wartościami społecznymi.



Rysunek 17.1. Czynniki kształtujące praktyki cybervettingu w organizacjach

Źródło: Opracowanie własne

Regulacje prawne, takie jak RODO, *Kodeks pracy* czy nadchodzący *AI Act*, wyznaczają granice dopuszczalnych działań w zakresie przetwarzania danych kandydatów. Czynniki organizacyjne określają, w jaki sposób firmy implementują te zasady w praktyce, a czynniki technologiczne – jakie narzędzia i algorytmy umożliwiają realizację procesów rekrutacyjnych. Wyżej wymienione grupy mają bezpośredni wpływ na wymiar etyczno-społeczny cybervettingu: poczucie prywatności, zaufanie do technologii i akceptację społeczną.

Czynniki organizacyjne

Ramy prawne wyznaczają granice, ale praktyka ich wdrażania zależy od polityki organizacyjnej i kultury zarządzania. W firmach o dojrzałej kulturze zgodności (*compliance*) procesy rekrutacyjne są planowane w ścisłej współpracy działów HR, prawnych i IT. Takie podejście sprzyja wprowadzaniu mechanizmów nadzoru nad wykorzystaniem danych oraz ocenie ryzyka reputacyjnego.

Do czynników organizacyjnych zaliczyć można także poziom automatyzacji rekrutacji (np. stosowanie systemów ATS, chatbotów i narzędzi analityki AI) oraz sposób komunikacji z kandydatami. Transparentność polityki rekrutacyjnej i jasne informowanie o zakresie przetwarzania danych wpływają pozytywnie na wizerunek firmy i zaufanie społeczne.

Z kolei brak procedur i rozproszenie odpowiedzialności – typowe dla organizacji o niskiej kulturze zgodności – sprzyja nieformalnym praktykom cybervettingu, prowadzonym poza oficjalnymi zasadami.

Czynniki technologiczne

Rozwój narzędzi opartych na sztucznej inteligencji umożliwił automatyzację analizy danych o kandydatach. Nowoczesne systemy rekrutacyjne integrują funkcje wyszukiwania, analizy treści i oceny reputacji cyfrowej. Algorytmy potrafią klasyfikować posty, zdjęcia, a nawet ton emocjonalny wypowiedzi w mediach społecznościowych.

Technologia wprowadza jednak dylematy: im większa automatyzacja, tym trudniej zapewnić przejrzystość kryteriów oceny. Problemem staje się algorytmiczna dyskryminacja – sytuacja, w której model uczący się na danych historycznych reprodukuje istniejące uprzedzenia społeczne. Z tego względu coraz większe znaczenie ma koncepcja *human-in-the-loop*, czyli zachowanie decydującej roli człowieka w procesie rekrutacyjnym.

Odpowiedzialne stosowanie technologii wymaga również audytu narzędzi, dokumentowania ich działania i wprowadzania mechanizmów kontroli błędów.

Czynniki etyczno-społeczne

Ostatnim wymiarem cybervettingu są jego konsekwencje etyczne i społeczne. Praktyki oparte na analizie cyfrowych śladów dotyczą kluczowych wartości: prywatności, sprawiedliwości, równości i zaufania. Kandydaci często nie wiedzą, że są oceniani na podstawie treści publikowanych w sieci, co rodzi poczucie braku kontroli i naruszenia autonomii informacyjnej.

Istotnym problemem jest także społeczna akceptacja technologicznego nadzoru. Badania wskazują, że pracownicy i kandydaci akceptują analizę danych zawodowych (np. LinkedIn), ale sprzeciwiają się przeglądaniu platform o charakterze prywatnym (np. Facebook, Instagram).

Wrażliwość społeczna wobec tych praktyk wpływa następnie na debatę publiczną i prowadzi do zmian w regulacjach prawnych – tworząc sprzężenie zwrotne między etyką a prawem.

Cztery przedstawione wymiary ukazują, że cybervetting nie jest jedynie kwestią technologii czy zgodności z prawem, lecz złożonym zjawiskiem społecznym, które wymaga zintegrowanego podejścia łączącego perspektywę prawną, organizacyjną i etyczną.

Transparentność w praktyce – analiza wybranych firm

Analiza wybranych aspektów praktyki cybervettingu

Aby zilustrować, w jaki sposób przedstawione wcześniej uwarunkowania prawne i organizacyjne przekładają się na praktykę rekrutacyjną, przeprowadzono analizę polityk prywatności i klauzul informacyjnych wybranych firm działających w Polsce i na rynkach międzynarodowych. Celem analizy było zidentyfikowanie w jakim stopniu przedsiębiorstwa ujawniają stosowanie cybervettingu, wykorzystanie danych publicznych oraz elementów automatyzacji w procesie selekcji kandydatów.

Badane podmioty reprezentują różne sektory gospodarki – od finansowego i przemysłowego, przez handel elektroniczny, po branżę technologiczną i kreatywną. Taki przekrój umożliwia ocenę, czy poziom transparentności zależy raczej od charakteru działalności, czy od skali organizacji i jej ekspozycji na standardy globalne. Wyniki zestawiono w tabeli 17.1.

Tabela 17.1. Zestawienie porównawcze transparentności klauzul RODO i praktyk rekrutacyjnych w wybranych firmach

Firma	Pozyskiwanie danych z publicznych źródeł	Wzmianka o AI/automatyzacji	Spełnienie obowiązku informacyjnego (art. 14 RODO)*	Charakterystyka podejścia
PKO Bank Polski (b.r.)	Częściowo	Nie	Nie dotyczy (dane pozyskane głównie od kandydata)	Zgodne z RODO; możliwe dane z rejestrów publicznych, brak odniesień do mediów społecznościowych
Orlen (b.r.)	Nie	Nie	Nie dotyczy (dane pozyskane bezpośrednio od kandydata)	Jasna deklaracja: dane wyłącznie od kandydatów; brak odniesień do AI
PZU (2015)	Nie	Nie	Nie dotyczy (dane pozyskane bezpośrednio od kandydata)	Polityka ostrożna, skupiona na zgodności z RODO; brak jawnych wzmianek o danych zewnętrznych
Santander Bank Polska (Santander Consumer Bank, 2024)	Częściowo	Częściowo (chatbot w grupie)	Częściowo – firma informuje o możliwości pozyskania danych z innych źródeł (referencje, bazy publiczne)	Możliwe pozyskiwanie danych z innych źródeł, np. rekomendacji; umiarkowana transparentność
Allegro (Allegro Jobs, b.r.)	Tak	Nie	Tak – firma informuje o źródle danych zewnętrznych (np. LinkedIn, polecenia)	Jawnie wskazuje możliwość analizy danych z publicznych źródeł zawodowych (np. LinkedIn)
Silky Coders (GrabJobs, b.r.)	Niejasne	Nie	Niejasne – brak jednoznacznego odniesienia do danych zewnętrznych	Wspomina o kontaktach przez LinkedIn, ale bez deklaracji samodzielnego pozyskiwania danych
CD Projekt RED (CD Projekt, 2018)	Tak	Nie	Tak – kandydat informowany przy pierwszym kontakcie	Wprost informuje o możliwości pozyskania danych z publicznych źródeł (np. GoldenLine, LinkedIn)
Google (Google Operations Center, 2024)	Tak	Częściowo	Tak – globalna polityka informuje o źródłach danych zewnętrznych	Globalna polityka dopuszcza dane publiczne i opisuje automatyzację preselekcji
Deloitte (2025)	Tak	Nie	Tak – wprost wskazuje na możliwość przetwarzania danych upubliczionych	Wzorcowy przykład: „upublicznione dane (np. w serwisach społecznościowych)” (tłum. aut.)
Unilever (EEA/UK) (Unilever, 2025)	Pośrednio	Tak (prescreening, ML, chatboty)	Tak – przewidziano obowiązek informacyjny dla danych z systemów zewnętrznych	Bardzo wysoki poziom transparentności; szczegółowy opis użycia AI
Tesla (EU) (Tesla, b.r.)	Nie	Brak decyzji automatycznych	Częściowo – odniesienia do referencji i weryfikacji przeszłości, bez wskazania źródeł publicznych	Konserwatywne podejście: background check i referencje, ale bez AI

* Wpis „Nie dotyczy” oznacza, że dana organizacja przetwarza wyłącznie informacje przekazane bezpośrednio przez kandydatów (art. 13 RODO), a nie że pomija obowiązki wynikające z art. 14 RODO.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie publicznie dostępnych dokumentów firmowych, stan na 2025 rok

W dalszej części rozdziału omówiono również przykłady trzech organizacji o zasięgu globalnym – Deloitte, Unilever i Tesla – które różnią się podejściem do transparentności, wykorzystania danych publicznych i automatyzacji procesów rekrutacyjnych.

Z zestawienia wynika, że większość analizowanych firm nie ujawnia pozyskiwania danych z publicznych źródeł, a te, które to robią (np. Allegro i CD Projekt RED), należą do organizacji bardziej cyfrowych i funkcjonujących w otoczeniu międzynarodowych standardów zgodności. Firmy z sektora finansowego i państwowego (PKO, PZU, Orlen) stosują raczej minimalistyczne i zachowawcze klauzule, koncentrując się na danych przekazanych bezpośrednio przez kandydatów.

Warto zwrócić uwagę na Allegro – firmę o polskich korzeniach, ale działającą dziś w ramach międzynarodowej struktury kapitałowej. Jej klauzula informacyjna stanowi przykład równowagi między polskim podejściem prawnym a zachodnimi wzorcami transparentności. Allegro, podobnie jak CD Projekt RED, otwarcie informuje o możliwości pozyskania danych z publicznych źródeł zawodowych (np. LinkedIn), co wpisuje się w najlepsze praktyki zgodne z art. 14 RODO. Tego rodzaju zapisy wciąż należą w Polsce do wyjątków.

W klauzuli CD Projekt RED z 2018 roku wymieniono zarówno LinkedIn, jak i GoldenLine – dziś już nieistniejący portal rekrutacyjny. Zestawienie to dobrze ilustruje, jak szybko dezaktualizują się przykłady używane w politykach prywatności oraz jak dynamicznie zmienia się krajobraz cyfrowych źródeł danych o kandydatach.

W żadnej z przejranych polityk nie znaleziono bezpośredniego stwierdzenia, że firma stosuje sztuczną inteligencję lub w pełni zautomatyzowane algorytmy do podejmowania decyzji rekrutacyjnych. Nie oznacza to jednak, że takich narzędzi nie wykorzystują – niektóre przedsiębiorstwa komunikują w innych kontekstach (np. marketingowych) zastosowanie chatbotów czy systemów wstępnej selekcji. Brak odniesień do automatyzacji w oficjalnych dokumentach można interpretować jako przejaw ostrożności wobec przepisów art. 22 RODO oraz troskę o zachowanie pozytywnego wizerunku pracodawcy.

Część firm wyraźnie stara się spełnić wymogi art. 14 RODO, informując kandydatów o źródle pozyskania danych w przypadku, gdy nie zostały one przekazane bezpośrednio. Dobrym przykładem są CD Projekt RED oraz Allegro, które publikują osobne klauzule dla kandydatów pozyskanych z polecenia lub z zewnętrznych baz danych.

Inne podmioty, takie jak Orlen czy PZU, deklarują, że przetwarzają wyłącznie dane udostępnione przez samych kandydatów, co pozwala im uniknąć obowiązków wynikających z art. 14, ale ogranicza zakres transparentności.

Większość badanych organizacji nie posiada odrębnych regulaminów rekrutacyjnych – standardem jest publikowanie klauzul informacyjnych RODO oraz ogólnych opisów procesu rekrutacji. Wyjątek stanowi PZU, które udostępnia regulamin rekrutacji elektronicznej, jednak jego funkcja jest głównie techniczna.

Odpowiadając na pytanie badawcze PB1, należy stwierdzić, że stopień ujawniania praktyk cybervettingu w oficjalnych dokumentach rekrutacyjnych jest niski i wyraźnie

zróżnicowany w zależności od profilu oraz zasięgu działalności organizacji. Większość analizowanych firm funkcjonujących głównie na rynku krajowym nie informuje wprost o pozyskiwaniu danych z publicznych źródeł internetowych ani o wykorzystaniu narzędzi sztucznej inteligencji w procesach selekcji kandydatów. Wyjątki stanowią organizacje o charakterze międzynarodowym lub technologicznie zaawansowanym, takie jak Deloitte, Unilever, Allegro czy CD Projekt RED, które w różnym stopniu ujawniają możliwość analizy danych publicznych lub stosowania narzędzi automatyzacji preselekcji. Oznacza to, że cybervetting w praktyce funkcjonuje częściej jako nieformalny element procesu rekrutacyjnego niż jako jawnie komunikowana polityka organizacyjna.

Podsumowując, polityki rekrutacyjne analizowanych firm w większości spełniają wymogi RODO, zwłaszcza w zakresie informowania kandydatów o przetwarzaniu danych. Firmy globalne i technologiczne (Google, Allegro, CD Projekt RED) wykazują większą przejrzystość w zakresie potencjalnego pozyskiwania danych z sieci, podczas gdy instytucje finansowe i państwowe ograniczają się do przetwarzania danych dostarczonych bezpośrednio.

Większość analizowanych organizacji nie deklaruje formalnego wykorzystania sztucznej inteligencji przy podejmowaniu decyzji o zatrudnieniu, choć w niektórych przypadkach (np. Unilever, Google, Santander) pojawiają się wzmianki o wykorzystaniu algorytmów wspierających preselekcję lub komunikację z kandydatami. Takie sformułowania wskazują na ostrożność w ujawnianiu szczegółów automatyzacji procesów rekrutacyjnych oraz dążenie do zachowania zgodności z art. 22 RODO.

Studia przypadków firm międzynarodowych: Deloitte, Unilever i Tesla

Deloitte – otwarta deklaracja pozyskiwania danych publicznych

Deloitte jest jednym z nielicznych przykładów organizacji, które wprost komunikują możliwość pozyskiwania danych z publicznie dostępnych źródeł w procesach rekrutacyjnych. W klauzuli informacyjnej dla kandydatów (Deloitte, 2025) podkreślono, że dane osobowe mogą pochodzić nie tylko od samego kandydata, lecz także od osób trzecich (np. polecających) oraz z „jawnie upublicznionych źródeł, takich jak serwisy społecznościowe lub inne media internetowe”.

Taka deklaracja stanowi modelowy przykład realizacji obowiązku informacyjnego z art. 14 RODO, a zarazem wyraz dojrzałej kultury zgodności.

Choć w dokumentach nie pojawia się bezpośrednio odniesienie do sztucznej inteligencji, sposób sformułowania klauzul wskazuje na świadomość automatyzacji procesów – Deloitte stosuje bowiem zintegrowane systemy rekrutacyjne (ATS) w całym regionie Europy Środkowej. Ważnym elementem jest również zapewnienie, że decyzje nie są podejmowane wyłącznie w sposób zautomatyzowany i że kandydaci mają prawo do uzyskania informacji o źródle danych oraz do interwencji człowieka.

Praktyka Deloitte pokazuje, że transparentność w cybervettingu może współistnieć z pełną zgodnością z prawem. Jasne komunikaty i precyzyjne odniesienia do publicznych źródeł budują zaufanie, zamiast je podważać.

Unilever – zaawansowana automatyzacja przy zachowaniu przejrzystości

Unilever należy do firm, które najbardziej zaawansowały proces cyfrowej transformacji rekrutacji. W swojej globalnej polityce prywatności dla kandydatów (Unilever, 2025) korporacja wprost opisuje użycie algorytmów uczenia maszynowego (*machine learning*) w procesie preselekcji.

Pierwsze etapy rekrutacji mogą obejmować analizę profilu kandydata, ocenę dopasowania za pomocą gier neuropsychologicznych oraz rozmowy wideo analizowane przez modele ML. Kandydaci są o tym informowani, a firma zastrzega, że decyzje „nie są podejmowane wyłącznie automatycznie” – co odpowiada wymogom art. 22 RODO i zasadzie *human-in-the-loop*.

Choć polityka nie odnosi się wprost do pozyskiwania danych z zewnętrznych źródeł (jak LinkedIn), przewiduje możliwość korzystania z usług podmiotów trzecich, np. dostawców narzędzi analitycznych czy agencji rekrutacyjnych. Tym samym Unilever wprowadza rozszerzoną interpretację cybervettingu, obejmującą nie tylko analizę publicznych treści, lecz także dane generowane w procesie oceny kompetencji.

Model ten stanowi przykład odpowiedzialnej automatyzacji – Unilever nie ukrywa zastosowania algorytmów, lecz opisuje ich funkcję, ograniczenia i nadzór człowieka. Taka transparentność wpisuje się w zasady nadchodzącego unijnego *AI Act*, który wymaga jawności działania systemów wysokiego ryzyka w obszarze rekrutacji.

Tesla – ostrożność komunikacyjna i konserwatywne podejście

Polityka prywatności Tesli (Tesla, b.r.) reprezentuje bardziej zachowawczy model komunikacji. Firma koncentruje się na podstawowych kategoriach danych, takich jak CV, referencje, historia zatrudnienia czy weryfikacja przeszłości zawodowej (*background check*).

Nie ma w niej wzmianki o analizie publicznych profili ani o wykorzystaniu sztucznej inteligencji w procesie selekcji. Wręcz przeciwnie – dokument zawiera jednoznaczne stwierdzenie, że Tesla nie stosuje w pełni zautomatyzowanego podejmowania decyzji w procesach dotyczących kandydatów.

Takie sformułowanie można interpretować jako efekt silnej kultury *compliance* w środowisku o wysokim ryzyku prawnym, ale też jako element strategii wizerunkowej – Tesla unika terminów, które mogłyby sugerować nadmierny nadzór lub ingerencję w prywatność kandydatów.

Polityka firmy jest więc poprawna formalnie, ale mniej transparentna, jeśli chodzi o zakres stosowanych narzędzi technologicznych.

Analiza trzech przypadków pokazuje wyraźne różnice w sposobie komunikowania praktyk cybervetingu: Deloitte akcentuje legalność i otwartość wobec źródeł danych, Unilever – odpowiedzialną automatyzację i równowagę między technologią a etyką, Tesla – zachowawczość i unikanie ujawniania szczegółów.

Różnice te odzwierciedlają trzy możliwe strategie transparentności w erze sztucznej inteligencji:

- 1) transparentność zgodności (*compliance transparency*) – przykład Deloitte;
- 2) transparentność technologiczna – przykład Unilever;
- 3) transparentność ograniczona – przykład Tesli.

Wszystkie trzy podejścia są zgodne z prawem, lecz różnią się zakresem informacji ujawnianych kandydatom. Wspólnym mianownikiem pozostaje dążenie do zachowania równowagi między efektywnością procesów a ochroną prywatności, co potwierdza, że transparentność w cybervetingu staje się nowym standardem etycznym rekrutacji w gospodarce cyfrowej.

Czynniki wpływające na niejawność praktyk cybervetingu

Zjawisko cybervetingu – mimo że technologicznie łatwo dostępne i często praktykowane – pozostaje w Polsce w dużej mierze ukryte. W odróżnieniu od niektórych międzynarodowych organizacji, które w swoich politykach prywatności otwarcie wskazują możliwość pozyskiwania danych z publicznych źródeł (np. Deloitte czy CD Projekt RED), większość polskich firm nie zamieszcza w dokumentach żadnych odniesień do weryfikacji kandydatów w Internecie.

Tę zachowawczość można wyjaśnić kilkoma równoległymi czynnikami prawnymi-organizacyjnymi:

1. Ograniczenia wynikające z *Kodeksu pracy*

Polski *Kodeks pracy* (art. 22¹) szczegółowo określa, jakich danych osobowych może żądać pracodawca od kandydata – i nie przewiduje informacji pozyskiwanych z mediów społecznościowych. Pracodawca może co najwyżej uzyskać dodatkowe dane za zgodą kandydata, jednak trudno oczekiwać, by taka zgoda obejmowała przeglądanie profili prywatnych. W efekcie większość firm stosuje zasadę ostrożności i nie rozszerza katalogu przetwarzanych informacji.

2. Wysokie wymagania RODO przy pozyskiwaniu danych zewnętrznych

Jeżeli organizacja pozyskuje dane nie bezpośrednio od osoby, wchodzi w zakres art. 14 RODO. Przepis ten nakłada obowiązek poinformowania kandydata o:

- źródle danych,
- celu i podstawie prawnej przetwarzania danych,
- czasie retencji,
- przysługujących prawach.

Spełnienie tych obowiązków jest organizacyjnie trudne, szczególnie przy dużych procesach rekrutacyjnych. Dlatego wiele firm woli w ogóle nie deklorować,

że analizuje dane z Internetu, by uniknąć komplikacji i ryzyka błędnej interpretacji przepisów.

3. Zasada minimalizacji i adekwatności danych

Publiczne profile w mediach społecznościowych zawierają liczne informacje niezwiązane z celami rekrutacji (np. poglądy, zdjęcia prywatne). Deklaracja ich przeglądania mogłaby zostać odebrana jako naruszenie zasady minimalizacji (art. 5 ust. 1 lit. c RODO) oraz wkraczanie w sferę życia prywatnego. Dlatego nawet jeśli rekruterzy przeglądają te profile, organizacje unikają ujawniania takiej praktyki.

4. Ryzyko reputacyjne i employer branding

Z punktu widzenia wizerunku firmy, otwarte przyznanie się do cybervettingu mogłoby być odebrane jako forma „podglądania kandydatów”, co zniechęca do aplikowania.

Dlatego firmy wolą mówić o „kompleksowej ocenie kompetencji” lub „dopasowaniu do kultury organizacyjnej” bez wyjaśniania, jakie narzędzia analityczne są wykorzystywane.

5. Ostrożność działów *compliance* i brak wytycznych krajowych

UODO nie wydał dotąd jednoznacznych wytycznych dotyczących dopuszczalności analizowania publicznych profili kandydatów. Firmy wolą więc przyjąć strategię „ciszy regulacyjnej”, pozostając w formalnej zgodzie z przepisami i nie ujawniając dodatkowych źródeł danych.

6. Delegowanie cybervettingu na agencje i podmioty zewnętrzne

W praktyce część firm zleca wstępną selekcję agencjom rekrutacyjnym lub korzysta z platform ATS, które mogą mieć wbudowane moduły do przeszukiwania Internetu. Skoro formalnie to agencja, a nie pracodawca, dokonuje analizy profilu, firma nie włącza tego elementu do swojej klauzuli RODO, co zaciera granicę odpowiedzialności i widoczności praktyki.

W odniesieniu do pytania badawczego PB2 przeprowadzona analiza wskazuje, że niejawnosc lub selektywna transparentność praktyk cybervettingu wynika ze współwystępowania czynników prawnych i organizacyjnych, ale dodatkowo także technologicznych. Kluczową rolę odgrywają ograniczenia wynikające z *Kodeksu pracy* oraz obowiązki informacyjne przewidziane w art. 14 RODO, które znacząco podnoszą koszt organizacyjny jawnego pozyskiwania danych zewnętrznych. Istotne znaczenie mają również czynniki organizacyjne, takie jak poziom dojrzałości kultury zgodności z przepisami (*compliance*), przyjęta strategia budowania wizerunku pracodawcy (*employer branding*) oraz obawy związane z ryzykiem reputacyjnym. Z kolei czynniki technologiczne – w szczególności automatyzacja i wykorzystanie algorytmów sztucznej inteligencji – sprzyjają ograniczaniu transparentności z uwagi na trudności w wyjaśnieniu mechanizmów decyzyjnych i ryzyko zarzutów algorytmicznej dyskryminacji. W rezultacie cybervetting częściej funkcjonuje jako praktyka operacyjna niż formalnie uregulowany element polityki rekrutacyjnej.

Podsumowanie

Cybervetting stał się trwałym elementem współczesnych procesów rekrutacyjnych, choć jego skala i jawność różnią się w zależności od sektora i zasięgu działania organizacji. W większości firm praktyki te są realizowane w sposób ostrożny i częściowo nieformalny – kandydaci rzadko są informowani o wykorzystaniu danych z publicznych źródeł, a automatyzacja selekcji opisywana jest ogólnikowo lub wcale.

Cyfrowa weryfikacja często realizowana jest na poziomie praktyk, nie polityk. Firmy, w obawie przed zarzutem naruszenia prywatności lub nadmiernego przetwarzania danych, unikają jego formalizacji. W rezultacie powstaje paradoks: im częściej organizacje faktycznie korzystają z cyfrowych śladów kandydatów, tym mniej chcą o tym mówić. W perspektywie transformacji biznesu i wchodzących w życie regulacji *AI Act*, brak przejrzystości może stawać się coraz większym problemem reputacyjnym i prawnym.

Doświadczenia firm międzynarodowych – takich jak Deloitte, Unilever czy CD Projekt RED – pokazują jednak, że można ująć te praktyki jawnie, etycznie i zgodnie z RODO pod warunkiem precyzyjnego opisanego zakresu danych i zastosowania zasady *human-in-the-loop* w automatyzacji selekcji.

W firmach o charakterze międzynarodowym można jednak zaobserwować rosnący poziom transparentności. Deloitte otwarcie informuje o źródłach danych i prawach kandydatów, Unilever szczegółowo opisuje procesy automatyzacji z zachowaniem nadzoru człowieka, natomiast Tesla prezentuje konserwatywny model zgodności, unikając terminologii mogącej budzić kontrowersje.

Z kolei w przedsiębiorstwach działających głównie na rynku krajowym dominuje model zachowawczy – zgodność z RODO jest zapewniona, ale jawne komunikowanie cybervettingu nadal stanowi wyjątek.

Wyniki analizy pozwalają sformułować trzy ogólne obserwacje:

1. Transparentność staje się nowym wymiarem etyki rekrutacji. Otwarte informowanie o źródłach danych i stosowanych technologiach buduje zaufanie i wzmacnia wizerunek organizacji jako odpowiedzialnego pracodawcy.
2. Automatyzacja wymaga równowagi między efektywnością a kontrolą ludzką. Systemy AI wspierające preselekcję kandydatów mogą zwiększać sprawność procesów, ale powinny być stosowane zgodnie z zasadą *human-in-the-loop* oraz podlegać audytowi etycznemu.
3. Ewolucja przepisów (*AI Act*, nowe interpretacje RODO) będzie stopniowo wymuszać większą jawność i standaryzację praktyk cybervettingu. Firmy, które już dziś wprowadzają przejrzyste procedury, zyskują przewagę konkurencyjną i ograniczają ryzyko regulacyjne.

Podsumowując, cybervetting w erze sztucznej inteligencji obok bycia narzędziem selekcji, staje się także testem kultury organizacyjnej i dojrzałości etycznej przedsiębiorstwa. W nadchodzących latach transparentność, informowanie kandydatów o źródłach danych oraz odpowiedzialne stosowanie technologii staną się kluczowymi elementami zaufania w relacjach między pracodawcą a pracownikiem.

Literatura

1. Allegro Jobs. (b.r.). *Privacy policies of the recruitment process*. <https://jobs.allegro.eu/recruitment-policies/allegro/>
2. Berkelaar, B. L. (2014). Cybervetting, online information, and personnel selection: New transparency expectations and the emergence of a digital social contract. *Management Communication Quarterly*, 28(4), 479-506. <https://doi.org/10.1177/0893318914541966>
3. Berkelaar, B. L. (2017). Different ways new information technologies influence conventional organizational practices and employment relationships: The case of cybervetting for personnel selection. *Human Relations*, 70(9), 1115-1140. <https://doi.org/10.1177/0018726716686400>
4. Berkelaar, B. L., & Buzzanell, P. M. (2015). Online employment screening and digital career capital: Exploring employers' use of online information for personnel selection. *Management Communication Quarterly*, 29(1), 84-113. <https://doi.org/10.1177/0893318914554657>
5. Brink, K. E. (2022). Cybervetting is the latest symptom of a deeper problem. *Industrial and Organizational Psychology*, 15(3), 342-347. <https://doi.org/10.1017/iop.2022.46>
6. CD Projekt. (2018). *Klauzula informacyjna na podstawie artykułu 13 i 14 RODO*. https://www.cdprojekt.com/pl/wp-content/uploads-pl/2018/05/klauzula-informacyjna_rekrutacja_pl.pdf
7. Clark, L. A., & Roberts, S. J. (2010). Employer's use of social networking sites: A socially irresponsible practice. *Journal of Business Ethics*, 95(4), 507-525. <https://doi.org/10.1007/s10551-010-0436-y>
8. Cook, R., Jones-Chick, R., Roulin, N., & O'Rourke, K. (2020). Job seekers' attitudes toward cybervetting: Scale development, validation, and platform comparison. *International Journal of Selection and Assessment*, 28(3), 353-365. <https://doi.org/10.1111/ijsa.12300>
9. Davison, H. K., Maraist, C. C., Hamilton, R. H., & Bing M. N. (2012). To screen or not to screen? Using the Internet for selection decisions. *Employee Responsibilities and Rights Journal*, 24, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s10672-011-9178-y>
10. Deloitte. (2025). *Deloitte Central Europe privacy statement for the candidate selection purposes*. <https://www.deloitte.com/ce/en/legal/Privacy-Statement-for-Potential-Candidates.html>
11. Esselment, A. L., & Marland, A. (2019). Want to interview a politician? Ways to prepare for digital vetting by political staffers. *PS: Political Science & Politics*, 52(4), 696-700. <https://doi.org/10.1017/S1049096519000921>
12. Google Operations Center. (2024). *GOC Applicant and Candidate Privacy Policy*. <https://googleoperationscenter.com/applicant-and-candidate-privacy-policy/>
13. GrabJobs. (b.r.). *Scrum Master – Fast Hire*. <https://grabjobs.co/poland/job/full-time/retail/scrum-master-fast-hire-2029031314>
14. Hartwell, C. J., Harrison, J. T., Chauhan, R. S., Levashina, J., & Campion, M. A. (2022). Structuring social media assessments in employee selection. *International Journal of Selection and Assessment*, 30(5), 330-343. <https://doi.org/10.1111/ijsa.12384>
15. Hu, P., Lin, C., Su, H., Li, S., Han, X., Zhang, Y., & Mei, J. (2021). BlueMemo: Depression analysis through Twitter posts. W C. Bessiere (Ed.), *Proceedings of the Twenty-Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence* (s. 5252-5254). International Joint Conferences on Artificial Intelligence. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2020/760>
16. Jacobson, J., & Gruzd, A. (2020). Cybervetting job applicants on social media: The new normal?. *Ethics and Information Technology*, 22, 175-195. <https://doi.org/10.1007/s10676-020-09526-2>
17. McDonald, S., Damarin, A. K., McQueen, H., & Grether, S. T. (2022). The hunt for red flags: Cybervetting as morally performative practice. *Socio-Economic Review*, 20(3), 915-936. <https://doi.org/10.1093/ser/mwab002>

18. da Motta Veiga, S. P., & Figueroa-Armijos, M. (2022). Considering artificial intelligence in hiring for cybervetting purposes. *Industrial and Organizational Psychology*, 15(3), 354-356. <https://doi.org/10.1017/iop.2022.54>
19. Mönke, F. W., & Schäpers, P. (2022). Too early to call: What we do (not) know about the validity of cybervetting. *Industrial and Organizational Psychology*, 15(3), 334-341. <https://doi.org/10.1017/iop.2022.51>
20. ORLEN. (b.r.). *Zasady rekrutacji*. <https://www.orlen.pl/pl/kariera/zasady-rekrutacji>
21. Peshkova, O. A. (2022). Digital footprint analysis technology: Some aspects of its application in recruitment. W S. I. Ashmarina, V. V. Mantulenko & M. Vochozka (Eds.), *Proceedings of the International Scientific Conference "Smart Nations: Global Trends In The Digital Economy"*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94873-3_46
22. PKO Bank Polski. (b.r.). *Regulacje prawne. RODO*. <https://www.pkobp.pl/regulacje-prawne/rodo>
23. PZU. (2015). *Regulamin świadczenia usług rekrutacyjnych drogą elektroniczną w PZU Życie SA w zakresie procesu rekrutacji*. https://www.pzu.pl/_files/it/item/1512003
24. Rahat, H., & Nadeem, S. (2025). Social media as a workplace panopticon: The development and validation of social media monitoring by workplace contacts scale. *PLoS ONE*, 20(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319429>
25. Roulin, N., & Fernandez, S. (2022). Cybervetting: Facebook is dead, long live LinkedIn?. *Industrial and Organizational Psychology*, 15(3), 365-370. <https://doi.org/10.1017/iop.2022.45>
26. Roulin, N., & Liu, Z. (2023). Job seekers' attitudes toward cybervetting in China: Platform comparisons and relationships with social media posting habits and individual differences. *International Journal of Selection and Assessment*, 31(2), 347-354. <https://doi.org/10.1111/ijsa.12424>
27. Santander Consumer Bank. (2024). *Emplobot zrekrutuje do Santander Consumer Banku*. <https://www.santanderconsumer.pl/blog/poznaj-nas/emplobot-zrekrutuje-do-santander-consumer-banku>
28. Stoughton, J. W., Thompson, L. F., & Meade, A. W. (2015). Examining applicant reactions to the use of social networking websites in pre-employment screening. *Journal of Business and Psychology*, 30, 73-88. <https://doi.org/10.1007/s10869-013-9333-6>
29. Tesla. (b.r.). *GDPR privacy notice for job applicants*. <http://www.tesla.co.uk/gradient/phone/ewExternalFiles/GDPR%20Privacy%20notice%20for%20Job%20Applicants.pdf>
30. Unilever. (2025). *Recruitment privacy notice EEA/UK*. <https://www.unilevernotices.com/recruitment-notices/eea-uk-recruitment-privacy-notice.html>
31. Vosen, E. (2021). Social media screening and procedural justice: Towards fairer use of social media in selection. *Employee Responsibilities and Rights Journal*, 33, 281-309. <https://doi.org/10.1007/s10672-021-09372-4>
32. Walrave, M., Van Ouytsel, J., Diederer, K., & Ponnet, K. (2022). Checked and approved? Human resources managers' uses of social media for cybervetting. *Journal of Cybersecurity and Privacy*, 2(2), 402-417. <https://doi.org/10.3390/jcp2020021>

ROZDZIAŁ 18

CHATGPT I KOMPETENCJE CYFROWE W ROZWOJU EMPLOYER BRANDINGU W PRZEDSIĘBIORSTWACH

Anna Nowacka

Uniwersytet Warszawski
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

Employer branding jest procesem kreowania marki pracodawcy. Organizacje zatrudniają ekspertów w zakresie profesjonalnego budowania marki pracodawcy wewnątrz i na zewnątrz przedsiębiorstw. W literaturze pojęcie „employer branding” pojawiło się w 1996 roku. Barrow zdefiniował je wówczas jako narzędzie mające na celu tworzenie korzyści i wartości dodanej dla przedsiębiorstw (Ambler & Barrow, 1996). Od tego momentu pojęcie było rozwijane, a definicja zmieniała się w zależności od jej twórcy. Przedsiębiorstwa określają employer branding jako całokształt działań mających na celu tworzenie wizerunku pracodawcy, który można określić jako „pracodawca z wyboru”. Takie organizacje wyróżniają się na tle innych poprzez swoją kulturę organizacyjną, środowisko pracy, a także możliwości rozwoju i planowania kariery.

Do najważniejszych działań employer brandingowania należą (Nazdrowicz, 2015):

- ukierunkowanie na media społecznościowe oraz aplikacje mobilne;
- organizowanie targów pracy, dni otwartych, webinarów w formie zdalnej;
- pozyskanie ambasadorów, którzy będą promowali pracodawców;
- gry interaktywne, blogi wspierające działania rekrutacyjne.

Jednym z narzędzi sztucznej inteligencji wykorzystywanym w kreowaniu marki pracodawcy jest ChatGPT. Obecnie narzędzie odciąża pracowników zajmujących się zarządzaniem zasobami ludzkimi, marketingiem czy komunikacją wewnętrzną i zewnętrzną w tworzeniu treści komunikacyjnych. Przygotowane posty, newslettery czy artykuły udostępniane są w social mediach czy na stronach internetowych. Kompetencje cyfrowe stanowią wiedzę i predyspozycje do wykorzystywania najnowszych technologii cyfrowych w codziennym wykonywaniu obowiązków zawodowych oraz prywatnych. Stanowią zespół umiejętności do obsługi aplikacji, systemów czy oprogramowań. Przedsiębiorstwa weryfikują poziom kompetencji cyfrowych u przyszłych pracowników. Świadczy to o dynamicznym rozwoju technologii, cyfryzacji oraz automatyzacji i robotyzacji procesów w przedsiębiorstwach. Celem badania, którego wyniki przedstawiono w niniejszym rozdziale, było określenie roli

sztucznej inteligencji, w tym ChatGPT, w procesie kreowania marki pracodawcy, a także wskazanie znaczenia kompetencji cyfrowych w podejmowaniu działań employer brandingowych. Istotne jest przedstawienie, w jaki sposób można skutecznie wykorzystywać ChatGPT w obszarze employer branding, który wymaga posiadania określonego poziomu kompetencji cyfrowych u pracowników. Dzięki temu wzmacniane są działania wewnątrz i na zewnątrz przedsiębiorstwa. Tym samym wizerunek pracodawcy odbierany jest jako silny i konkurencyjny.

Przegląd literatury

Jednym z najważniejszych, a zarazem kluczowych zasobów w każdym przedsiębiorstwie jest kapitał ludzki. Firmy koncentrują swoją działalność na klientach zewnętrznych, na spełnianiu ich oczekiwań i dostarczaniu wysokiej jakości produktów bądź usług – nie pomijając znaczenia pracowników i ich zadowolenia z pracy, które wspiera sukces przedsiębiorstwa (Verčič, 2021). Pozycję organizacji na rynku oraz jej konkurencyjność kształtuje przyciąganie najlepszych specjalistów i ekspertów w kluczowych obszarach (Berthon i in., 2005).

Employer branding zyskał popularność w latach 90. XX wieku. Obejmuje zarządzanie talentami oraz działania mające na celu zatrzymanie utalentowanych pracowników w przedsiębiorstwie. Zalicza się go do jednych z najnowszych podejść zarządzania organizacją. Tematyka employer branding, była badana przez wielu naukowców, m.in. Tikoo, Backhaus, Martina, Hatch czy Schultz.

Backhaus oraz Tikoo uważają, że employer branding ma charakter procesowy. Skupia się na kreowaniu unikalnej tożsamości pracodawcy. Opiera się na tworzeniu marki korporacyjnej, biorąc pod uwagę potrzeby i oczekiwania klientów (Backhaus & Tikoo, 2004). Marka korporacyjna ma za zadanie utrzymanie organizacji na rynku na pewnym poziomie, dzięki czemu postrzegana jest jako atrakcyjna oraz przyciągająca wykwalifikowaną kadrę pracowników (Messini, 2022).

Na rysunku 18.1 przedstawiony został model VCI (*Vision – Culture – Image*) według Hatch i Schultz ukazujący w sposób graficzny budowanie silnej marki przedsiębiorstwa. Model opiera się na tożsamości korporacyjnej i składa się z trzech elementów:

- kultury organizacyjnej, która związana jest bezpośrednio z zatrudnionymi pracownikami w przedsiębiorstwie;
- wizerunku z perspektywy interesariuszy jako otoczenia zewnętrznego;
- strategicznej wizji kreowanej przez przedsiębiorstwo, na czele której stoi kadra zarządzająca (Hatch & Schultz, 2008).

Przedstawione na rysunku 18.1 wzajemne uzupełnianie kultury organizacyjnej, konkretnej wizji przedsiębiorstwa oraz kreowania wizerunku pracodawcy wpływają na tworzenie silnej marki organizacji. Natomiast rozbieżności wyżej wymienionych elementów mogą mieć negatywny wpływ na podejmowane działań z zakresu employer branding.



Rysunek 18.1. Model VCI

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Hatch & Schultz, 2008)

Według Martina employer branding skupia się na przyciąganiu utalentowanych pracowników do przedsiębiorstwa, natomiast celem nadrzędnym jest identyfikowanie z marką firmy, misją, wizją oraz celami. Ważnym elementem jest osiągnięcie wyników biznesowych (Martin, 2007). Istotą employer branding jest tworzenie przez pracodawcę przyjemnego i dobrego miejsca pracy dla zatrudnionych (ma to wpływ na ich zaangażowanie i motywację pracowników) oraz potencjalnych kandydatów (kreowanie marki pracodawcy na rynku zewnętrznym) (Szydło i in., 2022). Działania employer brandingowe zostały zintensyfikowane poprzez pandemię COVID-19, która zmusiła kadre menadżerską do poświęcenia jeszcze większej uwagi wartościom organizacyjnym (Bojanowska, 2020).

Kluczową rolę odgrywa EVP (*Employee Value Proposition*), który określa zestaw wartości konkurencyjnych, innowacyjnych oraz atrakcyjnych dla zatrudnionych. Zadaniem EVP jest dbanie o pracowników oraz budowanie ich motywacji do długotrwałego pozostania w stosunku pracy w przedsiębiorstwie. EVP musi być dopasowane do specyfiki przedsiębiorstwa oraz silnie wpływać na postrzeganie atrakcyjności pracodawcy (Matuszewska-Kubicz, 2021).

W ostatnich latach można zaobserwować zmianę narzędzi w działaniach employer brandingowych. Należą do nich (Kaoud & Elbolok, 2022):

- Wzrost znaczenia mediów społecznościowych (TikTok, Instagram) – kreowanie marki pracodawcy odbywa się za pośrednictwem narzędzi, z których korzystają pracownicy. W ten sposób budowane jest zainteresowanie pracodawcą oraz tworzenie zaangażowanej społeczności.
- Tworzenie EVP stanowi opracowanie unikatowych i innowacyjnych wartości, które pracodawca może zaoferować pracownikom. Działania są dywersyfikowane w zależności od grupy docelowej.
- *Candidate experience* obejmuje doświadczenia, emocje, a także wrażenia, które towarzyszą kandydatom w procesie rekrutacji. Istotnie wpływają na budowanie marki pracodawcy.
- Elastyczne formy wykonywania pracy, w tym praca zdalna, które stają się standardem oczekiwanym przez pracowników. Obecnie nie są czynnikiem wyróżniającym na tle konkurencji.

Coraz częściej w działaniach employer brandingowych używane są narzędzia wykorzystujące sztuczną inteligencję, m.in. ChatGPT. Nowoczesne technologie znalazły zastosowanie w kreowaniu marki pracodawcy, a obejmuje ono takie działania jak:

- wspieranie potencjalnych kandydatów do pracy w procesach rekrutacyjnych;
- udzielanie odpowiedzi na pytania kandydatów w procesach rekrutacyjnych;
- utrzymywanie stałych, zautomatyzowanych interakcji z kandydatami oraz pracownikami;
- automatyzacja szkoleń oraz wspieranie rozwoju pracowników.

Technologie wykorzystujące sztuczną inteligencję stanowią kluczowy element systemów ATS (*Applicant Tracking System*), które umożliwiają weryfikowanie kandydatów. Pozwalają na identyfikowanie najlepszych kandydatów na stanowiska w kilka sekund. ChatGPT wykorzystywany jest do automatycznego oraz spersonalizowanego odpowiadania na pytania kandydatów w czasie rzeczywistym. Zastosowanie tego rodzaju narzędzi bezpośrednio wpływa na optymalizację czasu trwania procesu rekrutacji, ale również na działania związane z employer brandingiem. Zakres wykorzystania ChatGPT jest bardzo różnorodny. Charakteryzuje się tym, że model może reagować na polecenia tekstowe, udzielać odpowiedzi na zadawane pytania oraz realizować bardziej zaawansowane zadania, takie jak udział w dyskusjach między pracownikami (Liu i in., 2021).

ChatGPT może wspierać przedsiębiorstwa w budowaniu silnej i konkurencyjnej marki pracodawcy dzięki funkcjonalnościom, które posiada. Zastosowanie chatbota pozwala na zaprezentowanie w prosty sposób kultury organizacyjnej, wartości oraz korzyści oferowanych kandydatom. Narzędzie umożliwia tworzenie treści w formie postów w mediach społecznościowych, artykułów w blogach oraz podpisów. Determinuje to utrzymywanie i dalszy rozwój marki pracodawcy na wysokim poziomie (Kaur, 2023).

Wdrażanie nowoczesnych narzędzi opartych na technologiach cyfrowych nie byłoby możliwe bez rozwiniętych kompetencji cyfrowych. Według Rady Unii Europejskiej kompetencje cyfrowe zaliczane są do jednej z ośmiu kluczowych kompetencji, które są niezbędne w procesie uczenia się przez całe życie (European Union, 2018). Istotną predyspozycją jest również abstrakcyjne myślenie (Jelonek & Stępnia, 2014).

Zdaniem Ng (2012) kompetencje cyfrowe można rozpatrywać w następujących wymiarach:

- technicznym – obejmującym umiejętności techniczne, dzięki którym możliwe jest sprawne korzystanie z technologii cyfrowych;
- poznawczym – odnoszącym się do umiejętności związanych z krytycznym myśleniem i tworzeniem treści cyfrowych;
- społeczno-emocjonalnym – związanym z odpowiedzialnym i racjonalnym korzystaniem z zasobów Internetu w celu tworzenia relacji.

Kompetencje cyfrowe i techniczne zaliczane są do kategorii kompetencji twardych. Należy podkreślić, że nie można ich jednoznacznie utożsamiać wyłącznie z analizowaniem danych, programowaniem czy posiadaniem umiejętności informatycznych.

Kompetencje cyfrowe trzeba rozpatrywać również z perspektywy zdolności rozwiązywania złożonych problemów (Włoch & Śledziwska, 2019). Umiejętności powinny być rozwijane w odniesieniu do zmian zachodzących w dynamicznym otoczeniu zewnętrznym. Odpowiednia wiedza, umiejętności i doświadczenie w zakresie cyfryzacji pozwalają na sprawne funkcjonowanie w turbulentnie zmieniającym się świecie.

Do kompetencji cyfrowych można zaliczyć (Digital Univeristy, 2023):

- *Digital mindset* – oznacza otwartość na zrozumienie mechanizmów technologii, a co się z tym wiąże, sprawne i elastyczne rozumienie świata, a także zmian w nim zachodzących. Obejmuje podejście innowacyjne, zdolność do szybkiej adaptacji oraz wchodzenie w interakcje z cyfrowym otoczeniem i korzystanie z dostępnych narzędzi.
- *Lifelong learning* – to kluczowa kompetencja cyfrowa, która umożliwia ciągłe uczenie się, przyswajanie nowej wiedzy, a także nabywanie nowych umiejętności. W ramach *lifelong learning* można wyróżnić: *reskilling* – nabywanie nowych kompetencji, umiejętności, które umożliwią objęcie nowego stanowiska, oraz *upskilling* – modyfikowanie nabytych kompetencji, umiejętności. *Lifelong learning* wskazuje, że wiedza nie jest stałym elementem i musi być aktualizowana.
- Narzędzia i platformy cyfrowe – stanowią nieodłączny element kompetencji cyfrowych. Wiedza i umiejętności cyfrowe pozwalają na sprawne korzystanie z narzędzi cyfrowych, które dostosowywane są do otoczenia zewnętrznego i wewnętrznego oraz różnych modeli biznesowych przedsiębiorstw.

Istotnym aspektem jest rola kompetencji cyfrowych w otoczeniu VUCA. Dynamicznie zmieniające się warunki rynkowe determinują rozwijanie kompetencji cyfrowych oraz technicznych (Nowacka & Rzemieniak, 2022). Podkreśla to znaczenie *lifelong learning* jako czynnika ciągłego uczenia się.

Metodologia badawcza

Przeprowadzono badania ankietowe z wykorzystaniem autorskiego kwestionariusza online, który przygotowano i udostępniono respondentom w narzędziu Google Forms. Badania przeprowadzono w dniach od 31 maja do 6 lipca 2024 roku. Ankieta została skierowana do pracowników działów marketingowych w dużych przedsiębiorstwach w województwie mazowieckim. Ostatecznie w badaniu wzięło udział 250 respondentów. Dobór próby badawczej miał charakter celowy. Badanie przeprowadzono wśród 250 respondentów spełniających następujące kryteria:

- osoby aktywne zawodowo,
- osoby obejmujące stanowiska specjalistyczne i menadżerskie,
- osoby zatrudnione w dużych przedsiębiorstwach.

Badanie było anonimowe, a udział dobrowolny.

W rozdziale postawiono trzy hipotezy badawcze:

H1: Zastosowanie ChatGPT istotnie i pozytywnie wpływa na budowanie marki pracodawcy.

H2: Poziom kompetencji cyfrowych determinuje znajomość nowoczesnych narzędzi informacyjno-komunikacyjnych służących do wzmocnienia marki pracodawcy.

H3: Działania employer brandingowe istotnie wpływają na postrzeganie przedsiębiorstw przez potencjalnych kandydatów.

Kwestionariusz składał się z 10 pytań merytorycznych oraz metryczki. Ankieta zawierała informacje o celu badania, sposobie, w jaki należy udzielać odpowiedzi na pytania, oraz o anonimowości. Badanie koncentrowało się na budowaniu marki pracodawcy, wykorzystaniu ChatGPT oraz znaczeniu kompetencji cyfrowych. Ograniczeniem w przeprowadzonym badaniu było skierowanie ankiety do przedstawicieli zespołów marketingu oraz czas trwania badania.

W tabeli 18.1 przedstawiono metryczkę zawierającą informacje dotyczące płci, wieku oraz stanowisk respondentów biorących udział w badaniu.

Tabela 18.1. Metryczka

Kategoria	Wskazania	Odpowiedzi [%]
Płeć	Kobieta	55,6
	Mężczyzna	44,4
Wiek	Mniej niż 25 lat	15,2
	25-40 lat	32
	41-60 lat	34,4
	Więcej niż 60 lat	18,4
Stanowisko	Specjalista	78,4
	Menadżer	21,6

Źródło: Opracowanie własne

W badaniu wzięło udział 55,6% kobiet i 44,4% mężczyzn. Najwięcej respondentów było w przedziałach wiekowych 41-60 lat (34,4%) oraz 25-40 lat (32%). Ponad połowa ankietowanych (78,4%) obejmowała stanowiska specjalistyczne, a 21,6% stanowiska menadżerskie.

Wyniki przeprowadzonych badań

W niniejszym podrozdziale przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań. Analiza wyników umożliwia ocenę wpływu wykorzystywania ChatGPT do budowania marki pracodawcy. W tabeli 18.2 zaprezentowano odpowiedzi respondentów.

Ponad połowa ankietowanych (54,8%) uznała, że ChatGPT może wspierać działania ukierunkowane na budowanie marki pracodawcy, natomiast 45,2% uważa, że wykorzystanie ChatGPT w działaniach employer brandingowych może nie być wskazane.

Tabela 18.2. Odpowiedzi respondentów na temat wykorzystania ChatGPT w budowaniu marki pracodawcy

Pytanie	Wskazania	Odpowiedzi [%]
Czy Pana/Pani zdaniem wykorzystywanie ChatGPT do budowania marki pracodawcy jest dobrym rozwiązaniem?	Tak	54,8
	Nie	45,2

Źródło: Opracowanie własne

W tabeli 18.3 zaprezentowano odpowiedzi respondentów na pytania dotyczące employer branding oraz kompetencji cyfrowych. Pierwsze pytanie dotyczyło tego, czy ChatGPT w komunikacji z kandydatami pozytywnie wpływa na wizerunek pracodawcy. Wyniki pokazują, że 75% respondentów odpowiedziało twierdząco, uznając, że ChatGPT w komunikacji z kandydatami do pracy kreuje pozytywny wizerunek pracodawcy. Natomiast 25% ankietowanych uważa, że rola ChatGPT w komunikacji jest nieistotna i nie wpływa na budowanie pozytywnego wizerunku pracodawcy. Drugie pytanie dotyczyło poziomu kompetencji cyfrowych pracowników w odniesieniu do wykorzystywania narzędzi sztucznej inteligencji. Większość respondentów (89%) uważa, że kompetencje cyfrowe bezpośrednio wpływają na użycie nowoczesnych narzędzi informacyjno-komunikacyjnych służących do wzmacniania marki pracodawcy. Według ankietowanych wiedza i umiejętności pozwalają na szybszą adaptację posługiwania się nowymi narzędziami i rozwiązaniami technologicznymi na rynku. Odmienne stanowisko zajęło 11% ankietowanych, którzy nie dostrzegają zależności pomiędzy kompetencjami cyfrowymi, a predyspozycjami do obsługi narzędzi informacyjnych.

Tabela 18.3. Odpowiedzi respondentów na pytania związane z wykorzystywaniem ChatGPT w budowaniu marki pracodawcy

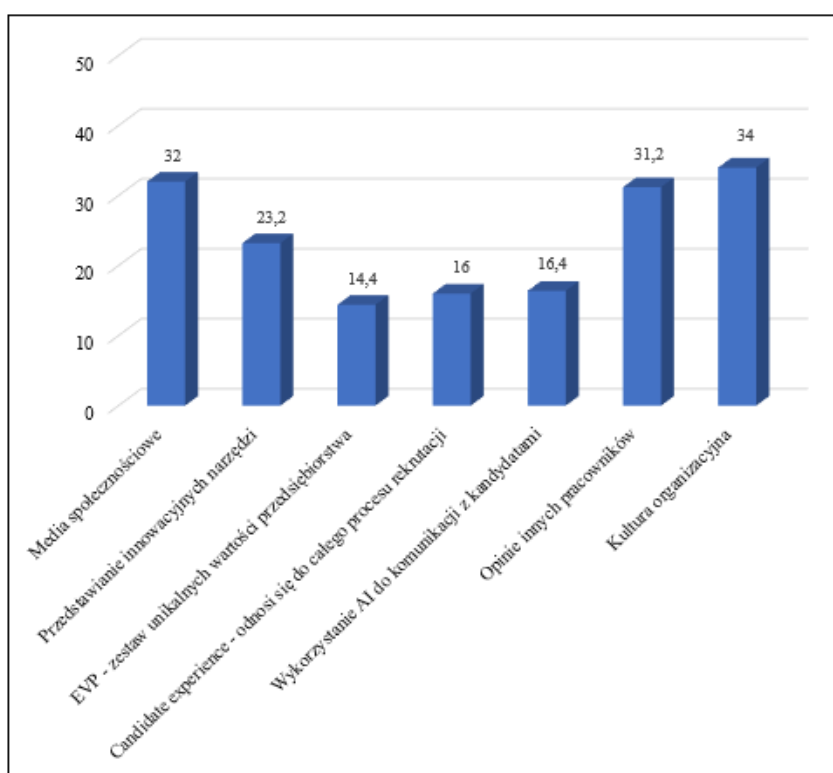
Pytanie	Wskazania	Odpowiedzi [%]
Czy uważa Pan/Pani, że ChatGPT w komunikacji z kandydatami pozytywnie wpływa na wizerunek pracodawcy?	Tak	75
	Nie	25
Czy uważa Pan/Pani, że wyższy poziom kompetencji cyfrowych wpływa na znajomość nowoczesnych narzędzi informacyjno-komunikacyjnych służących do wzmacniania marki pracodawcy?	Tak	89
	Nie	11
Czy Pana/Pani zdaniem działania employer brandingowe będą wspierane przez narzędzia sztucznej inteligencji?	Tak	92
	Nie	8

Źródło: Opracowanie własne

Kolejne pytanie w kwestionariuszu dotyczyło roli narzędzi sztucznej inteligencji we wspieraniu podejmowanych działań employer brandingowych przez przedsiębiorstwa. Zdecydowana większość ankietowanych (92%) wskazała, że narzędzia AI mogą mieć istotny wpływ na podejmowane działania w budowaniu marki pracodawcy,

natomiast 8% respondentów uznało, że nie istnieje taka zależność. Ankietowani nie widzą potrzeby stosowania narzędzi sztucznej inteligencji do wspierania działań służących budowaniu marki pracodawcy na rynku.

Na rysunku 18.2 przedstawione zostały odpowiedzi respondentów dotyczące działań związanych z budowaniem marki pracodawcy. Z analizy odpowiedzi respondentów wynika, że najwyżej ocenione zostały: kultura organizacyjna (34%), znaczenie mediów społecznościowych do komunikowania informacji na temat pracodawców (32%) oraz opinie innych pracowników (obecnych lub byłych) na temat pracodawców (31,2%). Za najmniej istotne respondenci uważają: EVP jako zestaw unikatowych wartości dla danego przedsiębiorstwa (14,4%) oraz doświadczenie kandydata (*candidate experience*) w procesie rekrutacji (16%).

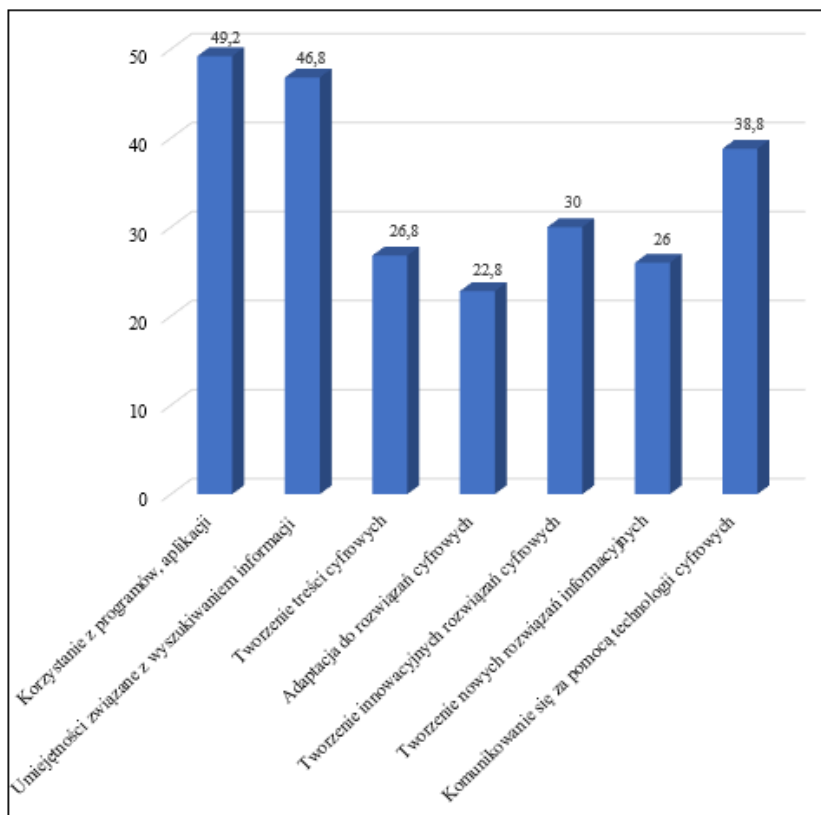


Rysunek 18.2. Działania związane z budowaniem marki pracodawcy

Źródło: Opracowanie własne

Respondenci skupiają się na najbardziej znanych im elementach budowania marki pracodawcy, do których należą kultura organizacyjna oraz opinie pracowników. Wyniki wskazują, że ankietowani mogą nie wiedzieć czym jest EVP oraz *candidate experience*. Może to wiązać się z brakiem przejrzystej komunikacji związanej z tymi procesami. W konsekwencji pracownicy nie identyfikują się z tymi elementami i nie wiążą ich z budowaniem marki pracodawcy.

Na rysunku 18.3 zaprezentowano odpowiedzi respondentów dotyczące kluczowych kompetencji cyfrowych pracowników. Za najważniejszą z nich respondenci uznali umiejętność korzystania z różnego rodzaju aplikacji i programów (49,2%), sprawne wyszukiwanie informacji w środowisku cyfrowym (46,8%) oraz komunikowanie się z innymi współpracownikami za pomocą technologii cyfrowych (38,8%).



Rysunek 18.3. Kluczowe kompetencje cyfrowe

Źródło: Opracowanie własne

Jako najmniej istotne kompetencje cyfrowe wskazano: adaptację do rozwiązań cyfrowych (22,8%) oraz tworzenie nowych rozwiązań informatycznych (26%).

Respondenci uważają, że kompetencje cyfrowe odnoszą się do korzystania z technologii, a także sprawnego posługiwania się nimi w pracy, jak i w życiu codziennym. W związku z dynamicznym rozwojem nowoczesnych rozwiązań technologicznych przedsiębiorstwa coraz częściej koncentrują się na rozwoju kompetencji cyfrowych swoich pracowników tak, aby byli gotowi do pracy z nowymi programami czy aplikacjami.

Kompetencje są też kluczowym czynnikiem warunkującym wdrażanie rozwiązań wykorzystujących sztuczną inteligencję, w tym ChatGPT. Odnosząc się do dojrzałości

cyfrowej i procesowej przedsiębiorstw, należy podkreślić, że nie same kompetencje cyfrowe mają znaczenie, lecz szerokie rozumienie modeli wykorzystujących sztuczną inteligencję. Istotne jest świadome korzystanie z różnorodnych narzędzi wspierających realizację bieżących zadań pracowników, w tym weryfikowanie generowanych przez nie treści.

Według wyników badania przeprowadzonego przez firmę EY, *Jak polskie firmy wdrażają AI*, 36% przedsiębiorstw uważa, że wykorzystywanie technologii staje się nieuchronne i pracownicy muszą być wyposażeni w kompetencje cyfrowe. Natomiast 21% badanych wyraża sceptycyzm w stosunku do narzędzi wykorzystujących AI oraz niechęć do korzystania z nich. Prawie 19% ankietowanych obawia się, że AI może wpłynąć na ich pracę (EY, 2025a).

Wyniki badania *3R w HR: Rekrutacja, Rozwój, Retencja* wykazały, że kompetencje cyfrowe, w tym umiejętności wykorzystywania AI (41%) są najważniejszym czynnikiem w strategii rozwoju przedsiębiorstw. Zainteresowanie przedsiębiorstw wykazywane jest w odniesieniu do *upskillingu* i *reskillingu* pracowników (27%), a także kreowaniu ścieżek karier pracowników (19%). Badania wskazują również, że pracodawcom w Polsce zależy na wzmacnianiu wizerunku przedsiębiorstw jako stabilnych, odpowiedzialnych i tworzących warunki do otwartej komunikacji z pracownikami (EY, 2025b).

Wyniki badań przeprowadzonych przed Deloitte wykazują, że 70% menadżerów oraz pracowników wyraża chęć pozostania w organizacji, kiedy EVP wspiera ich w rozwoju w środowisku wykorzystującym sztuczną inteligencję. Natomiast 54% ma obawy związane z czytelnym rozróżnieniem zakresu wykonywanych zadań pomiędzy pracownikami, a technologią (Deloitte, 2025).

Podsumowanie

Tematyka poruszana w niniejszym rozdziale jest istotna ze względu na powszechne znaczenie technologii cyfrowych w życiu codziennym. Współcześnie ludzie otoczeni są różnorodnymi narzędziami, programami i aplikacjami, które z jednej strony wspierają ich w pracy, a z drugiej wymagają ciągłego uczenia się i podnoszenia poziomu kompetencji cyfrowych. Coraz więcej firm inwestuje w digitalizację i optymalizację procesów w firmach. Podobnie wygląda to w działaniach employer brandingowych, które bezpośrednio wpływają na pozycję przedsiębiorstwa na rynku pracy oraz na konkurencyjność. W ramach automatyzacji procesów coraz częściej wykorzystywane są narzędzia wykorzystujące sztuczną inteligencję – np. ChatGPT. Wdrażanie nowoczesnych rozwiązań wymaga od przedsiębiorstw, aby pracownicy posiadali określony poziom kompetencji cyfrowych.

Pozytywnie zweryfikowano pierwszą hipotezę badawczą (H1): Zastosowanie ChatGPT istotnie i pozytywnie wpływa na budowanie marki pracodawcy. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że 54,8% respondentów ocenia wykorzystywanie ChatGPT do budowania marki pracodawcy jako dobre rozwiązanie. Narzędzie

pozwała na optymalizowanie czasu trwania procesów w przedsiębiorstwach, do których należą m.in.: tworzenie artykułów, postów czy newsletterów. Więcej niż połowa ankietowanych (75%) uważa, że ChatGPT pozytywnie wpływa na proces komunikacji z kandydatami w procesie budowania wizerunku pracodawcy. Komunikacja między kandydatem, a pracodawcą jest bardziej elastyczna i responsywna.

Pozytywnie zweryfikowano drugą hipotezę badawczą (H2): Poziom kompetencji cyfrowych determinuje znajomość nowoczesnych narzędzi informacyjno-komunikacyjnych służących do wzmocnienia marki pracodawcy. Respondenci podkreślili, że kompetencje cyfrowe są niezbędne do obsługi narzędzi komunikacyjno-informacyjnych. Coraz więcej aplikacji czy programów wymaga specjalistycznej wiedzy i umiejętności ze strony pracowników. Badani jako najbardziej kluczowe kompetencje cyfrowe wskazali: korzystanie z różnego rodzaju aplikacji i programów, sprawne wyszukiwanie informacji w środowisku cyfrowym oraz komunikowanie się z innymi współpracownikami za pomocą technologii cyfrowych. Są one również związane z kreowaniem wizerunku pracodawców. Coraz częściej strategie employer brandingowe wykorzystują nowoczesne narzędzia cyfrowe, które wymagają od osób obsługujących konkretnych umiejętności, a co się z tym wiąże kompetencji cyfrowych. Kompetencje cyfrowe umożliwiają korzystanie z narzędzi sztucznej inteligencji, w tym ChatGPT.

Pozytywnie zweryfikowano trzecią hipotezę badawczą (H3): Działania employer brandingowe istotnie wpływają na postrzeganie przedsiębiorstw przez potencjalnych kandydatów. Respondenci (92%) uważają, że działania employer brandingowe będą wspierane przez narzędzia sztucznej inteligencji, co oznacza, że pracownicy będą z nich korzystali, wykonując swoje zadania w pracy. Będzie to powiązanie z rozwojem kompetencji cyfrowych oraz optymalizacją czasu trwania procesów. Zdaniem respondentów najważniejsze działania employer brandingowe obejmują: kulturę organizacyjną, znaczenie mediów społecznościowych w komunikowaniu informacji na temat pracodawców oraz opinie innych pracowników na temat przedsiębiorstw. Ma to znaczący wpływ na sposób postrzegania pracodawcy przez potencjalnych kandydatów, którzy zainteresowani są rekrutacją do przedsiębiorstwa.

Przeprowadzone badania wykazały istnienie triady pomiędzy ChatGPT, kompetencjami cyfrowymi oraz budowaniem marki pracodawcy. Korzystanie z ChatGPT wymaga od pracowników kompetencji cyfrowych, dzięki którym będą mogli swobodnie i elastycznie korzystać z narzędzi sztucznej inteligencji. Jednocześnie ChatGPT będzie wspierał działania w obszarze employer branding, co wpłynie na EVP i zatrzymywanie kandydatów w przedsiębiorstwach. Wysoki poziom kompetencji cyfrowych pracowników będzie dodatkowym atutem w budowaniu silnej pozycji pracodawcy na rynku pracy.

Zastosowanie sztucznej inteligencji w działaniach employer brandingowych stanowi duże wsparcie w wykonywaniu zadań przez pracowników. Jednocześnie, konieczne jest identyfikowanie ograniczeń związanych z wykorzystywaniem m.in. ChatGPT. Narzędzia popełniają błędy, które potencjalnie mogą negatywnie wpływać na budowanie marki pracodawcy. Do popełnianych błędów należą m.in. halucynacje,

które bezpośrednio wpływają na informacje przekazywane klientom wewnętrznym i zewnętrznym. Dotyczą one zniekształcania czy też przekazywania nieprawdziwych informacji. Tego typu sytuacje mogą skutkować wprowadzaniem w błąd kandydatów do pracy czy pozostałych interesariuszy, którzy chcieliby podjąć współpracę z przedsiębiorstwem. W konsekwencji wpływa to na wiarygodność organizacji. Również brak jasno określonych zasad etycznych w zakresie stosowania sztucznej inteligencji może powodować ograniczenia związane m.in. z ochroną danych osobowych (RODO).

Literatura

1. Ambler, T., & Barrow, S. (1996). The employer brand. *Journal of Brand Management*, 4(3), 185-206.
2. Backhaus, K., & Tikoo, S. (2004). Conceptualizing and researching employer branding. *Career Development International*, 9(5), 502-517.
3. Berthon, P., Ewing, M., & Hah, L. L. (2005). Captivating company: Dimensions of attractiveness in employer branding. *International Journal of Advertising*, 24, 151-172.
4. Bojanowska, J. (2020). *Employer Branding ważny w każdych czasach*. <https://hrminstitute.pl/employer-branding-wazny-w-kazdych-czasach/>
5. Deloitte. (2025). *Human Capital Trends Report 2025*. <https://www.deloitte.com/nl/en/services/consulting/research/human-capital-trends-report-2025.html>
6. Digital University. (2023). *Czym są kompetencje cyfrowe i dlaczego warto je rozwijać?*. <https://digitaluniversity.pl/czym-sa-kompetencje-cyfrowe/>
7. European Union. (2018). *Council Recommendation of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning*. Official Journal of the European Union. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01))
8. EY. (2025a). *Badanie EY: AI zaczyna wpływać na strategię rekrutacyjne firm w Polsce*. https://www.ey.com/pl_pl/newsroom/2025/01/ey-badanie-ai-hr?utm_source=chatgpt.com
9. EY. (2025b). *Badanie EY: Polskie firmy obawiają się, że kompetencje pracowników nie nadążają za tempem rozwoju technologii*. https://www.ey.com/pl_pl/newsroom/2025/02/ey-badanie-3r-hr?utm_source=chatgpt.com
10. Hatch, M. J., & Schultz, M. (2008). *Taking brand initiative: How companies can align strategy, culture, and identity through corporate branding*. Jossey-Bass.
11. Jelonek, D., & Stępnia, C. (2014). Evaluation of the usefulness of abstract thinking as a manager's competence. *Polish Journal of Management Studies*, 9, 62-71.
12. Kaoud, M., & Elbolok, M. (2022). The effect of employer branding through social media on employee engagement and employer attractiveness: A case study research. W A. Hamdan, H. M. Shoab, B. Alareeni & R. Hamdan, *The Implementation of Smart Technologies for Business Success and Sustainability* (s. 451-463). Springer.
13. Kaur, A. (2023). *2023 employer branding trends and impact on talent growth strategy*. <https://timesofindia.indiatimes.com/blogs/voices/2023-employer-branding-trends-and-impact-on-talent-growth-strategy/>
14. Liu, X., Zheng, Y., Du, Z., Ding, M., Qian, Y., Yang, Z., & Tang, J. (2021). *GPT understands, too*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.10385>
15. Martin, G. (2007). Employer branding – time for some long and “hard” reflections?. W S. Barrow, G. House, S. Housley, S. Jenner, G. Martin, J. Mensink, H. Rosethorn & S. Taylor, *Employer*

- branding. The latest fad or the future of HR?* (s. 18-23). Chartered Institute of Personnel and Development.
16. Matuszewska-Kubicz, A. (2021). Propozycja wartości dla pracowników (EVP) a ich oczekiwania – na przykładzie branży IT w województwie łódzkim. *Zarządzanie Zasobami Ludzkimi*, 3(140), 83-98.
 17. Messini, V. (2022). Employer branding in the retail industry: A systems approach. *International Journal of Applied Systemic Studies*, 9(4), 366-380.
 18. Nazdrowicz, J. (2015). Employer branding w IT. *Zeszyty Naukowe Uczelni Vistula*, 44, 165-179.
 19. Ng, W. (2012). Can we teach digital natives digital literacy? *Computers & Education*, 59(3), 1067-1068.
 20. Nowacka, A., & Rzemieniak, M. (2022). The Impact of the VUCA Environment on the Digital Competences of Managers in the Power Industry. *Energies*, 15(1), 185. <https://doi.org/10.3390/en15010185>
 21. Szydło, J., Szpilko, D., Glińska, E., Kobylińska, U., Rollnik-Sadowska, E., & Ryciuk, U. (2022). *Theoretical and practical aspects of business activity. Starting a business*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej.
 22. Verčič, A. T. (2021). The impact of employee engagement, organisational support and employer branding on internal communication satisfaction. *Public Relations Review*, 47(1).
 23. Włoch, R., & Śledziwska, K. (2019). *Kompetencje przyszłości. Jak je kształtować w elastycznym ekosystemie edukacyjnym?*. DELab Uniwersytet Warszawski.

ROZDZIAŁ 19

UWARUNKOWANIA ROZWOJU GOSPODARCZEGO GMIN WSCHODNIEJ I PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ POLSKI

Tadeusz Jakub Chruściel¹, Agnieszka Bitkowska²

¹ Społeczna Akademia Nauk

² Politechnika Warszawska
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

Postępująca depopulacja w większości samorządów terytorialnych, malejące wpływy do budżetów gmin, rosnące koszty usług publicznych i oczekiwania ich wysokiej jakości przez mieszkańców oraz wzmożona konkurencja pomiędzy jednostkami samorządu terytorialnego o pozyskanie inwestorów stawiają władze lokalne przed problemem postępującej marginalizacji społeczno-gospodarczej gmin w województwach wschodniej, jak również północno-zachodniej Polski.

Celem opracowania jest określenie uwarunkowań rozwoju jednostek samorządu terytorialnego. Problemy badawcze skłoniły do postawienia następujących pytań:

- W jakim stopniu zjawisko depopulacji wpływa na rozwój gospodarczy w gminach wschodniej i północno-zachodniej Polski?
- Jaki jest wpływ wysokości podatków od nieruchomości oraz udziału w podatkach od dochodów mieszkańców i firm na rozwój gospodarczy gmin w badanych województwach?

Założona hipoteza wyrażona została stwierdzeniem: Gminy posiadające w swoich budżetach niskie wartości udziału w dochodach z PIT i CIT są silnie narażone na depopulację.

Obszarem badań objęto gminy zlokalizowane w województwach zachodniopomorskim, lubelskim oraz podlaskim. W badaniach wykorzystano uchwały budżetowe gmin na 2024 rok, dane GUS dotyczące prognoz liczby mieszkańców do 2060 roku, dokumenty strategiczne gmin oraz dostępną literaturę przedmiotu.

Rozwój przedsiębiorczości lokalnej

Pojęcie „lokalnego rozwoju gospodarczego” Dziemianowicz i Jarczewski definiują jako pozytywne jakościowe i ilościowe zmiany gospodarcze służące społeczności lokalnej, zachodzące w wyniku świadomej polityki władz lokalnych wyzwalającej

potencjał zasobów wewnętrznych oraz wykorzystującej szanse pojawiające się w otoczeniu gminy. Przeprowadzone przez autorów powyższej definicji badania dowodzą, że władze samorządowe zabiegają o pozyskanie nowych inwestorów, krajowych lub zagranicznych, mając na uwadze wyższe wpływy podatkowe do budżetów gmin, jak również zwiększenie poziomu zatrudnienia. Władze samorządowe nie posiadają ukierunkowanej wizji rozwoju gospodarczego, a co za tym idzie – władze lokalne nie są zainteresowane współpracą z lokalnymi uczelniami i szkołami w celu przyciągania inwestorów wykorzystujących wysokie technologie. Charakterystyczny jest także niski potencjał współpracy władz samorządowych na linii biznes–administracja lokalna (Dziemianowicz & Jarczewski, 2021, s. 21-25).

Stymulowanie rozwoju przedsiębiorczości omawia m.in. Kaczmarek, zwracając szczególną uwagę na zaangażowanie samorządów lokalnych w budowę nowoczesnej infrastruktury technicznej będącej skutkiem współdziałania instrumentów o charakterze administracyjno-prawnym, ekonomiczno-finansowym, instytucjonalno-organizacyjnym, a także planistycznym oraz infrastrukturalnym (Kaczmarek, 2010, s. 123-128).

Władze samorządowe, zdaniem Lisowskiej, powinny być zobligowane do tworzenia klimatu dla rozwoju przedsiębiorczości, jak również do stymulowania rozwoju istniejących małych i średnich przedsiębiorstw (Lisowska, 2013, s. 223). Pozyskiwanie inwestorów tworzących nowe miejsca pracy to kierunek strategiczny każdego samorządu, bowiem jest to szansa na zwiększenie ilości podatników, ich osiedlenie, zwiększenie konkurencyjności, poprawę jakości życia mieszkańców.

Dla rozwoju oraz sukcesu przedsiębiorstw sektora małych i średnich przedsiębiorstw istotne znaczenie odgrywają czynniki otoczenia lokalnego, wśród których dominują: dostępność zasobów ludzkich o pożądanym poziomie kwalifikacji, odpowiedni poziom świadczonych usług telekomunikacyjnych, przychylność społeczności lokalnej do powstającego przedsiębiorstwa. Niezwykle ważne jest wsparcie instytucjonalne w postaci stosowanych przez samorządy lokalne ulg podatkowych, opłat lokalnych czy obniżenia podatków.

Dla rozwoju konkurencyjności gminy istotne jest, aby lokalni przedsiębiorcy generowali dochody. Polityka inwestycyjna gmin, jak chociażby uzbrojenie terenów inwestycyjnych, skorelowana być powinna z oczekiwanymi efektami gospodarczymi. Istotna jest także konkurencja o turystów i o nowych mieszkańców, gdzie efektami gospodarczymi są: wzrost popytu wewnętrznego na dobra i usługi, wzrost dochodów gminy, podaż wykwalifikowanej siły roboczej, inwestycje progospodarcze (Dziemianowicz & Jarczewski, 2021, s. 28).

Rozwój gospodarczy gmin oparty być powinien na modelu zrównoważonego rozwoju z wykorzystaniem lokalnych odnawialnych źródeł energii we współpracy z samorządowymi przedsiębiorstwami komunalnymi oraz funkcjonującymi lokalnie podmiotami sektora prywatnego (Bitkowska & Chruściel, 2024a, s. 40-41).

Uwarunkowania rozwoju gmin powinny koncentrować się na: rozwoju nowych miejsc pracy, aktywności gospodarczej mieszkańców, rozwoju mieszkalnictwa, wzroście kwalifikacji i kształcenia specjalistycznego, innowacyjności, wysokiej jakości

i wydajności pracy, tworzenia infrastruktury pod potrzeby inwestycyjne. Istotna jest także korzystna polityka podatkowa, zaangażowanie władz samorządowych w rozwój gospodarczy, korzystny wizerunek gmin, skuteczne działania marketingowe, wykorzystanie istniejących zasobów oraz dostosowanie strategii rozwoju gminy do lokalnych możliwości i potrzeb, jak również opracowanie wskaźników rozwoju i kontrola ich realizacji (Chruściel, 2025, s. 96).

Oprócz wymienionych wcześniej czynników rozwoju jednostek samorządu terytorialnego istotne znaczenie mają także: planowanie przestrzenne odpowiadające potrzebom mieszkańców, implementowanie idei smart city, szerokie wykorzystanie technologii informatycznych, kwalifikacje oraz przedsiębiorcze umiejętności władz miasta i wysoka jakość obsługi interesariuszy (Chruściel & Wyszomirski, 2024, s. 84-86).

Badania naukowe o tematyce rozwoju przedsiębiorczości lokalnej prowadzone były i są nadal w wielu ośrodkach naukowych (uczelniach, instytutach). Główny nurt dotyczy strategii rozwoju gmin, w tym akcent na zrównoważony rozwój społeczno-gospodarczy, czego przykładem może być gmina Środa Wielkopolska, w strategii której zawarte zostały następujące cele strategiczne: aktywizacja działalności gospodarczej, kompleksowe uzbrojenie terenów w infrastrukturę techniczną, promocja gminy miejsko-wiejskiej, wysoki poziom usług społecznych, nowoczesnie zorganizowane rolnictwo i sektor przetwórstwa rolno-spożywczego oparte na aktywnej ochronie środowiska naturalnego (Szeleta, 2011, s. 55).

Na uwagę zasługuje również praca Kogut-Jaworskiej ukazująca treści strategii rozwoju gmin okalających Szczecin, akcentujących rozwój lokalnej przedsiębiorczości, w których występuje zróżnicowane podejście do wykorzystania narzędzi stymulujących rozwój gospodarczy. Jak dowodzą wyniki badań, gminy wiejskie i miejsko-wiejskie w mniejszym stopniu ukierunkowują swoje strategie rozwoju na dynamikę rozwoju lokalnej przedsiębiorczości (Kogut-Jaworska, 2010, s. 288). Wyniki badań Chruściela z 2024 roku, nawiązujące do powyższej problematyki w gminach wschodniej części województwa zachodniopomorskiego, potwierdzają, że gminy wiejskie i miejsko-wiejskie w strategiach rozwoju w głównej mierze koncentrują się na zaspokajaniu potrzeb o charakterze społecznym (socjalnym).

Strategie rozwoju gmin

Budowanie strategii rozwoju gminy należy traktować jako właściwą odpowiedź na problemy funkcjonującej administracji, uwzględniając różnorodność ich szczebli oraz dzieląc obowiązki pomiędzy aktywnych interesariuszy w ramach tzw. poczwórnej helisy: administracja–mieszkańcy–biznes–nauka w celu uzyskania wzrostu efektywności działania urzędu oraz poprawy relacji sieciowych w gminie (Dziemianowicz, 2021, s. 44).

Strategie gmin często uzależniają swój rozwój od pozyskiwanych funduszy zewnętrznych, co w przypadku znacznego wkładu własnego powoduje zadłużenie,

ale też uwarunkowane jest profesjonalnym przygotowaniem pracowników do opracowania wniosków o aplikowanie do unijnych projektów. Osiągnięcie wysokiej pozycji w rankingu wykorzystania środków unijnych przez samorzady prowadzić może do wydatkowania potencjału finansowego na projekty mało znaczące dla poprawy sytuacji na rynku pracy, przeciwdziałaniu bezrobociu poprzez tworzenie miejsc pracy, a tym samym zwiększenia kondycji finansowej w postaci wzrostu udziału z podatku PIT i CIT w budżecie. Doraźne inwestycje pozwalające zaspokoić oczekiwania mieszkańców i spełnienia obietnic z programów wyborczych prowadzą często do przewartościowania (przechylenia szali na bieżące sprawy socjalne, społeczne) strategii na zaspokajanie bieżących potrzeb zamiast koncentracji na perspektywnym rozwoju budownictwa, tworzenia miejsc pracy itp.

Zmiany demograficzne wymuszają rewizję dotychczasowych strategii rozwoju pod kątem rozwoju gospodarczego lub dostosowania infrastruktury technicznej (zarządzania infrastrukturą techniczną) do perspektywicznych realiów i zastąpienia dotychczasowego sposobu zarządzania administracyjnego systemem informatycznym, połączenia sieciowego oraz dostarczenia usług komunalnych, społecznych o relatywnie niskich kosztach (zdalnego kształcenia, e-porad lekarskich, łączenia się gmin w licznie większe zbiory dla odbioru odpadów, zimowego utrzymania dróg, transportu zbiorowego itp.) lub też poprzez przejście struktury zarządzania terytorialnego przez większe jednostki samorządowe.

Tworzenie silniejszych i związanych gospodarczo oraz społecznie ośrodków na bazie dotychczasowych miast powiatowych z połączonym budżetem gmin na terytorium powiatu pozwoli na tworzenie realnych strategii samowystarczalności energetycznej (korzystając chociażby z wzorców skandynawskich), tworzenia inicjatyw gospodarczych na bazie istniejących zasobów i potencjału, rynku pracy oraz kształcenia opartych na własnym budżecie, bez wsparcia zewnętrznego z budżetu centralnego. Władzę lokalną powinna stanowić grupa osób, która posiada najwyższe kompetencje do zarządzania rozwojem gospodarczo-społecznym na danym terytorium i wykorzystuje najlepsze praktyki oraz wiedzę ośrodków naukowych.

Adamus wyróżnia trzy strategiczne modele rozwoju gminy: partycypacyjny, konkurencyjny oraz infrastrukturalny.

W modelu partycypacyjnym zakłada się, że mieszkańcy stanowią o budowie strategii rozwoju lokalnego poprzez współpracę w rozwiązywaniu problemów społecznych, tworzeniu lepszej jakości środowiska gospodarczego, społecznego i przyrodniczego. Priorytetem tego modelu jest efektywne wykorzystanie zasobów ludzkich, koordynowanie postępu społecznego i udoskonalanie infrastruktury technicznej zgodnie z potrzebami mieszkańców.

Model konkurencyjny skupia się na wykorzystaniu wszystkich zasobów dla osiągnięcia przewagi konkurencyjnej poprzez właściwe planowanie, ukierunkowanie, wykorzystanie potencjału rozwojowego i kreowanie wizerunku gminy. Konkurencyjność rozumiana jest tutaj jako zdolność do tworzenia unikalnych warunków do prowadzenia działalności gospodarczej dla nowych inwestorów oraz firm istniejących i warunków zamieszkania dla mieszkańców, nowych mieszkańców i turystów.

Model infrastrukturalny opiera się na inwestycjach podnoszących wartość majątku gminy oraz służących zaspokojeniu potrzeb mieszkańców i polepszeniu możliwości gospodarczych poprzez poprawę, budowę i modernizację infrastruktury technicznej i społecznej (Adamus, 2016, s. 165-168).

Przy wyborze strategii rozwoju gminy warto skorzystać z metody Analitycznego Procesu Hierarchicznego (*Analytic Hierarchy Process*, AHP) pozwalającej kwantyfikować jakościowe priorytety rozwoju lokalnego, opracować kryteria i alternatywy rozwoju oraz określić liczbową dominację pożądanego kierunku rozwoju. Kryteria główne służące opracowaniu infrastrukturalnego modelu kierunku rozwoju dotyczą infrastruktury technicznej (dróg gminnych, infrastruktury wodno-kanalizacyjnej, telekomunikacji, gospodarki odpadami jako subkryteriami) oraz infrastruktury społecznej (ochrony zdrowia, szkolnictwa, polityki kulturalnej, bezpieczeństwa, pomocy społecznej jako subkryteriami). W modelu kooperacyjnym głównym kryterium jest współdziałanie z otoczeniem, a subkryteriami są: współpraca zagraniczna, z samorządem wojewódzkim, powiatem oraz innymi gminami, jak również współpraca ze stowarzyszeniami. Model gospodarczy rozwoju gminy jako kryteria główne wskazuje gospodarkę i przedsiębiorczość oraz produkcję i usługi. Subkryteriami tego modelu rozwoju gminy są: promocja przedsiębiorczości oraz walorów turystycznych, tworzenie stref aktywności gospodarczej, doradztwo dla osób oraz firm zamierzających rozpocząć w gminie działalność gospodarczą, jak również wspieranie produkcji przemysłowej, rolnictwa, sadownictwa i usług (Adamus & Ptaszek, 2012, s. 90).

Sytuacja finansowa samorządów

W roku 2023 doszło do drastycznego spadku dochodów własnych w gminach, powiatach ziemskich oraz miastach na prawach powiatu, co było konsekwencją spadku dochodów z tytułu udziału w podatku dochodowym od osób fizycznych (PIT) (Swianiewicz & Łukomska, 2024, s. 2). Od 2021 roku wskazane wcześniej jednostki samorządu terytorialnego odnotowały także spadek nadwyżki operacyjnej netto oraz wzrost kosztów obsługi zadłużenia od 2022 roku, wskutek galopująco postępującej inflacji. Jednocześnie nastąpił znaczny wzrost wydatków majątkowych w roku 2023 wynikający głównie z możliwości uzyskania dotacji rządowych na inwestycje publiczne, często z pominięciem priorytetowych potrzeb samorządów lokalnych (Swianiewicz & Łukomska, 2024, s. 5). Toczące się debaty nt. zasadności obecnego podziału administracyjnego kraju ukazują wielowątkowość problematyki bez jednoznacznie nakreślonej alternatywy dalszego funkcjonowania samorządów lokalnych zagrożonych trwałą marginalizacją z narastającą depopulacją (Swianiewicz, 2024).

Rosnące obciążenie opłatami komunalnymi oraz lokalnymi podatkami może stanowić istotny problem w perspektywie dalszego funkcjonowania samorządów gminnych. Podejmowanie decyzji o wyborze miejsca zamieszkania wiąże się z analizą warunków bytowych, w tym: możliwości podjęcia pracy, warunków mieszkaniowych,

dostępu do szeregu usług publicznych, jakości przestrzeni publicznej, ale też wysokości kosztów utrzymania. Koszty wody i ścieków stanowią dużą część wydatków przeciętnego gospodarstwa domowego, a rozbieżność cen wskazuje na potrzebę głębszej analizy ekonomicznego uzasadnienia pięciokrotnego zróżnicowania oraz podejmowania działań zmierzających do optymalizacji kosztów usług wodno-kanalizacyjnych (Swianiewicz & Łukomska, 2025, s. 3-4).

Rozpatrując przewidywane dochody budżetowe gmin, zaakcentować należy efektywność wydatków, uwzględniając mierniki rezultatu skuteczności i efektywności realizowanych zadań bieżących samorządu, ale też podejmowanych inwestycji, oraz przeprowadzając audyty efektywności i porównania z innymi jednostkami samorządu terytorialnego (Filipiak, 2011, s. 231-233).

Należy zatem przywrócić się bliżej czynnikom, które decydują o rozwoju ekonomiczno-społecznym jednostek samorządu terytorialnego. Trafną ocenę za pomocą 15 wskaźników określających rozwój społeczny i gospodarczy z uwzględnieniem ochrony środowiska proponują Sobczak i Staniszewski. Kwoty wydatków majątkowych inwestycyjnych oraz wydatków na łączność i transport w przeliczeniu na jednego mieszkańca i podzielone przez 10 stanowią wartość punktową. 10 zł wydatków to jeden punkt. Kolejne punkty (w proporcji 1% = 1 punkt) uzyskuje gmina za odsetek mieszkańców korzystających z sieci wodociągowej oraz z sieci kanalizacyjnej, jak również za mieszkańców korzystających z oczyszczalni ścieków. Kolejnymi punktowanymi kryteriami o wartościach względnych jest odsetek radnych z wyższym wykształceniem, odsetek dochodów własnych w budżecie, odsetek wydatków majątkowych inwestycyjnych oraz na transport i łączność. Punktowanymi kryteriami w dodatnich wartościach bezwzględnych w przeliczeniu na 1000 mieszkańców są także: liczba podmiotów gospodarczych, liczba absolwentów szkół średnich, liczba osób pracujących i napływ ludności z zewnątrz do gminy. Natomiast liczba osób bezrobotnych na 1000 mieszkańców i odpływ ludności w przeliczeniu na 1000 mieszkańców generują ujemną wartość punktową (Sobczak & Staniszewski, 2021, s. 98).

Poniatowicz wymienia wady subwencjonowania jednostek samorządu terytorialnego, postulując jednocześnie potrzebę gruntownej rekonstrukcji. Do wad zalicza:

- mechaniczną redystrybucję środków z budżetu państwa mającą na celu wyrównywanie poziomu dochodów bez uwzględniania zróżnicowania potrzeb poszczególnych jednostek samorządu terytorialnego,
- nadmierną ingerencję w samodzielność finansową poprzez obciążanie najbogatszych jednostek samorządowych,
- pomijanie kwestii jakościowych oraz powiązania z konkretnymi zadaniami w przekazywaniu subwencji,
- rezygnację z zasady wyjątkowości w przyznawaniu środków,
- brak metodologii liczenia faktycznego potencjału dochodowego dla jednostek samorządu terytorialnego (Poniatowicz, 2014, s. 204-205).

Badania przeprowadzone w grupie gmin obwarzankowych małych miast województwa wielkopolskiego wskazują na postępujący proces suburbanizacji i przeciwdziałaniu depopulacji, co jest zjawiskiem powszechnym. Ważnym problemem o charakterze organizacyjno-strukturalnym i ekonomicznym w gminach obwarzankowych

pozostaje realizacja usług społecznych i komunalnych, gdzie połączenie gmin z miastami mogłoby okazać się korzystne dla obu jednostek samorządowych (Kozubek & Konecka-Szydłowska, 2025, s. 145).

Współczesne możliwości wykorzystania narzędzi informatycznych mogą wspomagać podejmowanie decyzji o wysokości przyznawanych kwot na realizację większości zadań własnych gminy, jak również pozyskać wiedzę o opłacalności realizowanych przez samorządy inwestycji. Do osiągnięcia lepszych rezultatów służy systematycznie wdrażane w administracji samorządowej podejście procesowe w zarządzaniu (Bitkowska & Chruściel, 2024c, s. 54).

Podsumowując rozważania o charakterze teoretycznym, warto wymienić także opracowanie dokonane przez Sobalę-Gwosdz. Obszarem peryferii zewnętrznych pozostaje Polska Wschodnia o największym zasięgu w województwach lubelskim i podlaskim, gdzie jednak istnieją miasta o znaczeniu subregionalnych biegunów wzrostu. Zdecydowanie większym problemem pozostają obszary województw zachodniopomorskiego i warmińsko-mazurskiego, jak również zachodnia część województwa pomorskiego, północna część województwa wielkopolskiego i północno-zachodni obszar województwa kujawsko-pomorskiego, które są wynikiem szoku transformacyjnego po 1989 roku oraz braku koncepcji politycznej utworzenia miast o charakterze słabych biegunów wzrostu czy ośrodków równoważących. Strukturalna wewnętrzna słabość tych obszarów w zakresie kapitału ludzkiego, spowodowana zapaścią popegeerowskich obszarów wiejskich oraz dużą odległością do biegunów wzrostu (Szczecina, Gdańsk, Poznań), może pogłębić proces depopulacji, niwelując możliwości rozwoju gospodarczego większości badanych gmin (Sobala-Gwosdz, 2023, s. 38).

Problemy zrównoważonego rozwoju gmin były także przedmiotem dociekań autorów w kontekście zwiększenia niezależności energetycznej jednostek samorządu terytorialnego, koncentracji na wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii oraz szerokiej współpracy samorządowych podmiotów komunalnych na szczeblu gmin i powiatów (Bitkowska & Chruściel, 2024a, s. 40-41), a także dotyczyły sfery gospodarczej zrównoważonego rozwoju samorządów terytorialnych i tworzenia spójnych dokumentów strategicznych rozwoju na szczeblu gminy oraz powiatu (Bitkowska & Chruściel, 2024b, s. 48).

Wyniki badań

Wybór województw do przeprowadzenia badań wynikał z lektury Krajowej Strategii Rozwoju Regionalnego 2030 opracowanej przez Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju i zatwierdzonej przez Radę Ministrów we wrześniu 2019 roku w formie *Uchwały nr 102 Rady Ministrów z dnia 17 września 2019 roku* (M.P. 2019, poz. 1060). Wyeksponowane w rządowym dokumencie prognozy zmian liczby ludności (M.P. 2019, rys. 1), obszary zagrożone trwałą marginalizacją (M.P. 2019, rys. 15), jak również warianty terytorialnego zasięgu Programu 2020+ (M.P. 2019, rys. 19) ukazały podobieństwo problemów społeczno-gospodarczych gmin w województwie zachodniopomorskim z gminami województw wschodniej Polski.

Badaniem objęto 430 gmin, z czego 203 to gminy województwa lubelskiego, 117 gminy województwa podlaskiego oraz 110 gminy województwa zachodniopomorskiego. Metodyka badań oparta została na analizie materiałów źródłowych, którymi były dane Głównego Urzędu Statystycznego o prognozowanej liczbie mieszkańców gmin do roku 2060, jak również wybrane elementy budżetów gmin zawarte w uchwałach budżetowych na 2024 rok, a także dostępna literatura przedmiotu.

Przedmiotem badań były prognozowane dochody własne w postaci: wpływów z podatku od nieruchomości od osób prawnych oraz od osób fizycznych, jak również udziału gmin w podatku dochodowym od osób fizycznych (PIT) oraz od osób prawnych, które określone zostały w dokumentach źródłowych, jakimi były uchwały budżetowe na 2024 rok, a będące strategicznymi dokumentami w zakresie rocznej polityki finansowej gmin.

Do obliczeń wykorzystano następujące wartości z części dochodowej budżetów gmin (*Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 2 marca 2010 r. ...*):

- podatek od nieruchomości od osób prawnych – rozdział 75615, paragraf 0310;
- podatek od nieruchomości od osób fizycznych – rozdział 75615, paragraf 0310;
- udział gminy w podatku dochodowym od osób fizycznych (z PIT) – rozdział 75621, paragraf 0010;
- udział gminy w podatku dochodowym od osób prawnych (z CIT) – rozdział 75621, paragraf 0020.

Na tej podstawie dla każdej gminy wyliczono współczynnik rozumiany jako iloraz planowanego udziału w dochodach w podatku PIT i CIT (tj. sumy wartości z rozdziału 75621, paragraf 0010 oraz wartości z rozdziału 75621, paragraf 0020) w relacji do wpływów z podatków od nieruchomości (tj. sumy wartości z rozdziału 75615, paragraf 0310 oraz wartości z rozdziału 75616, paragraf 0310).

Współczynnik dochodowy (nazywany w treści opracowania „współczynnikiem”) został wprowadzony i obliczany jako iloraz sumy wartości udziału gminy w podatku dochodowym od osób fizycznych i od osób prawnych do sumy wartości podatku od nieruchomości od osób fizycznych i podatku od nieruchomości od osób prawnych. Wartość tak wyliczonego współczynnika dla każdej z 430 badanych gmin wskazuje na korelacje zachodzące pomiędzy bardzo istotnymi wartościami dochodów własnych, jakimi są podatki od nieruchomości oraz podatki od dochodów mieszkańców i firm działających na terenie gmin, a co za tym idzie wskazuje również na atrakcyjność gminy i wzrost liczby mieszkańców lub rosnące zjawisko depopulacji.

Ponadto dla badanych gmin wyliczono wskaźnik depopulacji wyrażony w procentach, przyjmując, że 100% stanowi aktualną liczbę mieszkańców gminy oraz prognozowaną przez GUS liczbę mieszkańców w roku 2060.

Poziom depopulacji dla każdej z gmin obliczono na podstawie danych GUS, prognoz liczby ludności do roku 2060. Za wartości bazowe przyjęto liczby ludności w gminach w roku 2024. Wyrażona w tabelach wartość procentowa stanowi iloraz liczby mieszkańców w roku 2024 do prognozowanej ilości mieszkańców danej gminy w roku 2060.

Znając wartości prognozowanych wpływów do gmin z tytułu podatku dochodowego od osób fizycznych oraz liczbę mieszkańców gmin w 2024 roku według danych GUS, wyliczono łączne dochody z PIT i CIT przypadające na jednego mieszkańca (*per capita*).

Średnia wartość udziału w dochodach z PIT i CIT przypadająca na jednego mieszkańca w 430 badanych gminach zakładana w budżetach na 2024 rok wyniosła 840,81 zł.

Wśród badanych gmin zachodzi pewna prawidłowość: gminy o wysokim poziomie sumy dochodów z PIT i CIT charakteryzują się współczynnikiem powyżej wartości 1, określanym w postaci ilorazu dochodów z PIT i CIT w stosunku do zakładanych wpływów z podatku od nieruchomości (za wyjątkiem gmin nadmorskich oraz czerpiących korzyści np. ze znajdujących się na ich terenach poligonów czy farm energetyki wiatrowej).

Zbiór badanych gmin o najniższych wartościach udziału w dochodach z PIT i CIT stanowią gminy, w których, według prognoz GUS w roku 2060, liczba mieszkańców wyniesie mniej niż 3 tysiące.

W grupie badanych gmin o najwyższych wartościach udziału w dochodach z PIT i CIT również pojawiają się gminy o niepokojących prognozach demograficznych GUS, takie jak: nadmorskie gminy Rewal, Dziwnów czy Ustronie Morskie, turystyczne Stare Czarnowo w woj. zachodniopomorskim, historyczny Brańsk oraz Narew i Narewka z fabrykami PRONAR w województwie podlaskim, jak również Zwierzyniec, Chełm, Stoczek Łukowski i Rejowiec Fabryczny w województwie lubelskim.

Część badanych gmin już obecnie posiada liczbę mieszkańców poniżej 3 tysięcy, a są to gminy: w województwie podlaskim – Dziadkowice, Mielnik, Jasionówka, Giby, Czeremcha, Orla, Białowieża, Dubicze Cerkiewne, Bakalarzewo; w województwie zachodniopomorskim – Nowe Warpno, Osina, Marianowo, Bielice; oraz w województwie lubelskim: Stoczek Łukowski, Markuszów.

Szczególną uwagę należy zwrócić na gminy Nowe Warpno oraz Mielnik i Dubicze Cerkiewne, w których prognozowana liczba mieszkańców w 2060 roku oscylować będzie zaledwie w granicach pół tysiąca.

Najkorzystniejszą sytuację w grupie badanych 430 gmin, według prognoz GUS pod względem wzrostu liczby mieszkańców względem aktualnego stanu, posiadają wiejskie gminy obwarzankowe oraz kilka gmin miejsko-wiejskich. Dodatni współczynnik depopulacji (określony wartością powyżej 1) dotyczył zaledwie 37 gmin, co stanowi 8,6% badanych gmin. Gminy o korzystnym prognozowanym współczynniku depopulacji, w których wartość przekraczała 100%, tj. liczba mieszkańców w 2060 roku będzie wyższa od liczby mieszkańców w roku 2024, zostały przedstawione w tabeli 19.1.

W tabeli 19.1 zaprezentowano 37 gmin spośród 430 badanych, które mają optymistyczne prognozy zwiększenia liczby mieszkańców do roku 2060, w tym 12 gmin województwa podlaskiego, 9 gmin województwa zachodniopomorskiego i 16 gmin województwa lubelskiego.

Tabela 19.1. Gminy, które według prognoz GUS zwiększą liczbę ludności do 2060 roku

Liczba mieszkańców gminy w 2024 roku	Województwo lubelskie	Województwo podlaskie	Województwo zachodniopomorskie
Do 3 tys.	—	—	—
Od 3 tys. do 5 tys.	—	Hajnówka W	Siemyśl W
Od 5 tys. do 7,5 tys.	Sitno W, Włodawa W	Turośń Kościelna W, Bielsk Podlaski W, Wysokie Mazowieckie W	Kobylanka W, Białogard W
Od 7,5 tys. do 10 tys.	Jabłonna W	Suwałki W	Borne Sulinowo MW, Świeszyno W, Biesiekierz W
Od 10 tys. do 15 tys.	Głusk W, Wólka W, Międzyrzec Podlaski W, Lubartów W, Mełgiew W, Puławy W, Tomaszów Lubelski W, Biłgoraj W	Łomża W, Dobrzyniewo Duże W, Zabłudów MW	—
Od 15 tys. do 20 tys.	Biała Podlaska W, Chełm W, Jastków W, Konopnica W	Choroszcz MW, Supraśl MW, Juchnowiec Kościelny W	Stargard W, Kołbaskowo W
Od 20 tys. do 30 tys.	Zamość W	Wasilków MW	—
Powyżej 30 tys.	—	—	Dobra W

W – gminy wiejskie

MW – gminy miejsko-wiejskie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (GUS, 2023)

W województwie zachodniopomorskim są to: tzw. obwarzankowe gminy wiejskie Stargard oraz Białogard, przyległe do Szczecina gminy Dobra i Kołbaskowo, gmina Kobylanka znajdująca się pomiędzy Szczecinem a Stargardem oraz przyległe do Koszalina gminy Świeszyno i Biesiekierz. Na uwagę zasługują także oddalone od większych skupisk ludności gmina wiejska Siemyśl oraz miejsko-wiejska Borne Sulinowo.

Województwo podlaskie posiada otaczające miasto Białystok, rozwojowe demograficznie gminy miejsko-wiejskie: Supraśl, Wasilków, Choroszcz i Zabłudów oraz gminy wiejskie: Turośń Kościelna, Juchnowiec Kościelny i Dobrzyniewo Duże, jak również obwarzankowe gminy wiejskie: Suwałki, Łomża, Wysokie Mazowieckie, Bielsk Podlaski i Hajnówka.

Natomiast w województwie lubelskim do samorządów terytorialnych o dobrych prognozach demograficznych zaliczają się gminy wiejskie obwarzankowe: Biała Podlaska, Międzyrzec Podlaski, Chełm, Lubartów, Włodawa, Zamość, Puławy, Tomaszów Lubelski, Biłgoraj. Gminy Konopnica, Jastków, Jabłonna, Mełgiew, Głusk i Wólka usytuowane są w promieniu oddziaływania Lublina, a gmina Sitno obok Zamościa.

W większości gmin wg prognoz nastąpi zmniejszenie liczby ludności o połowę (102 gminy), a nawet do 1/3 aktualnego stanu (nadmorski Dziwnów, przygraniczna podlaska gmina Mielnik oraz Uchanie w powiecie hrubieszowskim na Lubelszczyźnie.

Na zjawisko depopulacji narażone są głównie gminy o małej liczbie mieszkańców. W 102 badanych gminach, według prognoz GUS, liczba mieszkańców zmniejszy się co najmniej o połowę. W tej grupie znajdują się także gminy, których populacja zmaleje do liczby nieprzekraczającej tysiąca mieszkańców. Zestawienie najmniejszych liczebnie gmin przedstawiono w tabeli 19.2.

Tabela 19.2. Gminy, w których prognozowana populacja do 2060 roku osiągnie liczbę poniżej tysiąca mieszkańców

Liczba mieszkańców gminy w 2024 roku	Województwo lubelskie	Województwo podlaskie	Województwo zachodniopomorskie
Poniżej 1,5 tys.	—	Dubicze Cerkiewne W	Nowe Warpno MW
Od 1,5 tys. do 2 tys.	Stary Brus W	Mielnik W, Rutka W, Czyże W, Milejczyce W, Wiżajny W, Przytuły W	—
Od 2 tys. do 2,5 tys.	Hanna W, Dubienka W, Wyrki W	Perlejewo W, Kleszczele MW, Kołaki Kościelne W, Nowy Dwór W	—

W – gminy wiejskie

MW – gminy miejsko-wiejskie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (GUS, 2023)

Analiza podatków od nieruchomości w badanych gminach ukazuje pewną prawidłowość. W gminach województwa lubelskiego przeważają gminy, gdzie zakładane w budżetach na 2024 rok kwoty podatków od nieruchomości od osób prawnych i fizycznych określone współczynnikiem ilorazu sumy udziału w podatkach PIT i CIT do sumy podatków od nieruchomości jest najwyższy, natomiast w województwie zachodniopomorskim sytuacja jest odwrotna. Na 134 gminy, gdzie wymieniony współczynnik przekracza wartość 2, zaledwie cztery gminy znajdują się w województwie zachodniopomorskim (3,6%), 21 gmin w województwie podlaskim (17,9%), natomiast w województwie lubelskim zlokalizowanych jest 109 badanych gmin (53,7%). Z kolei gminy, w których zakładane w budżecie na rok 2024 kwoty podatków od nieruchomości są większe od zakładanego udziału w podatkach PIT i CIT, w przeważającej większości znajdują się w województwie zachodniopomorskim. Na 112 gmin: 31 gmin województwa podlaskiego na 117 (co stanowi 26,5% ogółu gmin tego województwa) i 23 gminy województwa lubelskiego na 203 (11,3%). Pozostałe 58 gmin na 110 to gminy województwa zachodniopomorskiego (tj. 52,7%).

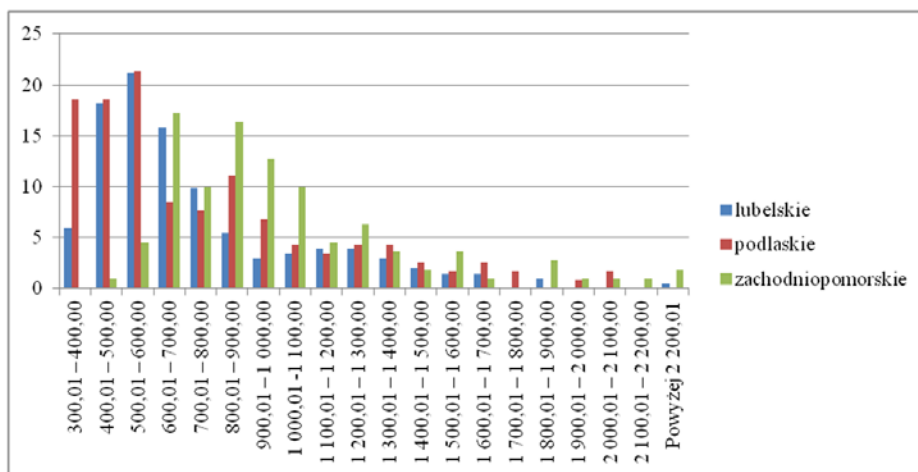
Zakładana w budżetach gmin wartość udziałów w dochodach z PIT oraz CIT przypadająca na jednego mieszkańca i przekraczająca kwotę 1000 zł dotyczyła 116 gmin na 430 biorących udział w badaniach, z czego na 32 gminy na 117 badanych w województwie podlaskim, co stanowiło 27,35%, 43 gminy na 203 badane w województwie lubelskim, co dawało 21,18%, oraz 41 gmin na 110, tj. 37,27% objętych badaniem gmin województwa zachodniopomorskiego.

Gdy spojrzeć na 70 najsłabszych gospodarczo gmin w tym zestawieniu – o przewidywanym udziale w dochodach z PIT I CIT niższych lub równych 500 zł na

mieszkańca gminy – to 1 gmina znajduje się w województwie zachodniopomorskim, 20 gmin w województwie podlaskim, a pozostałe 49 w województwie lubelskim. Procentowo odpowiada to 0,9% gmin województwa zachodniopomorskiego, 17,09% gmin województwa podlaskiego oraz 24,14% gmin województwa lubelskiego.

W przedziale przewidywanego udziału w dochodach z PIT i CIT o wartościach 500-600 zł znajdują się 73 gminy, z czego 5 w województwie zachodniopomorskim, 43 gminy w województwie lubelskim oraz 25 w województwie podlaskim. Stanowi to 4,5% ogółu gmin województwa zachodniopomorskiego, 21,18% badanych gmin województwa lubelskiego oraz 21,37% gmin województwa podlaskiego. Wnioski wynikające z dwóch ostatnich porównań są bardzo niepokojące dla gmin województwa lubelskiego i podlaskiego.

Pełne zestawienie procentowej ilości gmin o prognozowanych dochodach *per capita* z tytułu sumy podatków PIT i CIT zaprezentowano na rysunku 19.1.



Rysunek 19.1. Procentowa ilość gmin o prognozowanych dochodach *per capita* z tytułu sumy podatków PIT i CIT w poszczególnych przedziałach kwotowych w województwach lubelskim, podlaskim i zachodniopomorskim

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników przeprowadzonych badań

Wykres uwidacznia procentowy udział gmin najslabszych gospodarczo w przedziale dochodów z tytułu podatku dochodowego od osób fizycznych i prawnych w przedziale do 600 zł/mieszkańca, który obejmuje łącznie 58,47% gmin województwa podlaskiego oraz 45,32% gmin województwa lubelskiego. Zdecydowanie lepszy wynik ma województwo zachodniopomorskie – 5,45%. Aż 102 gminy na ogólnej liczbie 430 badanych gmin są zagrożone zmniejszeniem obecnej liczby mieszkańców do roku 2060 o ponad 50%. Charakteryzują się one już obecnie niską liczbą ludności (średnio 3672 osoby/gminę), niską wartością średnich dochodów z tytułu podatku dochodowego z PIT i CIT w wysokości niespełna 701 zł na mieszkańca oraz współczynnikiem o średniej wartości 1,4461. Należy podkreślić, że współczynnik średni najslabszych gmin w poszczególnych województwach różni się dość znacznie.

W województwie podlaskim na 32 najsłabsze gminy średni współczynnik przyjął wartość 1,3988, w lubelskim z kolei 1,9981, natomiast w zachodniopomorskim 0,8379. Tak duże różnice współczynników są zastanawiające i mogą świadczyć o znaczącym wpływie podatków od nieruchomości w zachodniopomorskich gminach na wysokość dochodów własnych, jak również o znikomej potrzebie zasilania budżetów lubelskich gmin o dużych problemach społeczno-gospodarczych, co potwierdzają wnioski z badań Poniatowicz o wadliwości subwencjonowania jednostek samorządu terytorialnego.

Podsumowanie

Poziom depopulacji zależny jest od osiągniętych przez gminy wysokościach udziałów w podatku dochodowym od osób fizycznych (PIT) oraz od osób prawnych (CIT), co jest wynikiem rozwoju przedsiębiorczości lokalnej.

Gminy o małej liczbie mieszkańców są w większym stopniu narażone na depopulację oraz na szanse rozwoju gospodarczego.

Rosnące zjawisko suburbanizacji, tj. „rozlewania się” miast poza granice terytorialne, prowadzi do zwiększania kosztów jednostkowych usług publicznych oraz podatków, które ponosić musi ludność pozostająca w miastach. Gminy okalające miasta, tzw. obwarzankowe, zyskują dzięki suburbanizacji, zwiększając dochody własne z tytułu podatków dochodowych od osób fizycznych.

Dla wszystkich gmin objętych badaniami współczynnik podatku od dochodów do podatków od nieruchomości w województwie zachodniopomorskim wynosił 0,99, w województwie podlaskim 1,47, a w województwie lubelskim 2,26, co może świadczyć o dużej powściągliwości radnych gmin tych województw w podnoszeniu podatków lokalnych, wykorzystywaniu programów wsparcia rządowego dla tzw. „ściany wschodniej” oraz z subwencji wyrównawczych.

Kierunek dalszych badań koncentrować się będzie na pogłębionej analizie strategii rozwoju gmin silnie narażonych na zjawisko depopulacji. Wybór strategii promującej przedsiębiorczość lokalną i konsekwentna realizacja założonych wskaźników wzrostu gospodarczego może okazać się remedium dla znacznej liczby badanych gmin w niniejszym opracowaniu. W opracowaniu strategii sugeruje się wykorzystanie metody pozwalającej kwantyfikować jakościowe priorytety rozwoju lokalnego.

Uzyskane wyniki badań posłużyć powinny władzom samorządowym (w osobach wójtów, burmistrzów czy prezydentów), ale także (a może głównie) radnym, którzy mają wpływ na najważniejsze dokumenty finansowe i strategiczne jednostek samorządowych.

Literatura

1. Adamus, W. (2016). Strategiczne modele rozwoju gminy. W R. Kucęba, R. Olejnik & K. Smoląg (red.), *Koncepcje zarządzania jednostkami samorządu terytorialnego*. Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej.

2. Adamus, W., & Ptaszek P. (2012). Modele rozwoju gmin w ujęciu wielokryterialnego procesu decyzyjnego. *Studia Regionalne i Lokalne*, 3(49), 85-106.
3. Bitkowska, A., & Chruściel, T. (2024a). Rola samorządowych przedsiębiorstw komunalnych w Polsce w perspektywie zrównoważonego rozwoju i niezależności energetycznej. W S. Gałwowski & E. Mreńca (red.), *Gospodarka odpadami komunalnymi jako narzędzie walki ze zmianą klimatu. Wybrane zagadnienia*. Wydawnictwo Senackie.
4. Bitkowska, A., & Chruściel, T. J. (2024b). Zrównoważony rozwój gmin a społeczna odpowiedzialność samorządowych przedsiębiorstw komunalnych. W A. Balińska, E. Jaska & A. Werenowska (red.), *Zachowania zrównoważone środowiskowo i społecznie. Ujęcie interdyscyplinarne*. Wydawnictwo SGGW.
5. Bitkowska, A., & Chruściel, T. J. (2024c). Czynniki sukcesu wdrażania zarządzania procesowego w administracji publicznej na przykładzie jednostek samorządu terytorialnego. W T. J. Chruściel (red.), *Strategie jednostek samorządu terytorialnego w świetle wyzwań lat dwudziestych XXI wieku*. Wydawnictwo Społecznej Akademii Nauk.
6. Chruściel, T. J. (2025). Perspektywy rozwoju gmin zagrożonych trwałą marginalizacją w północnej Polsce. W M. Bukowski, K. Grablewski & K. Sidorkiewicz (red.), *Efektywność samorządu terytorialnego w Polsce*. Wydawnictwo Akademii Nauk Stosowanych w Elblągu.
7. Chruściel, T. J., & Wyszomirski, A. (2024). Zarządzanie rozwojem miast małej i średniej wielkości na obszarach zmarginalizowanych. W T. J. Chruściel (red.), *Strategie jednostek samorządu terytorialnego w świetle wyzwań lat dwudziestych XXI wieku*. Wydawnictwo Społecznej Akademii Nauk.
8. Dziemianowicz, W. (2021). Planowanie strategiczne. W W. Dziemianowicz (red.), *Konkurencyjność gospodarcza gmin – koncepcje, instrumenty, praktyka*. Instytut Rozwoju Miast i Regionów.
9. Dziemianowicz, W., & Jarczewski, W. (2021). *Lokalny rozwój gospodarczy – konkurencyjność – przedsiębiorczość*. W W. Dziemianowicz (red.), *Konkurencyjność gospodarcza gmin – koncepcje, instrumenty, praktyka*. Instytut Rozwoju Miast i Regionów.
10. Filipiak, B. (2011). Efektywność zarządzania finansami samorządowymi. Skutek kryzysu czy obiektywna konieczność?. *Zeszyty Naukowe*, 10, 223-236.
11. GUS. (2023). *Prognoza ludności na lata 2023-2060*. Główny Urząd Statystyczny. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ludnosc/prognoza-ludnosc/prognoza-ludnosc-na-lata-2023-2060,11,1.html>
12. Gov.pl. (b.r.). *Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego 2030 (KSRR 2030)*. <https://www.gov.pl/web/ia/krajowa-strategia-rozwoju-regionalnego-2030-ksrr>
13. Kaczmarek, B. (2010). Stymulowanie rozwoju lokalnego. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 150, 122-129.
14. Kogut-Jaworska, M. (2010). Rozwój przedsiębiorczości w strategii rozwoju lokalnego (na przykładzie Szczecina i gmin ościennych). W *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 112, 280-289.
15. Kozubek, D., & Konecka-Szydłowska, B. (2025). Układy obwarzankowe małych miast a poziom rozwoju społeczno-gospodarczego. Studium przypadku województwa wielkopolskiego. W *Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna*, 73, 125-149.
16. Lisowska, R. (2013). *Zarządzanie rozwojem małych i średnich przedsiębiorstw w obszarach zmarginalizowanych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
17. M.P. (2019). *Uchwała nr 102 Rady Ministrów z dnia 17 września 2019 r. w sprawie przyjęcia „Krajowej Strategii Rozwoju Regionalnego 2030”*. Monitor Polski. Dziennik Urzędowy Rzeczypospolitej Polskiej. <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WMP20190001060/O/M20191060.pdf>

18. Poniatowicz, M. (2014). *Wpływ kryzysu gospodarczego na systemy finansowe jednostek samorządu terytorialnego. Na przykładzie największych miast w Polsce*. Wydawnictwo CeDeWu.
19. *Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 2 marca 2010 r. w sprawie szczegółowej klasyfikacji dochodów, wydatków, przychodów i rozchodów oraz środków pochodzących ze źródeł zagranicznych* (Dz.U. 2010 nr 38 poz. 207, z późn. zm.).
20. Sobala-Gwosdz, A. (2023). *Wyzwania, trendy i procesy rozwoju gospodarczego. Identyfikacja biegunów wzrostu i ośrodków równoważenia rozwoju w Polsce*. Instytut Rozwoju Miast i Regionów.
21. Sobczak, E., & Staniszewski, M. (2021). *Analiza porównawcza realizacji celów długoterminowych w gminach pierwszej dziesiątki w rankingu 2019 roku*. W E. Sobczak (red.), *Zrównoważony rozwój jednostek samorządu terytorialnego oraz przyczyny spowolnienia realizacji celów strategicznych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
22. Swianiewicz, P. (2024). Czy Polska potrzebuje zmian liczby gmin i (lub) powiatów?. *Analizy i opinie*, 01(69), 4-5.
23. Swianiewicz, P., & Łukomska, J. (2024). Sytuacja finansowa samorządów u progu nowej kadencji. *Opinie i analizy*, 68.
24. Swianiewicz, P., & Łukomska, J. (2025). Ceny opłat za wodę i ścieki. *Analizy i opinie*, 03(71).
25. Szetela, A. (2011). Instrumenty stymulujące rozwój przedsiębiorczości lokalnej w gminie Środa Wielkopolska w latach 2002-2008. W A. Kożuch & A. Noworól (red.), *Instrumenty zarządzania rozwojem w przedsiębiorczych gminach*. Instytut Spraw Publicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego.

ROZDZIAŁ 20

KOMPETENCJE PRACOWNIKÓW SEKTORA KREATYWNEGO W ERZE NARZĘDZI CYFROWYCH

Tomasz Lis¹, Aleksandra Piech¹, Aleksandra Grabińska¹, Miron Kutarba²

¹ Politechnika Częstochowska
Wydział Zarządzania

² Goldmark Marek Kreft

Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój technologii informacyjnych i komunikacyjnych, w tym narzędzi opartych na sztucznej inteligencji, prowadzi do głębokich zmian w sposobach wykonywania pracy twórczej (Caramiaux i in., 2025, s. 1-8). Cyfryzacja nie oznacza jedynie zastępowania tradycyjnych narzędzi ich elektronicznymi odpowiednikami, lecz tworzenie nowego środowiska działania twórców, w którym proces projektowania, eksperymentowania i uczenia się przebiega odmiennie niż w tradycyjnie rozumianym środowisku pracy twórczej. W rezultacie zmienia się nie tylko technika pracy, ale również profil kompetencyjny pracowników sektora kreatywnego (Błaszczuk, 2021, s. 15-20).

Rozwój narzędzi cyfrowych skrócił czas realizacji zadań, zwiększył możliwości symulacji i prototypowania oraz umożliwił współpracę na odległość z wykorzystaniem obrazu, dźwięku i danych. Praca indywidualna, charakterystyczna dla tradycyjnie pojmowanej twórczości, coraz częściej uzupełniana jest przez współdziałanie w środowisku cyfrowym, w którym istotną rolę odgrywa interakcja człowieka z oprogramowaniem wspomagającym proces twórczy. Zmiany te wpływają nie tylko na efektywność działań, lecz także na sposób nabywania i rozwijania kompetencji (Parys, 2024, s. 101-110).

Sektor kreatywny jest szczególnym obszarem zastosowań ICT, w tym sztucznej inteligencji. Pracownik tego sektora przestaje być wyłącznie twórcą, a coraz częściej staje się projektantem procesów, interpretatorem danych oraz mediatorem pomiędzy technologią a kulturą. Obok kompetencji artystycznych rośnie znaczenie umiejętności technologicznych, poznawczych, komunikacyjnych i adaptacyjnych, pozwalających na świadome współdziałanie z narzędziami cyfrowymi. W efekcie kompetencje pracowników sektora kreatywnego mają dziś charakter interdyscyplinarny i dynamiczny (Symela & Stępnikowski, 2021, s. 21-25).

Analiza literatury wskazuje, że autorzy koncentrują się głównie na technologicznych i ekonomicznych konsekwencjach cyfryzacji (Caroline i in., 2025, s. 1-7). W mniejszym stopniu podejmowana jest problematyka przemian w zakresie

pożądanych kompetencji pracowników sektora kreatywnego. W szczególności brakuje ujęć opisujących, w jaki sposób środowisko narzędzi cyfrowych redefiniuje środowisko pracy twórcy, jego sposób uczenia się oraz tożsamość zawodową, a także charakter współdziałania człowieka z cyfrowymi „asystentami” procesu twórczego.

Celem niniejszego rozdziału jest identyfikacja i zdefiniowanie tych kompetencji pracowników sektora kreatywnego, które są istotne w warunkach cyfrowej transformacji pracy twórczej. Celem jest także ukazanie zmian w profilu zawodowym twórcy funkcjonującego w środowisku narzędzi cyfrowych. Rozdział ma charakter teoretyczno-koncepcyjny i opiera się na analizie literatury dotyczącej sektora kreatywnego, kompetencji zawodowych oraz technologii cyfrowych w pracy twórczej.

Należy podkreślić, że niniejsza praca stanowi pierwszy, koncepcyjny etap szerszego projektu badawczego dotyczącego transformacji pracy i zarządzania w sektorze kreatywnym w warunkach rozwoju technologii informacyjno-komunikacyjnych, w tym narzędzi opartych na sztucznej inteligencji. Kolejnym etapem będą badania empiryczne ukierunkowane na analizę wpływu technologii cyfrowych na organizację pracy, relacje zawodowe oraz sposób zarządzania sobą i zespołami w przedsiębiorstwach sektora kreatywnego. Zaproponowany model kompetencyjny stanowi podstawę teoretyczną dla dalszej analizy.

Analiza literatury została przeprowadzona na podstawie przeglądu publikacji krajowych i zagranicznych dotyczących sektora kreatywnego, kompetencji zawodowych oraz transformacji cyfrowej, w tym rozwoju sztucznej inteligencji. Uwzględniono artykuły naukowe oraz opracowania teoretyczne ze szczególnym uwzględnieniem prac podejmujących problem relacji między technologią a pracą twórczą. Selekcja źródeł miała charakter celowy i koncentrowała się na publikacjach umożliwiających teoretyczne opracowanie modelu kompetencyjnego.

Realizacja celów publikacji związana jest z odpowiedziami na następujące pytania badawcze:

- W jaki sposób narzędzia cyfrowe i rozwiązania oparte na sztucznej inteligencji zmieniają sposób pracy oraz uczenia się pracowników sektora kreatywnego?
- Jakie kompetencje stają się kluczowe dla twórców funkcjonujących w środowisku cyfrowym?
- Jak kształtuje się współczesny profil kompetencyjny pracownika kreatywnego w erze narzędzi cyfrowych?

Na podstawie przeprowadzonych rozważań sformułowano następującą hipotezę: Cyfryzacja pracy twórczej prowadzi do przekształcenia tradycyjnego profilu kompetencyjnego pracowników sektora kreatywnego poprzez integrację kreatywności z kompetencjami cyfrowymi, poznawczymi i adaptacyjnymi, które stają się niezbędnym elementem współczesnego warsztatu twórcy.

Struktura rozdziału obejmuje charakterystykę sektora kreatywnego i cyfrowego środowiska pracy twórczej, następnie teoretyczne ujęcie kompetencji oraz autorską propozycję profilu kompetencyjnego w ujęciu modelowym. Całość zamyka podsumowanie stanowiące punkt wyjścia do dalszych analiz dotyczących zarządzania w sektorze kreatywnym w warunkach transformacji cyfrowej.

Sektor kreatywny i cyfrowe środowisko pracy twórczej

Jak podaje Namyślak, sektor kreatywny to taki, na który „składają się działalności oparte na własności intelektualnej, mające swe korzenie w kulturze i nauce. W sektorze tym wyróżnia się dwie podstawowe grupy: działalności twórcze (*creative industries*) oraz tzw. działalności o dużym stopniu nasycenia wiedzą (*knowledge intensive industries*)” (Namyślak, 2014, s. 154). Według innej definicji „[sektor kreatywny] obejmuje różnorodne dziedziny działalności, w których głównym zasobem są kreatywność, innowacja oraz umiejętność wytwarzania wartości intelektualnej. Branża ta łączy w sobie twórczość artystyczną, technologie, biznes i kulturę” (Centrum Kreatywności Targowa, 2025). W definicjach zwraca się uwagę na takie czynniki jak: własność intelektualna, twórczość, wiedza, kreatywność, innowacje. Jednocześnie podkreśla się, że branża kreatywna ma związek zarówno z biznesową, jak i pozabiznesową (kulturalną) sferą aktywności człowieka. Warto tu także przytoczyć definicję samej kreatywności. Według *Wielkiego Słownika Języka Polskiego* (b.r.b) jest to „cecha czegoś, co świadczy o czyjejś zdolności do tworzenia lub wymyślania czegoś oryginalnego”.

Kreatywność i sektor kreatywny, czyli obszar praktycznego wykorzystania tej cechy człowieka, związane są z wytwarzaniem, tworzeniem, opracowywaniem, projektowaniem itp. obiektów będących nowością i/lub innowacyjnością. Kreatywność ma ścisły związek z umiejętnością myślenia opartego na zdolności do kojarzenia, identyfikowania i rozumienia relacji pomiędzy posiadanymi i nieustannie zdobywanymi przez jednostkę wiedzą, umiejętnościami i doświadczeniem. Kreatywność to w tym względzie umiejętność praktycznego wykorzystania mądrości, a także zdolność do uzewnętrznienia oraz praktycznego stosowania posiadanych talentów (Gurmińska, 2017, s. 105-112).

Można stwierdzić, że kreatywność odnosi się do wymiaru artystycznej oraz pozaartystycznej aktywności człowieka, która związana jest z szeroko rozumianą nauką. Kreatywność to także pomysłowość i twórczość, które są pożądanymi cechami we wszystkich możliwych obszarach aktywności. Specyficzną cechą sektora jest to, że efekty pracy mają często charakter niepowtarzalny. Są jednocześnie trudne do standaryzowania oraz planowania. Proces twórczy jest obciążony wysokim poziomem ryzyka i niepewności, co wynika m.in. z subiektywności oceny efektów pracy, które zawsze są mocno związane z ich twórcą. Pracownik kreatywny łączy ze sobą różne obszary wiedzy, które często indywidualnie interpretuje, często także eksperymentuje. Jest on zarówno autorem, projektantem, badaczem, jak i finalnym wykonawcą (Klimas, 2015, s. 1137-1154).

Tradycyjnym środowiskiem pracy sektora kreatywnego wśród twórców/artystów był warsztat, natomiast z obszaru nauki – gabinet i biblioteka. W „zaczysku” miejsca pracy zdobywana i przekazywana była wiedza, doświadczenie i umiejętności. Proces tworzenia był długi, a jeszcze dłuższy był proces przekazywania i kształtowania praktyki przez uczniów. Sprawność pracy i uczenia skracał się wraz z rozwojem technologicznym. Największy przełom nastąpił jednak wraz z rozwojem ICT, w tym

Internetu, a później także narzędzi opartych na AI. Projektując, a później urzeczywistniając projekt, mamy możliwość zrobienia tego w formie cyfrowej (symulacja). Dodatkowo w czasie rzeczywistym możemy zmieniać parametry czy prosić o wskazanie możliwych form rozwiązania pojawiających się problemów czy wątpliwości. Praca nie zajmuje tyle czasu, który jest zależny przede wszystkim od wiedzy pracownika i umiejętności współdziałania z narzędziami cyfrowymi (Chaturvedi i in., 2023, s. 1-8). W takiej rzeczywistości narzędzia jak oprogramowanie graficzne, systemy do modelowania, platformy współpracy, narzędzia analityczne czy rozwiązania oparte na sztucznej inteligencji nie pełnią już wyłącznie funkcji pomocniczej, lecz współtworzą przestrzeń działań twórczych.

Twórca uzyskuje możliwość testowania wariantów, pracy na wielu poziomach abstrakcji oraz integrowania danych pochodzących z różnych źródeł. Zmienia się w ten sposób logika procesu twórczego. Nie polega on jak kiedyś na wykonywaniu określonych i z góry zaplanowanych czynności prowadzących do uzyskania końcowego efektu. Przebiega jako sekwencja powtarzających się czynności mających na celu doskonalenie efektu końcowego, by w momencie uznania projektu i założeń wytwarzania za zgodne z oczekiwaniami i potrzebami twórcy ulec finalnej materializacji (Walczak-Duraj, 2019, s. 71-90). W praktyce oznacza to, że praca twórcza coraz częściej przebiega w środowisku interakcji człowieka z technologią.

Do najważniejszych narzędzi cyfrowych wspomagających pracę w sektorze kreatywnym zaliczyć należy te, które oparte są na sztucznej inteligencji. Algorytmy generatywne, systemy rekomendacyjne czy automatyzacja części procesów projektowych wpływają na sposób podejmowania decyzji oraz organizacji działań twórczych. Zaznaczyć przy tym należy, że technologia nie zastępuje twórcy, lecz staje się jego wirtualnym asystentem. Wspiera poszukiwanie rozwiązań, analizę danych, a niekiedy także generowanie wstępnych koncepcji. W efekcie granica pomiędzy twórczością ludzką a technologicznym wsparciem ulega stopniowemu przesunięciu (Furmanek, 2017, s. 68-71).

Rozwiązania cyfrowe wpływają nie tylko na przebieg i efektywność indywidualnej pracy twórcy. Sprawiają, że łatwiejsza jest współpraca i współdziałanie. Twórcy mogą współdziałać przy realizacji zadania, gdyż na tym etapie wszystko może odbywać się w wymiarze wirtualnym. Problemem są wyłącznie zdolności i predyspozycje do wspólnego tworzenia, które związane są z umiejętnością wypowiedzania się, formułowania zapytań i odpowiedzi. Komunikacja, wymiana wiedzy oraz koordynacja działań odbywają się za pośrednictwem platform cyfrowych (Karczewska, 2021, s. 90-98). Wpływa to na sposób budowania relacji zawodowych oraz na konieczność posiadania kompetencji komunikacyjnych i organizacyjnych wykraczających poza tradycyjnie pojmowaną rolę artysty czy projektanta.

Ułatwienie i usprawnienie pracy twórców to nie jedyne efekty stosowania narzędzi cyfrowych. Zmieniło się również tempo pracy, a także oczekiwania odbiorców względem pozyskiwanych efektów. Ważne jest zwrócenie uwagi na tempo zmian w obszarze rozwoju samych technologii cyfrowych. Pracownik sektora kreatywnego funkcjonuje w warunkach ciągłej zmiany technologicznej, co wymaga chęci i zdolności do poznawania oraz uczenia się nowego, otwartości na eksperymentowanie,

a także zdolności adaptacyjnych (Malik, 2015, s. 135-145). Musi cechować się aktywnością w obszarze doskonalenia się, uczenia, poznawania i współdziałania.

Sektor kreatywny przestaje być miejscem wyłącznie indywidualnej ekspresji, a staje się obszarem, w którym łączą się: kreatywność, technologia i wiedza. Cyfrowe środowisko pracy twórczej zmienia rolę twórcy, jego sposób działania oraz relacje z narzędziami, które coraz częściej uczestniczą w procesie powstawania wartości kulturowej i ekonomicznej (Arendt, 2015, s. 13-23). W tym świetle koniecznością staje się zidentyfikowanie i zrozumienie kompetencji, które są niezbędne w efektywnej pracy w sektorze kreatywnym, co istotne funkcjonującym w dynamicznie zmieniającej się rzeczywistości organizacyjnej i technologicznej.

Kompetencje pracowników sektora kreatywnego

Pojęcie kompetencji zajmuje istotne miejsce w analizach dotyczących funkcjonowania współczesnych organizacji oraz rynków pracy. Jest to spowodowane dynamiznością rzeczywistości gospodarczej, w tym rozwoju technologicznego. Według *Wielkiego Słownika Języka Polskiego* (b.r.a) kompetencje to „zdolność do wykonywania pewnych czynności, oparta na wiedzy i doświadczeniu”. W dokumencie przedstawionym przez PARP (Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości) stwierdza się, że kompetencje to: „oczekiwania względem zachowań, umiejętności i innych cech pracowników sprzyjających osiągnięciu sukcesu w pracy. (...) umiejętności, wiedza, cechy osobiste oraz zachowania potrzebne do skutecznego odgrywania roli/wykonywania pracy w danej organizacji i wspierania firmy w osiągnięciu jej celów” (Gov.pl, 2019, s. 2-3).

Zgodnie z koncepcją Wintertona, kompetencje są związane z: wiedzą (kompetencje poznawcze), umiejętnościami (kompetencje funkcjonalne), gotowością do nauki (metakompetencje) oraz postawą (kompetencje społeczne) (Winterton, 2009, s. 681-700). Kompetencje definiowane są jako zintegrowany zbiór wiedzy, umiejętności, postaw, doświadczeń oraz cech osobowościowych, które umożliwiają skuteczne wykonywanie zadań w określonym kontekście zawodowym. Kompetencje mają charakter dynamiczny i sytuacyjny, co odróżnia je od kwalifikacji formalnych, uzewnętrzniają się w działaniu i są kształtowane w toku praktyki.

Jak podkreślają Varkoly i in. (2019, s. 210-211), najczęściej kompetencje dzieli się na zawodowe oraz personalne. Kompetencje zawodowe są ściśle związane z wykonywaną pracą i zajmowanym stanowiskiem. Są one często określane mianem kompetencji twardych. Ich rozwój jest zawsze efektem doświadczenia i zdobywania/poszerzania posiadanej wiedzy i umiejętności. Drugą grupą są kompetencje personalne, które określane są często mianem kompetencji miękkich. Są one ściśle związane z cechami człowieka/pracownika nabywanymi w trakcie jego dotychczasowego życia. Są więc wyrazem doświadczenia i wiedzy związanych z indywidualnym zachowaniem. Kompetencje twarde od zawsze odgrywały ważną rolę w funkcjonowaniu pracowników. Obecnie zauważalne jest zwiększanie znaczenia kompetencji

miękkich. To one wpływają bowiem na elastyczność pracowników, co jest bardzo istotne z punktu widzenia szybkości i zakresu zmian rynkowych. Elastyczność ta jest związana zarówno z rozwojem osobistym, jak i efektywnością współpracy i współdziałania w grupie.

Kompetencje obejmują zarówno elementy poznawcze, jak i behawioralne. Oznacza to, że ich zakres nie ogranicza się do posiadania wiedzy czy umiejętności, lecz obejmuje również zdolność interpretowania, stosowania oraz adaptowania do zmieniających się warunków. W tym względzie kompetencje stanowią połączenie potencjału jednostki z jej realną aktywnością zawodową – kompetencji twardych i miękkich. Warto podkreślić, że współczesne podejścia podkreślają także znaczenie postaw, motywacji i refleksyjności jako ważnych składników kompetencji (Przewoźnik, 2019, s. 20-30). Wynika to z tego, że są to czynniki wpływające na efektywność wykorzystania kompetencji zawodowych.

W sektorze kreatywnym problematyka kompetencji nabiera szczególnego znaczenia. Praca twórcza nie opiera się na realizowaniu z góry określonych procedur. Związana jest przede wszystkim z opracowywaniem nowych rozwiązań, interpretowaniem problemów oraz poszukiwaniem niestandardowych i najczęściej nieszablonowych form ekspresji. Oznacza to, że kompetencje pracowników kreatywnych mają charakter bardziej elastyczny i procesowy niż w sektorach produkcyjnych czy administracyjnych (Dziurski, 2015, s. 11-30). Twórca funkcjonuje w warunkach niepewności, wieloznaczności oraz ciągłej potrzeby podejmowania decyzji o charakterze koncepcyjnym.

Zdaniem autorów do podstawowych kompetencji pracowników sektora kreatywnego zalicza się: zdolność twórczego myślenia, wyobraźnię, umiejętność łączenia często odległych obszarów wiedzy, umiejętność wykorzystywania cyfrowych narzędzi pracy, otwartość na nowe sugestie i uwagi, również te generowane przez narzędzia typu AI, oraz wrażliwość interpretacyjną. Istotną rolę odgrywa także umiejętność problematyzowania rzeczywistości, czyli dostrzegania potencjału twórczego tam, gdzie inni widzą jedynie rutynę. Kompetencje te rozwijane są nie tylko w procesie formalnej edukacji, lecz przede wszystkim poprzez praktykę, doświadczenie, eksperymentowanie oraz refleksję nad własnym działaniem (Olko, 2014, s. 39-46).

Specyfika pracy twórczej powoduje, że kompetencje pracowników sektora kreatywnego nie są jedynie sumą umiejętności technicznych. Obejmują one również komponenty poznawcze i społeczne, takie jak zdolność komunikowania idei, współpracy w zespołach projektowych, negocjowania znaczeń oraz budowania relacji w środowisku zawodowym. Twórca coraz częściej funkcjonuje jako uczestnik sieci współdziałania, a nie jako odizolowany artysta. Wymaga to rozwiniętych kompetencji interpersonalnych oraz zdolności pracy w środowisku wielodyscyplinarnym (Adamik & Nowicki, 2017, s. 85-95). Kompetencje miękkie pozwalają twórcom identyfikować, rozumieć i adaptować potrzeby społeczne, które stają się źródłem, inspiracją i motywacją do pracy. Aktywizują wrażliwość, która jest jedną z najważniejszych cech twórców.

Rzeczywisty rozwój technologii cyfrowych wprowadza dodatkowy wymiar do analizy kompetencji pracowników sektora kreatywnego. Kompetencje cyfrowe to nie tylko zdolność do obsługi oprogramowania, ale również zdolność do krytycznego korzystania

z narzędzi, rozumienia ich logiki działania oraz świadomego włączania ich w proces twórczy. Pracownik kreatywny musi nie tylko posługiwać się technologią, lecz także brać pod uwagę, identyfikować, interpretować i rozumieć jej możliwości i ograniczenia (Forma & Winiarczyk, 2025, s. 37-50). W tym względzie ponownie trzeba podkreślić, że technologia staje się wirtualnym doradcą, asystentem, którego cechy trzeba znać i rozumieć, aby wykorzystać w pełni posiadany potencjał.

Współcześnie szczególne znaczenie zyskuje angażowanie i wykorzystanie narzędzi opartych na sztucznej inteligencji. Tak jak kiedyś komputery z oprogramowaniem, tak teraz AI w znacznej mierze zmienia sposób pracy – nie tylko w sektorze kreatywnym. Generowanie koncepcji, analizy danych oraz podejmowanie decyzji projektowych to tylko niektóre z obszarów ich zastosowania. Kompetencje twórcy obejmują dziś umiejętność współpracy z systemami cyfrowymi, formułowania zapytań, selekcji rezultatów oraz, co bardzo istotne, krytycznej oceny propozycji generowanych przez technologię (Snopek, 2024, s. 54-65). W efekcie następuje przesunięcie akcentu z wykonywania na projektowanie i interpretowanie działań.

Zmiany w sposobie i przebiegu pracy spowodowane stosowaniem technologii cyfrowych w naturalny sposób wpływają również na proces uczenia się i zdobywania kompetencji. Tradycyjny model mistrz–uczeń zostaje uzupełniony przez środowiska symulacyjne, platformy edukacyjne oraz społeczności online. Twórca rozwija swoje kompetencje w sposób ciągły, korzystając z zasobów cyfrowych oraz interakcji z innymi użytkownikami. Kompetencje nabierają charakteru refleksyjnego i adaptacyjnego. Wiedza i umiejętności zawodowe muszą być uzupełnione zdolnością do nieustannego poszukiwania, identyfikowania i absorpcji wiedzy z otoczenia, do którego dostęp również jest uzyskiwany wskutek stosowania narzędzi informatycznych. Ważne jest zatem nie tylko kształtowanie twórców poprzez przekazywanie im wiedzy, ale także nauka uczenia się w nowych cyfrowych warunkach funkcjonowania (Matejek & Tajak-Bobek, 2025, s. 940-955).

W rezultacie kompetencje pracowników sektora kreatywnego przyjmują postać złożonego profilu łączącego kreatywność, wiedzę, kompetencje cyfrowe, społeczne oraz poznawcze. Nie są one zbiorem stałych cech, lecz dynamicznym potencjałem rozwijanym w relacji z technologią, środowiskiem pracy i kulturą organizacyjną (Rembiesz i in., 2021, s. 155-162). Konieczne staje się więc zidentyfikowanie tych obszarów kompetencji, które są szczególnie istotne właśnie z perspektywy cyfrowego środowiska pracy.

Typologia i profil kompetencyjny pracownika kreatywnego w erze cyfrowej

W warunkach dynamiczności i globalizacji, które to stanowią obecnie jedne z najważniejszych własności rynków, konieczne jest zidentyfikowanie cech i kompetencji pracowników, które mają wpływ na zdolność istnienia i konkurencyjności przedsiębiorstw. Dynamiczność dotyczy przy tym nie tylko szybkości i niepewności zachodzących zdarzeń, ale i wszystkich czynników, które mają wpływ na jej aktywizację. Zdaniem

autorów niniejszej pracy jest nim przede wszystkim rozwój technologiczny, zwłaszcza w obszarze ICT. Szybkość współczesnego życia jest bowiem wynikiem zniwelowania ograniczeń czasu i miejsca działań oraz aktywności, które od zawsze były warunkowane dostępem oraz zdolnością do wykorzystania informacji (Chodzyński, 2021, s. 24-30). W wymiarze informacyjnym możemy być wszędzie i w dowolnym czasie. Liczy się tylko świadomość i umiejętność funkcjonowania w takich warunkach.

Co istotne, zdolność informacyjnego „poruszania” się po świecie daje m.in. praktycznie nieograniczone możliwości identyfikacji, pozyskiwania i wykorzystywania wiedzy, w tym tej dotyczącej doświadczeń jednostek i ich grup (np. podmiotów gospodarczych) w realizacji określonych działań. Tym samym możemy „obserwować” procesy, kampanie czy indywidualne prace. Oprócz wiedzy gromadzimy w ten sposób będące w wymiarze cyfrowym doświadczenie. Również sama praca realizowana jest bardzo często w świecie informacji; możemy symulować efekty bez ich fizycznej realizacji. Wszystko to może odbywać się w stosunkowo krótkim, w porównaniu do okresu przed cyfryzacją, czasie. Jest on niewspółmiernie krótszy od tradycyjnych sposobów zdobywania wiedzy, doświadczeń i umiejętności (Karaś, 2025, s. 23-35).

Przyczynia się to do konieczności wprowadzenia nowego podejścia do wskazania czynników, które decydują o sukcesie. Najczęściej w literaturze wskazuje się, że w takich warunkach ważne są: wiedza, uczenie się oraz ich wykorzystanie przejawiające się w kreatywności. Na te w istocie trzy oczywiste cechy składa się jednak szereg elementów składowych warunkujących ich efektywność. Nie wystarczy posiadać nawet dużej wiedzy, uczestniczyć w realizacji szeregu projektów, być pomysłowym (Powichrowska, 2019, s. 204-205). Konieczna jest mądrość, która pozwoli to wszystko ze sobą powiązać i wykorzystać w sposób zwiększający szansę realizacji celów, tak indywidualnych, jak i grupowych.

Cechy warunkujące sukces i zdolność do konkurowania w dynamicznej rzeczywistości określa się mianem kompetencji. Dotyczą one przede wszystkim pracowników, z których przechodzą na przedsiębiorstwa. Warto podkreślić, że w środowisku cyfrowym kompetencje nie funkcjonują jako zbiór odrębnych własności czy predyspozycji. Stanowią wzajemnie powiązany system, który umożliwia projektowanie, analizowanie i realizowanie działań przy wsparciu narzędzi technologicznych. Z tego względu zasadne staje się tworzenie typologii kompetencji, które porządkują ich strukturę oraz ukazują relacje pomiędzy poszczególnymi obszarami aktywności pracownika (Cosgrove & Cachia, 2025). Biorąc pod uwagę cechy sektora kreatywnego, jest to szczególnie istotne właśnie w tym obszarze.

Klasyfikacja kompetencji z jednej strony pozwala lepiej zrozumieć, jakie zasoby są niezbędne do funkcjonowania w cyfrowym środowisku pracy twórczej, z drugiej – może stanowić punkt wyjścia dla opracowywania i wprowadzania programów i planów kształcenia, doskonalenia oraz planowania rozwoju zawodowego. W przypadku sektora kreatywnego szczególnie istotne jest odejście od statycznych list umiejętności na rzecz ujęć dynamicznych, które uwzględniają zmienność technologii, szybkość zmian środowiskowych i rynkowych oraz często kulturowy wymiar działań twórczych (Matwiejczuk, 2016, s. 355-363).

Na potrzeby niniejszej publikacji zaproponowano typologię kompetencji pracownika sektora kreatywnego w erze cyfrowej, która obejmuje kilka wzajemnie powiązanych kategorii. Pierwszą z nich stanowią kompetencje kreatywno-poznawcze, obejmujące zdolność twórczego myślenia, interpretacji, uogólniania oraz łączenia odległych obszarów wiedzy. To one pozwalają twórcom konstruować nowe znaczenia, formułować koncepcje oraz problematyzować rzeczywistość w sposób wykraczający poza schematyczne rozwiązania.

Druga kategoria związana jest z cyfrową rzeczywistością funkcjonowania człowieka, stanowią ją kompetencje cyfrowo-technologiczne. Obejmują one nie tylko znajomość narzędzi i oprogramowania, lecz także, co bardzo ważne, rozumienie logiki ich działania oraz możliwości zastosowań w procesie twórczym. Współczesny pracownik kreatywny musi umieć współpracować z systemami cyfrowymi, w tym z narzędziami opartymi na sztucznej inteligencji. Musi w tym względzie wiedzieć, jak to robić, i umieć formułować zapytania, selekcjonować rezultaty oraz krytycznie oceniać generowane propozycje.

Umiejętność wykorzystania narzędzi informatycznych, w tym tych wspieranych przez AI, musi być uzupełniana przez zdolności planowania, strukturyzowania i iteracyjnego rozwijania projektów twórczych. Składają się one na kompetencje projektowo-metodyczne. W cyfrowym środowisku pracy istotne staje się zarządzanie procesem koncepcyjnym/nowością, testowanie wariantów, prototypowanie oraz integrowanie informacji pochodzących z różnych źródeł. Współczesny pracownik kreatywny to nie tylko wykonawca zadań, pełni on coraz częściej rolę projektanta procesów.

W warunkach powszechnego użytkowania narzędzi cyfrowych i wymogu szybkiej realizacji często skomplikowanych zadań koniecznością staje się współdzielenie obowiązków w realizacji celu. Ten czynnik efektywności pracy w sektorze kreatywnym określić można mianem kompetencji komunikacyjno-społecznych. Praca twórcza realizowana jest coraz częściej w zespołach rozproszonych i wielodyscyplinarnych. Wymaga to zdolności prezentowania idei, negocjowania znaczeń, współdziałania oraz kreowania relacji w środowisku cyfrowym. Zaznaczyć należy, że kompetencje te obejmują zarówno komunikację interpersonalną, jak i funkcjonowanie w sieciach współpracy.

Dynamiczna rzeczywistość sprawia, że szczególne znaczenie odgrywają chęć i zdolność do nieustannego uczenia się, autorefleksji, krytycznej analizy własnych działań, szybkie i bezkonfliktowe reagowanie na nowe zadania i wyzwania. Pracownik sektora kreatywnego musi być elastyczny, zarówno w zakresie uczenia się i zdobywania wiedzy, jak i współdziałania w grupach. Musi nieustannie aktualizować swoje zasoby, eksperymentować z nowymi rozwiązaniami i redefiniować własną rolę zawodową w relacji z technologią. Przedstawione czynniki składają się na kompetencje adaptacyjno-refleksyjne.

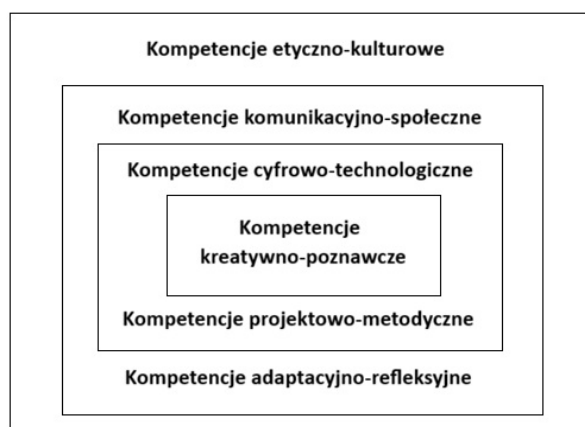
Korzystanie z narzędzi cyfrowych, a zwłaszcza coraz bardziej popularnych narzędzi opartych na sztucznej inteligencji, sprawia, że aktualnym problemem w tym względzie jest wymiar etyczny. Pojawia się pytanie o uczciwość, autorstwo, odpowiedzialność, oryginalność oraz wpływ technologii na kulturę. Pracownik sektora

kreatywnego musi posiadać świadomość konsekwencji swoich działań oraz umiejętność krytycznej oceny efektów pracy twórczej w szerszym kontekście społecznym. Nie może ograniczać się jedynie do krytycznej oceny wymiaru użytkowego czy technicznego tych efektów. Wiąże się to z posiadaniem kompetencji, które określić można jako etyczno-kulturowe.

Przedstawiony podział na kompetencje szczególnie istotne z punktu widzenia pracy w sektorze kreatywnym w warunkach powszechności użytkowania rozwiązań cyfrowych został opracowany ze zrozumieniem konieczności ich systemowego charakteru. Kompetencje kreatywne są wzmacniane przez te o charakterze technologicznym, projektowym i społecznym. Ich rozwój odbywa się właśnie z użyciem narzędzi cyfrowych. Profil kompetencyjny pracownika kreatywnego w erze cyfrowej można zatem opisać jako integrację kreatywności, technologii, refleksyjności i współdziałania opartych na idei etyczności.

W takim ujęciu twórca nie jest jedynie użytkownikiem narzędzi ani autonomicznym artystą. Projektuje procesy, interpretuje dane oraz pośredniczy pomiędzy technologią a kulturą, integrując różnorodne kompetencje w spójny sposób działania.

Struktura powiązań między poszczególnymi kategoriami kompetencji została przedstawiona w modelu zaprezentowanym na rysunku 20.1. Układ graficzny odzwierciedla hierarchię oraz funkcjonalne relacje między wyróżnionymi obszarami, wskazując na centralną rolę kompetencji kreatywno-poznawczych oraz integrujący charakter kompetencji społecznych i adaptacyjnych.



Rysunek 20.1. Model kompetencji pracownika sektora kreatywnego w erze cyfrowej

Źródło: Opracowanie własne

Zaproponowane kategorie kompetencji nie funkcjonują w izolacji, lecz tworzą system wzajemnie powiązanych obszarów. Kompetencje kreatywno-poznawcze stanowią centralny punkt modelu, wokół którego rozwijają się kompetencje cyfrowo-technologiczne oraz projektowo-metodyczne. Kompetencje komunikacyjno-społeczne oraz adaptacyjno-refleksyjne pełnią funkcję integrującą i umożliwiają efektywne funkcjonowanie modelu w środowisku organizacyjnym. Całość osadzona jest

w wymiarze etyczno-kulturowym, który wyznacza ramy odpowiedzialnego wykorzystania technologii.

Analizując model w kontekście praktyki zawodowej współczesnych twórców funkcjonujących w środowisku cyfrowym, można wskazać, w jaki sposób wyróżnione kategorie kompetencji ujawniają się w konkretnych działaniach projektowych. Jako przykład takiej praktyki można przedstawić działalność projektanta biżuterii, którego proces twórczy w coraz większym stopniu osadzony jest w środowisku narzędzi cyfrowych.

Kompetencje kreatywno-poznawcze stanowiące podstawę modelu przejawiają się w zdolności tworzenia oryginalnych form oraz interpretowania trendów kulturowych i estetycznych. Kompetencje cyfrowo-technologiczne dają podstawę wykorzystania oprogramowania do modelowania 3D, symulacji właściwości materiałów czy generowania wariantów projektowych przy wsparciu AI. Kompetencje projektowo-metodyczne pozwalają na cyklicznie powtarzane prototypowanie, testowanie rozwiązań oraz integrację danych rynkowych z procesem twórczym.

Współpraca z klientami, partnerami technologicznymi oraz platformami sprzedażowymi wymaga rozwiniętych kompetencji komunikacyjno-społecznych, natomiast dynamiczne zmiany trendów i technologii produkcji generują konieczność stałej aktualizacji wiedzy. Stanowi to wyraz kompetencji adaptacyjno-refleksyjnych. Całość działań osadzona jest w wymiarze etyczno-kulturowym, obejmującym kwestie autorstwa, wykorzystania wzorów generowanych przez AI czy odpowiedzialności za źródła surowców.

Studium to wskazuje, że zaproponowany model może być użyteczny jako narzędzie analityczne pozwalające opisywać rzeczywiste praktyki zawodowe w sektorze kreatywnym.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę realia funkcjonowania współczesnych przedsiębiorstw, za podstawowy cel niniejszej pracy przyjęto identyfikację, analizę oraz zaproponowanie portfela kompetencji szczególnie istotnych z punktu widzenia branży kreatywnej. Punktem wyjścia było przyjęcie kluczowej roli cyfrowego środowiska pracy. Przedstawienie szczególnego znaczenia tego środowiska było istotne względem pokazania transformacji w obszarze oczekiwanych kompetencji przed i w związku z erą cyfrową. Zwrócono także uwagę na wynikającą z tego konieczność zmian w procesie kształcenia przyszłych kadr dla analizowanej branży. Przeprowadzona analiza literatury pozwoliła wskazać, że rozwój technologii informacyjno-komunikacyjnych, w tym rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji, nie tylko wspiera procesy twórcze, lecz także zasadniczo przekształca sposób ich realizacji, uczenia się oraz organizowania pracy.

Na podstawie przeprowadzonej analizy potwierdzono postawioną i przedstawioną w początkowej części hipotezę. Stwierdzono, że rzeczywiste cyfryzacja pracy twórczej prowadzi do transformacji tradycyjnego profilu kompetencyjnego pracowników

sektora kreatywnego, co dzieje się wskutek integracji kreatywności z kompetencjami cyfrowymi, poznawczymi i adaptacyjnymi. Czasy, w których tradycyjnie rozpatrywany twórca był jednostką pracującą często indywidualnie, przez długi czas kształcąca uczniów, wykorzystującą warsztat kształtowany przez lata w związku z nauką, obserwacją i doświadczeniem, przechodzą do historii. Współczesny pracownik tej branży pracuje coraz częściej jako projektant procesów, interpretator danych oraz użytkownik i niejako partner technologii, zdolny do refleksyjnego i krytycznego współdziałania z narzędziami cyfrowymi. Oznacza to przesunięcie akcentu z posiadania pojedynczych umiejętności o charakterze w większości zawodowym na kształtowanie spójnego systemu kompetencji obejmującego zarówno wymiar twórczy, jak i technologiczny, komunikacyjny oraz etyczny.

Przeprowadzone rozważania pozwalają jednoznacznie stwierdzić, że kompetencje pracowników sektora kreatywnego nie mają już charakteru wyłącznie zawodowego. Coraz częściej przyjmują postać relacyjnego systemu funkcjonującego na styku człowieka, technologii i kultury. O efektywności pracy twórczej decyduje nie tylko zakres wiedzy i umiejętności artysty lub projektanta, lecz także sposób, w jaki potrafi on rozpoznawać i rozumieć potrzeby obecnych i potencjalnych odbiorców, wchodzić w interakcje z narzędziami cyfrowymi, interpretować generowane przez nie treści oraz osadzać je w kontekście społecznym i estetycznym. W tym sensie kompetencje przestają być statycznym atrybutem, a stają się procesem ciągłego uczenia się, adaptacji oraz negocjowania znaczeń w środowisku cyfrowym.

Przedstawiona w pracy klasyfikacja i profil kompetencyjny mają charakter ramowy. Stanowią propozycję, której celem było uporządkowanie sposobu myślenia o pracy twórczej w warunkach bardzo aktywnego stosowania rozwiązań z zakresu technologii cyfrowej. Zdaniem autorów mogą, ale i powinny one znaleźć zastosowanie zarówno w procesie projektowania programów kształcenia, jak i w praktykach zarządzania zasobami ludzkimi w organizacjach sektora kreatywnego. Podkreślić także należy, że stanowią punkt wyjścia do dalszych, pogłębionych analiz nad relacją pomiędzy kompetencjami twórców, a sposobami organizowania pracy i zarządzania w warunkach transformacji cyfrowej.

Przedstawiona typologia może stanowić podstawę do operacjonalizacji kompetencji w procesie kształcenia oraz w zarządzaniu zasobami ludzkimi. W obszarze edukacji wskazuje to na potrzebę projektowania programów kształcenia integrujących rozwój kreatywności z kompetencjami cyfrowymi i projektowymi. W praktyce HR model może być wykorzystywany przy konstruowaniu profili stanowiskowych, systemów ocen okresowych oraz programów rozwojowych dla pracowników sektora kreatywnego.

Operacjonalizacja kompetencji może obejmować m.in. tworzenie kryteriów funkcjonalnych dla każdej z kategorii (np. zdolność formułowania zapytań do systemów AI, umiejętność iteracyjnego prototypowania, zdolność krytycznej analizy efektów generowanych przez narzędzia cyfrowe). W tym ujęciu model przestaje być wyłącznie modelem koncepcyjnym, a staje się narzędziem wspierającym rozwój organizacyjny.

Przedstawione rozważania mają charakter teoretyczno-koncepcyjny i opierają się przede wszystkim na analizie dostępnej literatury. Związany jest z tym brak możliwości bezpośredniej weryfikacji empirycznej zaproponowanego profilu kompetencyjnego. Choć zaznaczyć należy, że przy jego opracowaniu brano pod uwagę obserwacje autorów, w tym te szczególnie istotne autora pracującego na co dzień w branży kreatywnej. Dodatkowym ograniczeniem jest wewnętrzna różnorodność analizowanego sektora, obejmującego odmienne obszary działalności, takie jak: rzemiosło artystyczne, design, media, sztuki wizualne, reklama czy produkcja cyfrowa, w których identyfikowane kompetencje mogą ujawniać się w zróżnicowany sposób.

Dalsze badania powinny koncentrować się m.in. na empirycznej identyfikacji i operacjonalizacji kompetencji w poszczególnych segmentach sektora kreatywnego, analizie sposobów ich kształtowania w środowisku organizacyjnym oraz na badaniu powiązań pomiędzy profilem kompetencyjnym twórców a modelami zarządzania w warunkach transformacji cyfrowej.

Należy również dodać, że badania prowadzone obecnie przez autorów koncentrują się na empirycznej analizie wpływu narzędzi cyfrowych na organizację pracy oraz zarządzanie w sektorze kreatywnym. Ich celem jest zbadanie, w jaki sposób transformacja technologiczna modyfikuje relacje zawodowe, zakres kompetencji oraz praktyki zarządzania w przedsiębiorstwach tej branży. Wyniki tych badań pozwolą na weryfikację i rozwinięcie zaproponowanego modelu kompetencyjnego w wymiarze organizacyjnym.

Literatura

1. Adamik, A., & Nowicki, M. (2017). Dynamizowanie działalności przedsiębiorstw poprzez współpracę na płaszczyźnie wirtualnej. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu Wydziału Zamiejscowego w Chorzowie*, 19, 85-99.
2. Arendt, Ł. (2015). Zmiana technologiczna faworyzująca wysokie kwalifikacje czy polaryzacja polskiego rynku pracy – zarys problemu. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 401, 13-25.
3. Błaszczyk, M. (2021). Strategie przedsiębiorstw i procesy ich tworzenia w gospodarce cyfrowej i postcyfrowej. W M. Johann (red.), *Gospodarka cyfrowa i postcyfrowa a przedsiębiorstwo*. Szkoła Główna Handlowa w Warszawie.
4. Caramiaux, B., Crawford, K., Liao, Q., Ramos, G., & Williams, J. (2025). *Generative AI and Creative Work: Narratives, Values, and Impacts*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.03940>
5. Caroline, A., Coun, M. J. H., Gunawan, A., & Stoffers, J. (2025). A systematic literature review on digital literacy, employability, and innovative work behavior: Emphasizing the contextual approaches in HRM research. *Frontiers in Psychology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1448555>
6. Chaturvedi, I., Cambria, E., & Welsch, R. E. (2023). Teaching Simulations Supported by Artificial Intelligence in the Real World. *Education Sciences*, 13(2), 187. <https://doi.org/10.3390/educsci13020187>
7. Centrum Kreatywności Targowa. (2025). *Czym jest sektor branży kreatywnej?*. <https://cktargowa.pl/czym-jest-sektor-branzy-kreatywnej/>

8. Chodzyński, A. (2021). *Dynamika przedsiębiorczości i zarządzania innowacjami w firmach. Odpowiedzialność – prospołeczność – ekologia – bezpieczeństwo*. Oficyna Wydawnicza KAAFM.
9. Cosgrove, J., & Cachia, R. (2025). *DigComp 3.0 information leaflet – European Digital Competence Framework – fifth edition*. Publications Office of the European Union. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC144679/JRC144679_01.pdf.
10. Dziurski, P. (2015). Przemysły kreatywne jako obszar badawczy w zarządzaniu. Analiza bibliometryczna. W K. Poznańska & K. M. Kraj (red.), *Marketing. Zarządzanie*. Szkoła Główna Handlowa w Warszawie.
11. Forma, P., & Winiarczyk, A. (2025). Kompetencje cyfrowe jako metakompetencje w procesie całościowej edukacji. *Edukacja Dorosłych*, 1(90). <https://doi.org/10.12775/ED.2024.004>
12. Furmanek, W. (2017). Technika czynnikiem sprawczym przemian cywilizacyjnych. *Edukacja – Technika – Informatyka*, 2(20). <https://doi.org/10.15584/eti.2017.2.8>
13. Gov.pl. (2019). *Opis uniwersalnych kompetencji menedżerskich*. https://www.parp.gov.pl/storage/grants/documents/49/Opis_uniwersalnych_kompetencji_menaderskich_20190301.pdf
14. Gurmińska, K. (2017). Uwarunkowania osobowościowe kreatywności. Kreatywność – cecha pozytywna czy negatywna?. *Nowoczesne Systemy Zarządzania*, 12(4), 105-117.
15. Karaś, J. (2025). *Transformacja cyfrowa w teorii i praktyce*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
16. Karczewska, A. (2021). Efektywna komunikacja w zarządzaniu pracownikami. W A. Bazan-Bulanda, A. Kwiatek & M. Skiba (red.), *Psychospołeczne aspekty zarządzania zasobami ludzkimi*. Politechnika Częstochowska.
17. Klimas, P. (2015). Pracownicy kreatywni – istota i znaczenie dla rozwoju współczesnych organizacji. *Marketing i Rynek*, 5, 1137-1154.
18. Malik, R. (2015). Ewolucja rynków pracy pod wpływem przemian technologicznych – aktualne wnioski dla Polski. W M. Krawczyk (red.), *Polska po 2015 roku: gospodarka, społeczeństwo*. Szkoła Główna Handlowa w Warszawie.
19. Matejek, J., Tajak-Bobek, A. (2025). Rozwój kompetencji społecznych jako kluczowe wyzwanie we współczesnym zarządzaniu rozwojem zawodowym i osobistym. *Journal of Modern Science*, 3(63). <https://doi.org/10.13166/jms/209346>
20. Matwiejczuk, R. (2016). Koncepcja dynamicznych zdolności jako podstawa rozwoju kompetencji przedsiębiorstwa. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie*, 93.
21. Namyślak, B. (2014). Sektor kreatywny w gospodarce. *Gospodarka Narodowa*, 2(270), 153-176.
22. Olko, S. (2014). Badanie kompetencji w sieciach i klastrach w przemysłach kreatywnych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie*, 76.
23. Parys, T. (2024). Technologie ICT i ich wpływ na życie człowieka i społeczeństwa – wybrane problemy. *Studia i Materiały*, 1(40), 101-121.
24. Powichrowska, B. (2019). Zapotrzebowanie na kompetencje w sektorach kreatywnych. W J. Fazłagić (red.), *Kreatywność w systemie edukacji*. Wydawnictwo FRSE.
25. Przewoźnik, I. (2019). Człowiek w świecie kompetencji. *Acta Scientifica Academiae Ostroviensis. Sectio A, Nauki Humanistyczne, Społeczne i Techniczne*, 13-14(1-2), 19-44.
26. Rembiasz, M., Borowiec, A., & Czajkowski, P. (2021). Wpływ kompetencji menedżerów na przewagę konkurencyjną przedsiębiorstwa jako przejaw intraprzsiębiorczości – wyniki badania delfickiego. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie*, 83. <https://doi.org/10.21008/j.0239-9415.2021.083.10>
27. Snopek, S. (2024). Wpływ sztucznej inteligencji na rynek pracy. *Studia Ekonomiczne, Prawne i Administracyjne*, 2. <https://doi.org/10.24136/sepia.2024.008>

28. Symela, K., & Stępnikowski, A. (2021). Wyzwania kompetencyjne w rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce. *Polityka Społeczna*, 7, 21-28. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.3356>
29. Varkoly, L., Jędrzejczyk, W., Kucęba, R., & Kulej-Dudek, E. (2019). Kształtowanie kompetencji kluczowych w społeczeństwie wiedzy. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie*, 79.
30. Walczak-Duraj, D. (2019). Praca a nowe technologie. W kierunku transgresji etycznej i pracy nieodpłatnej w gospodarce cyfrowej. *Przegląd Socjologiczny*, 68(3), 71-94.
31. Wielki Słownik Języka Polskiego. (b.r.a). Hasło „Kompetencja”. <https://wsjp.pl/haslo/podglad/6956/kompetencja/4324342/zawodowa> (dostęp: 21.11.2025).
32. Wielki Słownik Języka Polskiego. (b.r.b). Hasło „Kreatywność”. <https://wsjp.pl/haslo/podglad/3905/kreatywnosc/5206637/wynalazku> (dostęp: 20.11.2025).
33. Winterton, J. (2009). Competence across Europe: Highest common factor or lowest common denominator?. *Journal of European Industrial Training*, 33(8/9). <https://doi.org/10.1108/03090590910993571>

ROZDZIAŁ 21

WPŁYW ROZWOJU ITC ORAZ AKCEPTACJI ROZWIĄZAŃ AI NA KAPITAŁ INTELEKTUALNY ORAZ EFEKTYWNOŚĆ FUNKCJONOWANIA POLSKICH SZPITALI

Andrzej Chluski, Leszek Ziara

Politechnika Częstochowska
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

Współczesne szpitale funkcjonują w warunkach dynamicznego rozwoju technologii cyfrowych, w których coraz większą rolę odgrywają narzędzia oparte na sztucznej inteligencji wspierające procesy zarządcze, administracyjne i kliniczne. Poziom akceptacji wykorzystania tych rozwiązań, obok stopnia rozwoju technologii informacyjnych i komunikacyjnych oraz kapitału intelektualnego, może stanowić istotny czynnik wpływający na efektywność funkcjonowania podmiotów leczniczych.

Celem niniejszego opracowania jest zaproponowanie oraz wstępna weryfikacja modelu badawczego określającego zależności pomiędzy poziomem akceptacji wykorzystania narzędzi sztucznej inteligencji w zarządzaniu szpitalem, poziomem rozwoju technologii informacyjnych i komunikacyjnych, poziomem rozwoju kapitału intelektualnego a efektywnością funkcjonowania szpitali w Polsce. Model badawczy został opracowany z wykorzystaniem metody modelowania równań strukturalnych (*Structural Equation Modeling*, SEM) i obejmuje zestaw konstruktów teoretycznych oraz odpowiadających im modeli pomiarowych opartych na badaniu ankietowym przeprowadzonym wśród kadry kierowniczej i personelu wybranych polskich szpitali.

Badania mają charakter pilotażowy i zostały przeprowadzone z wykorzystaniem metody *partial least squares structural equation modelling* (PLS-SEM). Ich celem była ocena poprawności zaproponowanego modelu przy ograniczonej próbie badawczej oraz identyfikacja zaleceń metodologicznych dotyczących realizacji właściwego badania o odpowiedniej jakości merytorycznej i statystycznej. Uzyskane wyniki wskazują na potencjalnie istotne i pozytywne relacje pomiędzy analizowanymi konstruktami, potwierdzając zasadność dalszych, pogłębionych badań w tym obszarze. Wnioski z badania mogą stanowić wsparcie dla kadry zarządzającej szpitalami na poziomie strategicznego planowania rozwoju technologicznego i organizacyjnego.

Technologie informacyjne, sztuczna inteligencja i kapitał intelektualny w ochronie zdrowia – przegląd wybranych badań

Rozwiązania sztucznej inteligencji (AI) znajdują zastosowanie zarówno w medycynie, jak i w procesie zarządzania szpitalem, w tym we wsparciu procesu podejmowania decyzji. Rozpatrując zagadnienie ewolucji systemów informacyjno-komunikacyjnych (ICT) oraz AI w medycynie, można wysnuć wnioski, iż przebiegała ona stopniowo od implementacji systemów HIS (*Hospital Information Systems*), integrujących procesy medyczne, administracyjne i finansowe (wspierając zarządzanie pacjentem z funkcjonalnością obejmującą dokumentację zabiegów, historię choroby, elektroniczną rejestrację i przyjęcia na oddział, integrację z systemami laboratoryjnymi i diagnostyki obrazowej, poprzez zarządzanie kadrą, rozliczenia z NFZ, wydawanie leków), aż po zaawansowane algorytmy wspierające decyzje finansowe i operacyjne znacząco poprawiające efektywność decyzji w rachunkowości finansowej i zarządczej, obniżając koszty funkcjonowania szpitali (por. Jena, 2024).

Stosując rozwiązania AI oparte na głębokim uczeniu maszynowym (sieci konwolucyjne, rekurencyjne), wspomaga się lekarzy w rozpoznawaniu chorób na podstawie obrazów medycznych (analiza zdjęć RTG, TK, MRI) (por. Ibrahim & Abdulazeez, 2021), tym samym przyspieszając proces diagnostyczny. Według „badania stopnia informatyzacji podmiotów wykonujących działalność leczniczą” przeprowadzonym przez Centrum e-Zdrowia we współpracy z Ministerstwem Zdrowia w 2024 roku najczęściej rozwiązania AI stosowane są w szpitalach (w roku 2024 było to 13,2% podmiotów), a najczęstsze zastosowania AI w polskiej medycynie obejmowały diagnostykę obrazową, obsługę pacjentów (chatboty, wirtualni asystenci) oraz wspomaganie decyzji klinicznych (analiza danych pacjentów, wspieranie lekarzy w diagnozowaniu i wyborze terapii) (Janik, 2025). Markowski i in. (2025) wskazują, iż „zamówienia publiczne związane ze sztuczną inteligencją w polskim systemie opieki zdrowotnej są zarówno rzadkie, jak i silnie ukierunkowane na zastosowania kliniczne, zwłaszcza diagnostykę obrazową”. Zastosowania kliniczne AI obejmują także „systemy bezpośrednio wspierające leczenie, monitorowanie lub podejmowanie decyzji klinicznych. AI wspiera również usługi pozakliniczne, jak interakcja z pacjentem oraz procesy administracyjne, działania badawcze, analitykę, przygotowanie danych i zarządzanie danymi związanymi z badaniami”.

Poziom rozwoju kapitału intelektualnego (RIC) w opiece zdrowotnej odnosi się do stopnia, w jakim organizacje opieki zdrowotnej są w stanie wykorzystać swoje relacje z pracownikami, pacjentami i innymi interesariuszami w celu tworzenia i dzielenia się wiedzą oraz poprawy wyników opieki zdrowotnej (de Leaniz & del Bosque, 2013). Rozwój RIC w opiece zdrowotnej ma kluczowe znaczenie dla poprawy wyników opieki zdrowotnej i zadowolenia pacjentów. Habersam i Piber (2003) zbadali związek między RIC a satysfakcją pacjentów w europejskich szpitalach, wykazując pozytywny wpływ RIC na zadowolenie pacjentów. Inne badania dotyczyły wpływu RIC na innowacje w opiece zdrowotnej. Chang i in. (2014) zbadali wpływ RIC

na innowacje w tajwańskiej opiece zdrowotnej. Badanie wykazało, że RIC jest pozytywnie powiązany z wdrażaniem innowacji w tym sektorze.

Duże znaczenie dla efektywnego budowania RIC ma postrzegana przez pacjenta jakość i skuteczność procedur leczniczych (Lardo i in., 2017). Ponadto Lenart (2015) wykazała, że utrzymanie dobrych relacji z klientem i partnerem jest warunkiem koniecznym dobrego ładu organizacyjnego.

Rozwój RIC w opiece zdrowotnej może również prowadzić do poprawy wydajności organizacji. Wyniki badań Wu i Hu (2012) potwierdziły duży wpływ RIC na wydajność organizacyjną szpitala. Badanie wykazało, że RIC pozytywnie wpłynęło na wydajność organizacji, ponieważ ułatwiło komunikację i współpracę między pracownikami służby zdrowia, prowadząc do poprawy wydajności i skuteczności świadczenia opieki zdrowotnej.

Problemy pozyskiwania wiedzy personelu medycznego badali Wielki i in. (2020). Na podstawie wyników badań potwierdzili oni, że odpowiednio dopasowana technologia informacyjna ma pozytywny wpływ na efektywność organizacji.

Współczesne ITC wspierają systemy informacyjne szpitala, które są zwykle związane z kilkoma podstawowymi obszarami działalności, takimi jak pobyt pacjenta oraz dane medyczne związane z tym pobytem, udzielanie świadczeń zdrowotnych, administracja i inne czynności pomocnicze.

Stopień rozwoju technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT) w opiece zdrowotnej dotyczy poziomu zaawansowania wykorzystywanych narzędzi i systemów opartych na technologii w branży opieki zdrowotnej. Stopień rozwoju technologii informacyjno-komunikacyjnych w opiece zdrowotnej można ocenić na podstawie różnych czynników, w tym dostępności elektronicznej dokumentacji medycznej (EHR), możliwości telemedycznych analiz zdrowotnych i mobilnych aplikacji zdrowotnych (m-zdrowie) (Carvalho i in., 2016).

Świadczenia zdrowotne finansowane są głównie ze środków publicznych (np. dużych firm ubezpieczeniowych czy budżetów państwowych). W większości krajów podmioty lecznicze działają więc na regulowanym i ograniczonym rynku. Z tego powodu kluczowe jest korzystanie z rozwiązań teleinformatycznych – wykorzystywanych i sprawdzonych w innych obszarach gospodarki. Pozwala to uniknąć błędów i pomaga dostosować teleinformatykę do specyfiki ochrony zdrowia (Feldman i in., 2018).

Efektywność i skuteczność funkcjonowania ochrony zdrowia leży w kręgu zainteresowań naukowców, menadżerów, polityków i innych organizacji społecznych. Przepisy prawne, działania polityków i naukowców oraz praktyczne działania menadżerów w tym obszarze są zróżnicowane w zależności od stopnia rozwoju gospodarczego poszczególnych krajów i rodzaju systemu finansowania opieki zdrowotnej. W ocenie efektywności działania szpitala należy uwzględnić specyfikę danego kraju (Cantor & Poh, 2018; Kozuń-Cieślak, 2020).

Efektywność funkcjonowania szpitali publicznych jest złożonym problemem. Nawet w przypadku jednostek komercyjnych generowanie zysku nie jest podstawowym celem ich działalności. Szpitale realizują szereg celów społecznych poza

świadczeniem usług medycznych, np. ratowanie życia pacjentów, profilaktyka i poprawa zdrowia publicznego, edukacja dotycząca zdrowego stylu życia itp. (Pirozzi & Ferulano, 2016).

Pozytywny wpływ wsparcia informatycznego na budowanie kapitału ludzkiego i wyniki polskich szpitali przedstawił Chluski (2018). Niniejsza praca może stanowić uzupełnienie powyższych badań.

Habersam i Piber (2003) uważają, że szpitale, które są w większości organizacjami publicznymi, muszą być konkurencyjne przy zachowaniu efektywności, odpowiedzialności, przejrzystości i jakości usług.

Hipotezy i model badawczy

W metodologii SEM podstawowym modelem badawczym jest tzw. model strukturalny. Tworzą go konstrukty teoretyczne oraz istniejące między nimi relacje. Konstruktorom odpowiadają zmienne ukryte, zwane zmiennymi latentnymi. Do pomiaru tych zmiennych służą tzw. wskaźniki, które wraz z odpowiadającymi im zmiennymi latentnymi tworzą modele pomiarowe. Wskaźniki są zmiennymi mierzonymi w skalach ilościowych, najczęściej za pomocą interwałowej skali Likerta.

Model SEM-PLS oparty na analizie ścieżkowej umożliwia weryfikację hipotez przedstawionych w niniejszej pracy. Możliwe jest określenie podstawowych zależności między zmiennymi latentnymi w postaci liczbowej, ich istotności statystycznej oraz kierunku wpływu.

Metodologia SEM-PLS jest coraz częściej wykorzystywana w naukach społecznych do realizacji badań o charakterze nieeksperymentalnym. Badania mają charakter obserwacyjny – wykorzystywane są opinie respondentów dotyczące pojęć, zjawisk i zachodzących między nimi relacji. Dotyczy to szczególnie zjawisk, których nie można szacować i mierzyć w sposób bezpośredni (np. za pomocą bezpośrednich pytań ankietowych).

Model badawczy SEM składa się z dwóch rodzajów podmodeli. Pierwszy to model strukturalny. Tworzą go zmienne i relacje, które nie mogą być mierzone bezpośrednio – tzw. zmienne latentne, odpowiadające określonym wcześniej konstruktom teoretycznym. W modelu strukturalnym bada się zależności występujące między poszczególnymi zmiennymi latentnymi. Relacjom tym odpowiadają tzw. połączenia ścieżkowe. Są one wstępnie ustalane na podstawie wcześniejszych badań i teorii oraz na podstawie oczekiwań badaczy – twórców modelu. Model ten nazywany jest także modelem wewnętrznym (*inner model*).

Druga część modelu badawczego SEM-PLS składa się z podmodeli pomiarowych tworzonych dla wszystkich zmiennych latentnych modelu strukturalnego. Pomiar zmiennej latentnej jest realizowany za pomocą tzw. wskaźników (*indicators*). Mają one najczęściej charakter odpowiednio dobranych pytań ankietowych tworzących często ilościowe skale pomiarowe, np. przedziałowe skale Likerta. Model ten nazywany jest modelem zewnętrznym (*outer model*).

Zaproponowane poniżej konstrukty teoretyczne wraz z łączącymi je relacjami tworzą proponowany model badawczy.

Konstrukt: Poziom akceptacji wykorzystania narzędzi AI w zarządzaniu szpitalem dotyczy stopnia, w jakim kierownictwo oraz personel szpitala akceptują, rozumieją i są skłonni do wykorzystywania rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji w procesach decyzyjnych, administracyjnych i klinicznych. Obejmuje on postrzeganą użyteczność i łatwość stosowania narzędzi AI, poziom zaufania do generowanych przez nie rekomendacji oraz ocenę ich wpływu na jakość zarządzania, bezpieczeństwo pacjentów i efektywność organizacyjną. Konstrukt ten uwzględnia również gotowość do wdrażania innowacyjnych rozwiązań technologicznych, postrzegane bariery etyczne, prawne i organizacyjne oraz stopień wsparcia instytucjonalnego dla integracji narzędzi AI w codziennym funkcjonowaniu szpitala.

Konstrukt: Efektywność funkcjonowania szpitala jest identyfikowana w trzech wymiarach. Pierwszy dotyczy finansowych wskaźników efektywności funkcjonowania szpitala, takich jak zysk, płynność finansowa, regulowanie zobowiązań finansowych, podatkowych. Drugi dotyczy postrzegania rozwoju szpitala przez kierownictwo oraz jego pacjentów. Trzeci dotyczy poglądów personelu na rozwój ekonomiczny szpitala.

Konstrukt: Stopień rozwoju technologii informacyjnych i komunikacyjnych jest identyfikowany na podstawie opinii kierownictwa dotyczącego stopnia wykorzystania i użyteczności profesjonalnych i specjalistycznych systemów komputerowych zarówno w części administracyjnej, jak i „białej” szpitala.

Konstrukt: Poziom rozwoju kapitału intelektualnego dotyczy stopnia rozwoju aktywów niematerialnych, które wpływają na relacje między szpitalem a pacjentami i pozostałymi interesariuszami. Najważniejsze tego typu zasoby to reputacja szpitala, dobre doświadczenia i lojalność pacjentów, reputacja poszczególnych pracowników, warunki i postrzegana jakość leczenia, specjalizacja i zakres działalności leczniczej szpitala.

Do określenia ostatecznych hipotez badawczych wykorzystano również opinie wybranych ekspertów z zakresu zarządzania opieką zdrowotną, w tym przedstawicieli kadry kierowniczej podmiotów leczniczych oraz specjalistów w obszarze ekonomiki zdrowia i systemów informatycznych. Konsultacje miały charakter jakościowy i obejmowały wywiady eksperckie oraz analizę raportów i dokumentów branżowych. Pozwoliło to na weryfikację założeń teoretycznych modelu oraz doprecyzowanie relacji pomiędzy konstrukcjami modelu strukturalnego.

Hipotezy badawcze odnoszą się do relacji między omówionymi konstrukcjami teoretycznymi i są następujące:

H1: Poziom akceptacji wykorzystania narzędzi sztucznej inteligencji pozytywnie wpływa na efektywność funkcjonowania szpitala.

H2: Poziom akceptacji wykorzystania narzędzi sztucznej inteligencji pozytywnie wpływa na poziom rozwoju kapitału intelektualnego.

H3: Poziom rozwoju kapitału intelektualnego pozytywnie wpływa na efektywność funkcjonowania szpitala.

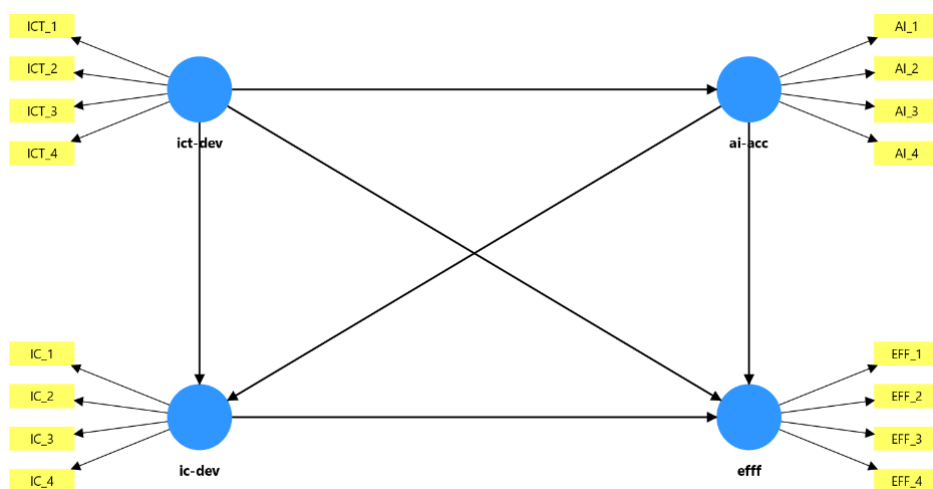
H4: Stopień rozwoju technologii informacyjnych i komunikacyjnych pozytywnie wpływa na efektywność funkcjonowania szpitala.

H5: Stopień rozwoju technologii informacyjnych i komunikacyjnych pozytywnie wpływa na poziom akceptacji wykorzystania narzędzi sztucznej inteligencji.

H6: Poziom rozwoju technologii informacyjnych i komunikacyjnych pozytywnie wpływa na poziom rozwoju kapitału intelektualnego.

H7 i H8: Pośrednio stopień rozwoju technologii informacyjnych i komunikacyjnych pozytywnie wpływa na efektywność funkcjonowania szpitala poprzez poziom akceptacji wykorzystania sztucznej inteligencji i odpowiednio poprzez poziom rozwoju kapitału intelektualnego.

Zależności opisywane przez wymienione hipotezy przedstawione są na rysunku 21.1.



Rysunek 21.1. Proponowany model bazowy relacji łączących zmienne modelu strukturalnego wraz ze wskaźnikami pomiarowymi odpowiadającymi zmiennym latentnym

Źródło: Opracowanie własne

Na rysunku 21.1 przedstawiono bazowy model badawczy, który obejmuje model strukturalny (reprezentowany przez zmienne ukryte umieszczone w niebieskich okręgach) oraz cztery modele pomiarowe (modele zewnętrzne – pomiarowe) dla każdej zmiennej latentnej. Strzałki na diagramie odpowiadają zależnościom między zmiennymi ukrytymi w modelu strukturalnym, natomiast strzałki w modelach pomiarowych przedstawiają zależności między zmiennymi ukrytymi a odpowiadającymi im wskaźnikami. Oddziaływania, czyli zwrot tych strzałek, został ustalony na podstawie wcześniejszych badań i rozważań teoretycznych. Formalny model matematyczny SEM nie określa kierunku oddziaływań między zmiennymi latentnymi modelu strukturalnego. O zależnościach przyczynowo-skutkowych między zmiennymi modelu strukturalnego możemy mówić tylko przy wsparciu innych teoretycznych rozważań dotyczących tego typu relacji oraz podobnych badań obserwacyjnych.

Tabela 21.1. Teoretyczne konstrukty, zmienne latentne modelu strukturalnego oraz wskaźniki modelu pomiarowego

Teoretyczny konstrukt	Zmienna latentna	Wskaźnik modelu pomiarowego
Stopień rozwoju technologii informacyjnych	itc-dev	ICT_1
		ICT_2
		ICT_3
		ICT_4
Poziom akceptacji narzędzi sztucznej inteligencji	ai-acc	AI_1
		AI_2
		AI_3
		AI_4
Poziom rozwoju kapitału intelektualnego	ic-dev	IC_1
		IC_2
		IC_3
		IC_4
Efektywność funkcjonowania szpitala	efff	EFF_1
		EFF_2
		EFF_3
		EFF_4

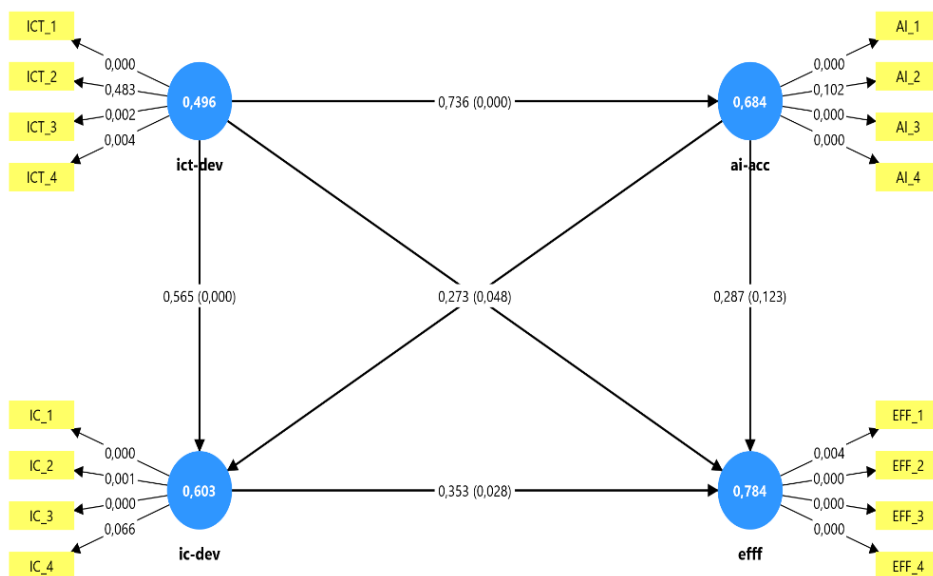
Źródło: Opracowanie własne

W tabeli 21.1 przedstawiono konstrukty teoretyczne, zmienne latentne modelu strukturalnego oraz wskaźniki modelu pomiarowego. Przykładowo wskaźniki EFF1 i EFF2 dotyczyły liczbowych wskaźników finansowych (np. zadłużenie, stabilność źródeł finansowania), a wskaźniki EFF3 i EFF4 dotyczyły efektywności organizacyjnej: np. dostępności usług, czasu oczekiwania itp. Ze względu na złożony charakter konstrukt „Efektywność funkcjonowania szpitala”, w przyszłych badaniach można rozważyć rozbudowę jego modelu pomiarowego o kilka dodatkowych wskaźników. Podobnie w przypadku konstrukt *ai-acc* – można rozbudować przyszły model pomiarowy, wykorzystując często stosowane modele akceptacji technologii (TAM/UTAUT) (Asyraaf Roslan i in., 2024).

Próba badawcza i metodologia badań

Modelowanie równań strukturalnych (SEM) stanowi metodę analityczną służącą do badania hipotetycznych zależności pomiędzy zmiennymi obserwowalnymi oraz latentnymi. Metoda ta znajduje zastosowanie w nieeksperymentalnych badaniach korelacyjnych opartych na biernej obserwacji. W niniejszym badaniu wykorzystano wariant oparty na metodzie częściowych najmniejszych kwadratów (PLS-SEM).

Jak wskazują Goodhue i in. (2012), analogicznie do innych technik estymacyjnych stosowanie PLS-SEM w przypadku niewielkich liczebności próby wiąże się z obniżeniem mocy statystycznej testów dotyczących tych modeli. Jednocześnie metoda ta charakteryzuje się relatywnie wysoką odpornością na umiarkowane odchylenia danych od rozkładu normalnego. W celu oceny istotności statystycznej parametrów modelu oraz oszacowania błędów standardowych zastosowano procedurę bootstrappingu. Wyniki analiz zaprezentowane w poniższych tabelach uzyskano przy użyciu oprogramowania SmartPLS (Ringle i in., 2024). Zgodnie z rekomendacjami Goodhue i in. (2012) wykorzystano metodę percentylowego przedziału ufności w procedurze bootstrappingu. Do pomiaru zmiennych latentnych modelu strukturalnego opracowano narzędzie badawcze w postaci kwestionariusza ankietowego obejmującego 16 pytań, na które respondenci udzielali odpowiedzi w siedmiostopniowej skali Likerta. Spośród 50 rozesłanych kwestionariuszy uzyskano 28 kompletnych i poprawnie wypełnionych ankiet. Na rysunku 21.2 przedstawiono wyniki obliczeń pierwszego etapu konfiguracji modelu badawczego.



Rysunek 21.2. Wartości parametrów pilotażowego modelu badawczego dla próby o liczebności 28, wersja V1

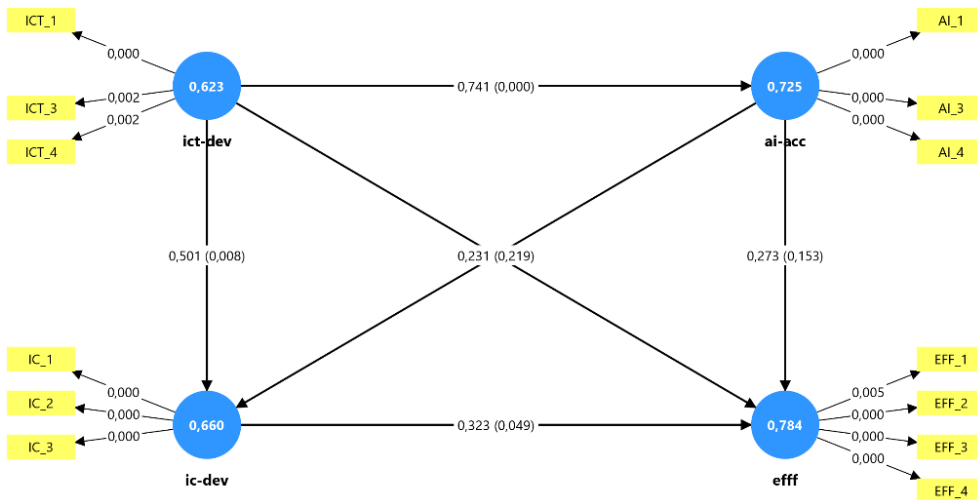
Źródło: Opracowanie własne

Przy wskaźnikach pomiarowych w postaci żółtych prostokątów podano odpowiadające im wartości p-value stanowiące miarę ich istotności statystycznej. Dla modelu strukturalnego przedstawiono wartości współczynników ścieżkowych, a w nawiasach umieszczono odpowiadające im wartości p-value określające poziom ich istotności statystycznej. Wewnątrz niebieskich okręgów zaprezentowano wartości współczynników alfa Cronbacha, które stanowią miarę rzetelności rozumianej jako spójność wewnętrzna skal kwestionariusza tworzących poszczególne modele pomiarowe.

W przypadku badań społecznych przyjmuje się, że prawidłowe wartości współczynnika alfa Cronbacha powinny być większe od 0,7-0,8. W przypadku badań pilotażowych można dopuścić wartości większe od 0,6.

Model pomiarowy zmiennej *ict-dev* jest źle dobrany. Alfa Cronbacha wynosi 0,483, a *p*-value dla zmiennej *ICT_2* jest znacznie większa od 0,05, czyli nie jest ona istotna statystycznie. Podobnie jest w przypadku zmiennej wskaźnikowej *IC_4* oraz *AC_2*. W takiej sytuacji należałoby ponownie opracować odpowiednie pytania kwestionariusza. Inną (bardziej „drastyczną”) metodą jest usunięcie tych wskaźników z modelu. Pozostałe trzy wskaźniki powinny być wystarczające do prawidłowego pomiaru zmiennych strukturalnych modelu.

Dalsza analiza poprawności modelu V1 nie ma sensu bez poprawienia odpowiednich modeli pomiarowych. Po usunięciu wskaźników niespełniających warunków rzetelności i ponownych obliczeniach metodą bootstrappingu otrzymano wyniki przedstawione na rysunku 21.3.



Rysunek 21.3. Wyniki obliczeń po usunięciu nieprawidłowych wskaźników modelu pomiarowego – model badawczy V2

Źródło: Opracowanie własne

Wszystkie wartości *p*-value dla wskaźników modelu pomiarowego są mniejsze od przyjętego poziomu istotności $\alpha = 0,05$. Wartości współczynnika alfa Cronbacha stanowiącego miarę rzetelności skali pomiarowej mieszczą się w przedziale od 0,623 do 0,784, przekraczając próg 0,60 uznawany za akceptowalny w badaniach pilotażowych.

Trzy współczynniki ścieżkowe nie są istotne statystycznie, co zostało przedstawione w tabeli 21.2.

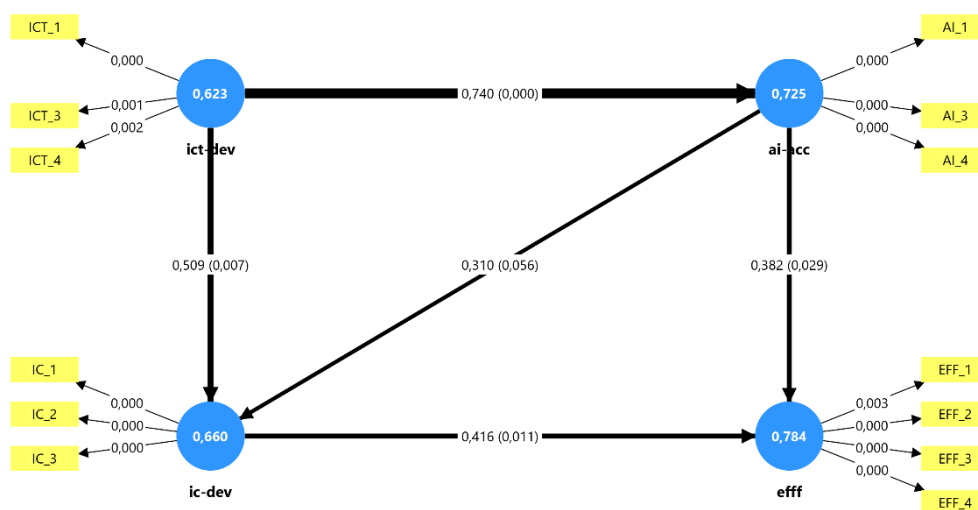
Współczynniki ścieżkowe między *ai-acc* → *eff* oraz *ai-ac* → *eff* przyjmują stosunkowo małe wartości i nie są istotne statystycznie. Podobnie jest w przypadku zależności *ict-dev* a *eff*, dla której współczynnik ścieżkowy jest najmniejszy, dlatego ścieżka ta została usunięta z modelu.

Tabela 21.2. Współczynniki ścieżek dla modelu, wersja V2

Współczynniki ścieżek - Średnia, STDEV, wartość T, wartość p							
	Oryginalna próba (O)	Średnia z próby (M)	Odchylenie standardowe (STDEV)	T statystyki (O /STDEV)	Wartości p		
ai-acc -> efff	0,273	0,281	0,266	1,026	0,153		
ai-acc -> ic-dev	0,316	0,341	0,196	1,613	0,053		
ic-dev -> efff	0,323	0,351	0,195	1,652	0,049		
ic-dev -> ai-acc	0,741	0,750	0,092	8,079	0,000		
ic-dev -> efff	0,231	0,215	0,298	0,776	0,219		
ic-dev -> ic-dev	0,501	0,486	0,209	2,390	0,008		

Źródło: Opracowanie własne

Po usunięciu ścieżki ic-dev → efff otrzymano wyniki obliczeń z wykorzystaniem metody bootstrappingu przedstawione na rysunku 21.4.



Rysunek 21.4. Wyniki obliczeń po usunięciu nieistotnej dla modelu badawczego ścieżki ic-dev → efff – model badawczy V3

Źródło: Opracowanie własne

W przedstawionym na rysunku 21.4 modelu badawczym V3 największą wartość współczynnika ścieżkowego ma relacja ic-dev → ai-acc, czyli wpływ poziomu rozwoju technologii informacyjnych i komunikacyjnych na poziom akceptacji rozwiązań sztucznej inteligencji, i wynosi: 0,740. Następnym w kolejności jest współczynnik ścieżkowy między ict-dev a ic-dev, który równy jest 0,509. Zależności między ic-dev a efff odpowiadają współczynnikowi o wartości 0,416. Zmienna ai-acc wpływa na zmienną efff w stopniu określonym przez współczynnik ścieżkowy o wartości 0,382. W modelu przedstawionym na rysunku 21.4 jedynie współczynnik ścieżkowy między ai-acc a ic-dev o wartości 0,310 nie jest istotny statystycznie. P-value nieznacznie przekracza 0,05. W przypadku znacznie większej i bardziej reprezentowanej próby badawczej, która jest planowana w przyszłym badaniu właściwym, ścieżka ta może okazać się istotna statystycznie.

Tabela 21.3. Efekty całkowite dla modelu V3

Efekty całkowite - Średnia, STDEV, wartość T, wartość p						
	Oryginalna próba (O)	Średnia z próby (M)	Odchylenie standardowe (STDEV)	T statystyki (O /STDEV)	Wartości p	
ai-acc -> efff	0,511	0,526	0,180	2,839	0,002	
ai-acc -> ic-dev	0,310	0,333	0,195	1,590	0,056	
ic-dev -> efff	0,416	0,424	0,180	2,307	0,011	
ict-dev -> ai-acc	0,740	0,750	0,092	8,072	0,000	
ict-dev -> efff	0,590	0,622	0,116	5,067	0,000	
ict-dev -> ic-dev	0,739	0,746	0,105	7,040	0,000	

Źródło: Opracowanie własne

Wartości efektów całkowitych dla modelu strukturalnego w modelu V3 przedstawiono w tabeli 21.3. Przyjmują one średnie wartości oraz są istotnie statystycznie z wyjątkiem efektu dla ai-acc → efff, dla którego p-value wynosi 0,56. Przy znacznie większej i reprezentatywnej próbie przyszłych badań właściwych można z dużym prawdopodobieństwem spodziewać się osiągnięcia tego współczynnika poniżej wartości 0,05.

R^2 to ogólna miara wielkości efektu dla modelu strukturalnego. Określa ona, jaka część wariacji wyjaśniona jest przez ukrytą zmienną zależną w modelu. Wielkość efektu jest uważana za słabą dla R^2 poniżej 0,19, umiarkowaną dla 0,33 i istotną dla wartości powyżej 0,67 (Chin, 1998, s. 323). Wartości R^2 w modelu V3 są istotne statystycznie – $p < 0,05$. Przyjmują jednak wartości umiarkowane poniżej 0,67 (tab. 21.4).

Tabela 21.4. Wartości R^2 dla modelu V3

R-kwadrat - Średnia, STDEV, wartość T, wartość p						
	Oryginalna próba (O)	Średnia z próby (M)	Odchylenie standardowe (STDEV)	T statystyki (O /STDEV)	Wartości p	
ai-acc	0,548	0,571	0,131	4,190	0,000	
efff	0,537	0,605	0,117	4,577	0,000	
ic-dev	0,590	0,632	0,112	5,251	0,000	

Źródło: Opracowanie własne

Kolejną miarą jakości obok R^2 jest miara wielkości efektu f^2 zaproponowana przez Cohena. Tabela 21.5 przedstawia wyniki obliczeń tej miary. Według Cohena (1988) wartość 0,02 oznacza małą wielkość efektu f^2 , 0,15 oznacza średnią wielkość efektu, a 0,35 oznacza dużą wielkość efektu. W przypadku trzech relacji wielkość efektu f^2 mogłaby być średnia, w jednym mała, a w kolejnym nawet bardzo duża. Wartości te, na podstawie obliczeń metodą bootstrappingu, nie są istotne statystycznie. Wartości p-value znaczenie przewyższają 0,05. Ponadto wartość f^2 dla ict-dev → ai-acc przyjmuje bardzo dużą wartość. Może to świadczyć o złym dobraniu wskaźników dla modeli pomiarowych ict-dev i ai-acc. Należy ten fakt przeanalizować podczas projektowania przyszłego właściwego badania.

Wartości współczynnika f^2 mogą być istotne statystycznie w przypadku odpowiedniej liczebności próby. W dalszej części pracy przedstawiono metody doboru minimalnej próby badawczej spełniającej odpowiednie statystyczne kryteria jakości dla analizowanego modelu badawczego.

Tabela 21.5. Wartości efektów f^2 Cohena

f-kwadrat - Średnia, STDEV, wartość T, wartość p					
	Oryginalna próba (O)	Średnia z próby (M)	Odchylenie standardowe (STDEV)	T statystyki (O /STDEV)	Wartości p
ai-acc -> efff	0,166	0,271	0,267	0,622	0,267
ai-acc -> ic-dev	0,106	0,179	0,190	0,559	0,288
ic-dev -> efff	0,197	0,277	0,232	0,852	0,197
ict-dev -> ai-acc	1,211	1,582	0,923	1,312	0,095
ict-dev -> ic-dev	0,286	0,370	0,322	0,887	0,187

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 21.6 zawiera wyniki obliczeń standaryzowanych reszt (SMRM) wykonanych z użyciem procedury bootstrappingu. SRMR to indeks średniej reszt między obserwowaną a hipotetyczną macierzą kowariancji (Cangur & Ercan, 2015, s. 157). Jeżeli ogólny wskaźnik dopasowania modelu SRMR jest mniejszy niż 0,1, model można uznać za akceptowalny w przypadku badań eksploracyjnych (por. Cangur & Ercan, 2015, s. 156). Można spodziewać się obniżenia SRMR w proponowanym modelu w przypadku znacznie większej próby badawczej planowanej w przyszłym właściwym badaniu do poziomu mniejszego niż 0,1, chociaż autorzy narzędzia SmartPLS uważają wartości SMRM wynoszące 0,117 i 0,118 za akceptowalne.

Tabela 21.6. Wartości parametru SRMR dla modelu V3

SRMR				
	Oryginalna próba (O)	Średnia z próby (M)	95%	99%
Model nasycony	0,117	0,101	0,130	0,147
Model estymowany	0,118	0,107	0,142	0,162

Model estymowany

Źródło: Opracowanie własne

W tabeli 21.7 przedstawiono średnią wyjaśnianą wariancję AVE, wartości odchylenia standardowego, statystykę T oraz wartość p-value obliczone z wykorzystaniem metody bootstrappingu.

Tabela 21.7. Średnia wyjaśniana wariancja (AVE)

Średnia wyjaśniana wariancja (AVE) - Średnia, STDEV, wartość T, wartość p					
	Oryginalna próba...	Średnia z próby...	Odchylenie standardowe ...	T statystyki ...	Wartości p
ai-acc	0,647	0,654	0,082	7,879	0,000
efff	0,607	0,618	0,080	7,611	0,000
ic-dev	0,595	0,598	0,077	7,723	0,000
ict-dev	0,573	0,592	0,093	6,193	0,000

Źródło: Opracowanie własne

W tabeli 21.8 przedstawiono wyniki kryterium jakości HTMT wraz z przedziałami ufności obliczone metodą bootstrappingu przy pomocy oprogramowania SmartPLS.

Tabela 21.8. Stosunek heterotrait-monotrait (HTMT) wraz z przedziałami ufności

Stosunek heterotrait-monotrait (HTMT) - Przedziały ufności				
	Oryginalna próba (O)	Średnia z próby (M)	5.0%	95.0%
efff <-> ai-acc	0,884	0,908	0,716	1,086
ic-dev <-> ai-acc	0,960	0,995	0,793	1,222
ic-dev <-> efff	0,907	0,955	0,762	1,162
ict-dev <-> ai-acc	1,061	1,050	0,808	1,317
ict-dev <-> efff	0,912	0,914	0,596	1,190
ict-dev <-> ic-dev	1,128	1,108	0,854	1,387

Źródło: Opracowanie własne

W przyszłym, właściwym badaniu ze względu na planowaną znacznie większą próbę badawczą (poprawna reprezentatywność, mniejsze odchylenie od rozkładu normalnego) można się spodziewać lepszych wartości wskaźników przedstawionych w tabelach 21.7 i 21.8.

Minimalna liczebność próby

Wielkość próby badawczej dla przyszłego, właściwego badania można wstępnie dobrać, korzystając z pewnych wybranych reguł heurystycznych, często stosowanych w naukach społecznych. Siddiqui (2013, s. 286) zaleca minimalną wielkość próby wynoszącą od 100 do 150 dla wskaźników z przedziału od 10 do 15.

W celu dokładniejszego określenia można przykładowo przeprowadzić analizę mocy statystycznej dla modelu PLS-SEM, przyjmując minimalny istotny współczynnik ścieżki na poziomie 0,30, poziom istotności $\alpha = 0,05$ oraz wymaganą moc testu równą 0,90. Zastosowanie metody *inverse square root* (metoda odwrotności pierwiastka kwadratowego) wskazało na minimalną liczebność próby $N = 96$, natomiast metoda *gamma-exponential* (metoda gamma-wykładnicza) na $N = 80$, co sugeruje, że próba powinna liczyć co najmniej 80-96 obserwacji w celu zapewnienia odpowiedniej jakości modelu. Obliczenia wykonano za pomocą narzędzia WarpPLS 6.0 (Kock, 2023).

W przyszłym badaniu liczebność próby badawczej powinna przekraczać 150-200, ponieważ można się spodziewać, że jej rozkład będzie wtedy bardziej zbliżony do rozkładu normalnego. Osiągnięcie takiej wielkości próby jest możliwe, ponieważ cała populacja polskich szpitali przekracza 1000 jednostek (GUS. Bank Danych Lokalnych, 2026).

Dobór próby powinien mieć charakter losowy warstwowy, aby zapewnić reprezentatywność wyników. Warstwy powinny być wyodrębnione na podstawie rozkładu terytorialnego (województwa) oraz rodzaju szpitala i formy własności. W szczególności zaleca się uwzględnienie następujących kategorii:

- szpitale wojewódzkie i specjalistyczne,
- szpitale samorządowe (miejskie i powiatowe),
- duże szpitale prywatne.

Liczba jednostek w każdej warstwie powinna być proporcjonalna do ich udziału w populacji ogólnej, co powinno zapewnić odpowiednią reprezentatywność próby badawczej.

Podsumowanie. Zastosowanie praktyczne

Przeprowadzone badanie ma charakter pilotażowy. Jego zasadniczym celem była weryfikacja poprawności zaproponowanego modelu badawczego oraz sformułowanie zaleceń metodologicznych przed realizacją badania właściwego. Analiza została przeprowadzona na podstawie danych empirycznych pozyskanych za pomocą kwestionariusza ankietowego.

Analizie poddano 28 poprawnie wypełnionych ankiet uzyskanych od przedstawicieli kadry kierowniczej oraz personelu szpitali. Obliczenia parametrów modelu zrealizowano z wykorzystaniem metody modelowania równań strukturalnych opartej na cząstkowych najmniejszych kwadratach (PLS-SEM) za pomocą oprogramowania SmartPLS. W celu oceny istotności statystycznej parametrów modelu zastosowano procedurę bootstrappingu.

Wstępne rezultaty wskazują na istnienie potencjalnie istotnych i dodatnich zależności pomiędzy analizowanymi konstruktami, tj. poziomem rozwoju technologii informacyjno-komunikacyjnych, akceptacją rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji, rozwojem kapitału intelektualnego oraz efektywnością funkcjonowania szpitala. Uzyskane wyniki potwierdzają zasadność kontynuowania badań w tym obszarze w ramach próby o większej liczebności.

Analiza badania pilotażowego ujawniła ograniczenia pierwotnej wersji modelu (V1). Szczególnie model pomiarowy zmiennej „stopień rozwoju technologii informacyjnych” (itc-dev) charakteryzował się niskim poziomem rzetelności, na co wskazuje współczynnik alfa Cronbacha równy 0,483, przy minimalnej wartości rekomendowanej w badaniach pilotażowych wynoszącej 0,6. Ponadto zidentyfikowano wskaźniki nieosiągające istotności statystycznej (ICT_2, IC_4, AC_2), co skutkowało ich eliminacją oraz opracowaniem zmodyfikowanej wersji modelu (V2).

Stwierdzono, że niewielka liczebność próby wiąże się z obniżoną mocą statystyczną testów oraz brakiem istotności dla części kluczowych relacji strukturalnych, w tym wpływu akceptacji sztucznej inteligencji na efektywność funkcjonowania szpitala. W związku z tym rekomenduje się zwiększenie liczby respondentów do 100-150 osób w badaniu właściwym, co powinno umożliwić uzyskanie istotnych statystycznie współczynników ścieżkowych oraz poprawę globalnych miar dopasowania modelu, takich jak wskaźnik f^2 Conena, który w prezentowanym modelu pilotażowym jest daleki od poziomu akceptowalnego.

W przyszłości można rozważyć uzupełnienie analizowanego w tej pracy ilościowego modelu SEM o zmienne kontrolne o charakterze jakościowym (np. wielkość szpitala, forma własności jednostki). Metodologia SEM pozwala na taką możliwość. Spowoduje to jednak wzrost złożoności modelu.

Opracowany model badawczy oraz wnioski wynikające z jego pilotażowej weryfikacji stanowią podstawę do dalszego doskonalenia narzędzia badawczego i projektowania przyszłych badań właściwych.

Poprawnie zweryfikowany model w ramach badań właściwych może stanowić użyteczne narzędzie wspomagające procesy decyzyjne kadry zarządzającej placówkami medycznymi. Proponowany model może przyczynić się do zrozumienia mechanizmów oddziaływania rozwoju technologii cyfrowych na funkcjonowanie szpitali, a także ułatwić analizę postaw personelu wobec rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji. Może również pomóc określić wpływ tych czynników na kształtowanie aktywów niematerialnych, takich jak reputacja podmiotu leczniczego oraz lojalność pacjentów, a w konsekwencji umożliwić ocenę ich znaczenia dla efektywności finansowej i organizacyjnej szpitala.

Literatura

1. Asyraaf Roslan, M. A., Nasharuddin, N. A., & Azmi Murad, M. A. (2024). Understanding technology acceptance and use in social media platforms: A systematic literature review and the development of research framework. *Journal of Social Computing*, 5(3), 261-291. <https://doi.org/10.23919/JSC.2024.0022>
2. Cangur, S., & Ercan, I. (2015). Comparison of model fit indices used in structural equation modeling under multivariate normality. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 14(1), 152-167.
3. Cantor, V. J. M., & Poh, K. L. (2018). Integrated analysis of healthcare efficiency: A systematic review. *Journal of Medical Systems*, 42(8), 8-23. <https://doi.org/10.1007/s10916-017-0848-7>
4. Carvalho, J. V., Rocha, Á., & Abreu, A. (2016). Maturity models of healthcare information systems and technologies: A literature review. *Journal of Medical Systems*, 40(131). <https://doi.org/10.1007/s10916-016-0486-5>
5. Chang, H.-Y., Wu, M. Y., & Sheu, D. F. (2014). Perceptions of intellectual capital held by supervisors of nursing divisions in hospitals in Taiwan. *Management Decision*, 52(6), 1101-1115. <https://doi.org/10.1108/MD-07-2013-0371>
6. Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach for structural equation modelling. W G. A. Marcoulides (Ed.), *Methodology for business and management. Modern methods for business research* (s. 295-336). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
7. Chluski, A. (2018). Impact of building human capital with support of information technology on efficiency of hospital activities. *International Journal of Ambient Computing and Intelligence*, 9(2), 1-15. <https://doi.org/10.4018/IJACI.2018040101>
8. Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
9. Feldman, S. S., Buchalter, S., & Hayes, L. W. (2018). Health information technology in healthcare quality and patient safety: Literature review. *JMIR Medical Informatics*, 6(2). <https://doi.org/20.2196/10264>
10. Goodhue, D. L., Lewis, W., & Thompson, R. (2012). Does PLS have advantages for small sample size or non-normal data?. *MIS Quarterly*, 36(3), 981-1001.
11. GUS. Bank Danych Lokalnych. (2026). <https://bdل.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/tablica>

12. Habersam, M., & Piber, M. (2003). Exploring intellectual capital in hospitals: Two qualitative case studies in Italy and Austria. *European Accounting Review*, 12(4), 753-779. <https://doi.org/10.1080/09638180310001628455>
13. Ibrahim, I., & Abdulazeez, A. (2021). The role of machine learning algorithms for diagnosing diseases. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 2(01), 10-19. <https://doi.org/10.38094/jastt20179>
14. Janik, J. (2025). *W szpitalach coraz więcej AI*. <https://www.termedia.pl/wartowiedziec/W-szpitalach-coraz-wiecej-AI,61004.html>
15. Jena, R. (2024). *Factors affecting AI adoption in accounting: Insights from multi-method analysis using SEM, fsQCA, and NCA*. <https://ssrn.com/abstract=4948235>
16. Kock, N. (2025). *WarpPLS User Manual: Version 8.0*. ScriptWarp Systems. https://scriptwarp.com/warppls/UserManual_v_8_0.pdf
17. Kozuń-Cieślak, G. (2020). Is the efficiency of the healthcare system linked to the country's economic performance? Beveridgeans versus Bismarckians. *Acta Oeconomica*, 70(1), 1-17.
18. Lardo, A., Dumay, J., Trequatrini, R., & Russo, G. (2017). Social media networks as drivers for intellectual capital disclosure: Evidence from professional football clubs. *Journal of Intellectual Capital*, 18(1), 63-80. <https://doi.org/10.1108/JIC-09-2016-0093>
19. de Leaniz, P. M. G., & del Bosque, I. R. (2013). Intellectual capital and relational capital: The role of sustainability in developing corporate reputation. *Intangible Capital*, 9(1), 262-280. <https://doi.org/10.3926/ic.378>
20. Lenart, R. (2015). Relational capital for managing the uncertainty of the environment. *Journal of Science of The Military Academy Of Land Forces*, 47(1). <https://doi.org/10.5604/17318157.1158543>
21. Markowski, P., Kowalczyk, A., Łazarczyk, H., & Berdyga, T. (2025). From clinical hype to operational value: Assessing AI use cases in Polish hospitals. *Warsaw Forum of Economic Sociology*, 16(32).
22. Pirozzi, M. G., & Ferulano, G. P. (2016). Intellectual capital and performance measurement in healthcare organizations: An integrated new model. *Journal of Intellectual Capital*, 17(2), 320-350. <https://doi.org/10.1108/JIC-07-2015-0063>
23. Ringle, C. M., Wende, S., & Becker, J. M. (2024). *SmartPLS 4*. SmartPLS.
24. Siddiqui, K. (2013). Heuristics for sample size determination in multivariate statistical techniques. *World Applied Sciences Journal*, 27(2), 285-287.
25. Wielki, J., Jurczyk, M., & Madera, D. (2020). Knowledge capture to monitor the alignment of hospital processes and applied information technologies. W *Proceedings of the 21st European Conference on Knowledge Management ECKM 2020* (s. 850-858). Coventry.
26. Wu, I.-L., & Hu, Y.-P. (2012). Examining knowledge management enabled performance for hospital professionals: A dynamic capability view and the mediating role of process capability. *Journal of the Association for Information Systems*, 13(12), 976-999. <https://10.17705/1jais.00319>

ROZDZIAŁ 22

BEZPIECZEŃSTWO INFORMACJI I OCHRONA DANYCH OSOBOWYCH W ORGANIZACJACH GOSPODARCZYCH Z WYKORZYSTANIEM MODELU SAAS

Paweł Kobis, Grzegorz Chmielarz, Artur Wrzalik

Politechnika Częstochowska
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

Współczesne podmioty gospodarcze, poza realizacją celów statutowych, są w coraz większym stopniu obligowane do intensyfikacji działań w obszarze cyberbezpieczeństwa. Aktywa niematerialne stanowią obecnie fundament przewagi konkurencyjnej, determinując pozycję organizacji w globalnym ekosystemie rynkowym. W konsekwencji obserwuje się eskalację prób naruszenia integralności, poufności oraz dostępności zasobów informacyjnych. Incydenty te, inicjowane przez podmioty trzecie, indywidualnych cyberprzestępców i zorganizowane grupy cyberprzestępcze, realizowane są zarówno w przestrzeni cyfrowej, jak i fizycznej, z wykorzystaniem zaawansowanych technologii informatycznych oraz metod inżynierii społecznej.

Niniejsze opracowanie ma na celu przybliżenie problematyki bezpieczeństwa informacji oraz ochrony danych osobowych w kontekście paradygmatów zarządzania w wybranych sektorach przedsiębiorstw z wykorzystaniem modelu SaaS.

Struktura rozdziału opiera się na trzech zagadnieniach:

1. Bezpieczeństwo informacji w modelu SaaS w obszarach finansów i rachunkowości oraz kadr i płac.
2. Regulacje w obszarze cyberbezpieczeństwa w odniesieniu do modelu SaaS.
3. Modele zarządzania danymi i bezpieczeństwem informacji w organizacjach korzystających z modelu SaaS.

W przypadku pierwszego z zagadnień skoncentrowano się na:

- Analizie modelu SaaS: Deskrypcji poddano standardy bezpieczeństwa chmury obliczeniowej w modelu *Software as a Service* (SaaS), ze szczególnym uwzględnieniem obszarów finansowo-księgowych oraz kadrowo-płacowych.
- Identyfikacji zagrożeń: Wskazane działy, ze względu na wysoką wrażliwość przetwarzanych danych, stanowią kluczowe cele ataków o charakterze cybernetycznym.
- Wyzwaniach technologicznych: Implementacja rozwiązań chmurowych wymusza na organizacjach redefinicję strategii ochrony zasobów niematerialnych w obliczu nowych, dynamicznie zmieniających się wyzwań technologicznych.

W przypadku drugiego zagadnienia główny nacisk położono na:

- Analizie uwarunkowań legislacyjnych mających zastosowanie do modelu SaaS.
- Analizie poziomu zarządzania bezpieczeństwem przetwarzania danych osobowych w organizacjach.
- Identyfikacji stopnia spełnienia wymogów regulacyjnych przez analizowane organizacje.

W przypadku trzeciego zagadnienia zwrócono uwagę na:

- Analizę systemowych modeli zarządzania bezpieczeństwem informacji i ochroną danych osobowych stosowanych w organizacjach korzystających z modelu SaaS z uwzględnieniem integracji perspektywy technologicznej, organizacyjnej i regulacyjnej.
- Identyfikację oraz charakterystykę kluczowych ram i standardów zarządczych, takich jak: ISO/IEC 27001 i ISO/IEC 27701, NIST Cybersecurity Framework, COBIT 2019 oraz DAMA-DMBOK2 jako narzędzi wspierających budowę spójnego ładu bezpieczeństwa i danych.
- Przedstawienie praktycznych uwarunkowań wdrażania zintegrowanego podejścia do ładu danych i cyberbezpieczeństwa, w tym przypisania ról i odpowiedzialności, projektowania polityk i procedur, a także stosowania mierników efektywności (KPI/KRI) w celu oceny dojrzałości organizacyjnej.

Bezpieczeństwo informacji w modelu SaaS w obszarach finansów i rachunkowości oraz kadr i płac

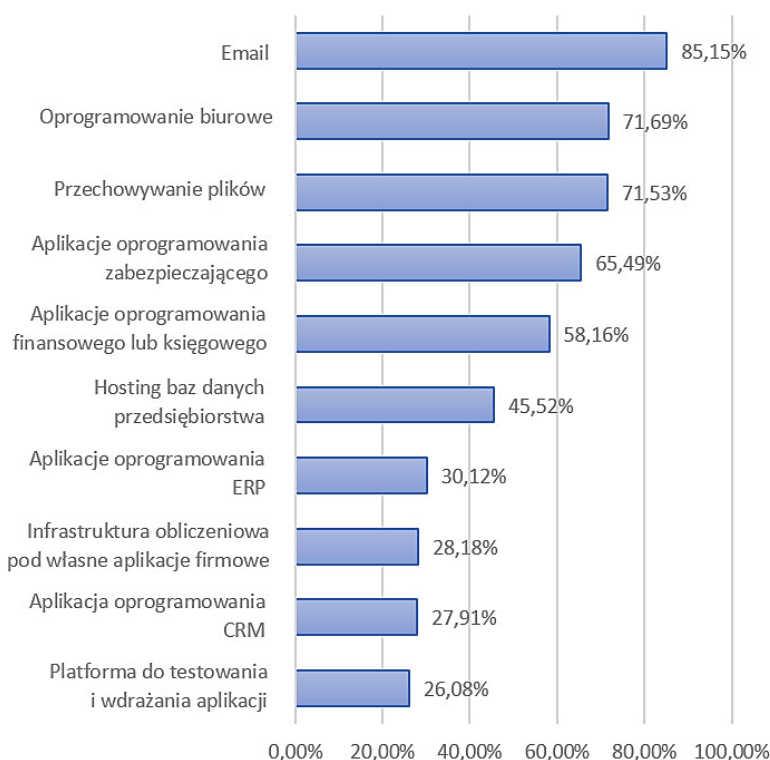
Dynamiczna cyfryzacja procesów finansowych i księgowych (FK) w organizacjach gospodarczych doprowadziła do masowego wykorzystywania modelu *Software as a Service* (SaaS). Model SaaS, jako jeden z trzech podstawowych modeli chmury obliczeniowej (obok IaaS, PaaS), stał się dominującym sposobem dostarczania oprogramowania, oferując skalowalność, automatyzację i redukcję kosztów utrzymania infrastruktury IT.

Wśród oprogramowań wykorzystywanych w tym modelu przez przedsiębiorców można wymienić:

- oprogramowanie ERP (*Enterprise Resource Planning*) (moduły księgowe, handlowe, kadrowe);
- autonomiczne rozwiązania SaaS dla FK, handlu, kadr, płac, działalności gospodarczej;
- oprogramowanie dostarczane przez określone instytucje rządowe obsługujące i wspierające procesy finansowe i kadrowe;
- wirtualne dyski;
- oprogramowanie biurowe.

Wykorzystanie powyższego oprogramowania w modelu chmury obliczeniowej (*cloud computing*) w obszarze finansów i księgowości oraz kadr i płac jest znaczące

i w poszczególnych usługach w państwach członkowskich UE waha się od 30% do ponad 70% w stosunku do wszystkich wykorzystywanych usług płatnych w chmurze obliczeniowej (rys. 22.1).



Rysunek 22.1. Procent przedsiębiorstw korzystających z płatnych usług przetwarzania w chmurze według rodzaju usługi chmurowej

Źródło: (Eurostat, b.r.)

Wymienione rozwiązania aplikacyjne są implementowane w modelu opartym o interfejs przeglądarkowy lub dedykowane aplikacje klienckie. Spektrum dostępnych technologii obejmuje również architektury hybrydowe, które zakładają integrację oprogramowania instalowanego lokalnie na stacjach roboczych z zasobami infrastruktury chmurowej (czego reprezentatywnym przykładem jest ekosystem Microsoft 365).

Dane i informacje o charakterze finansowym stanowią jeden z najbardziej newralgicznych zasobów informacyjnych, co determinuje wysoką ekspozycję instytucji sektora bankowego i kapitałowego na ataki cybernetyczne. Statystyki incydentów bezpieczeństwa systematycznie lokują te podmioty w grupie najwyższego ryzyka, co bezpośrednio wynika z potencjalnych korzyści ekonomicznych oraz systemowego znaczenia przetwarzanych przez nie procesów.

Polska zajmuje obecnie niechlubne trzecie miejsce w Europie pod względem incydentów związanych z prywatnością – w 2024 roku do UODO (Urząd Ochrony Danych Osobowych) wpłynęło niemal 15 tysięcy zgłoszeń. Polskę wyprzedzają jedynie Niemcy oraz Niderlandy. Sytuacja jest szczególnie alarmująca dla sektora HR i płac, gdzie przetwarza się wrażliwe informacje, takie jak PESEL, dane finansowe czy biometryczne. Skalę zagrożenia potwierdza raport Check Point Research: Polska należy do dziesiątki najbardziej atakowanych krajów UE, a przeciętne polskie przedsiębiorstwo odpira tygodniowo ponad 900 prób cyberataków (Kapitał Polski, 2025).

W obliczu postępującej cyfryzacji implementacja rozwiązań funkcjonujących w modelu chmury obliczeniowej nakłada na organizacje gospodarcze obowiązek zachowania szczególnej staranności w projektowaniu architektur bezpieczeństwa. Konieczne staje się wypracowanie wielopoziomowych strategii ochrony obejmujących nie tylko zaawansowane mechanizmy kryptograficzne i rygorystyczną kontrolę dostępu, ale również ciągłą weryfikację integralności danych oraz zgodności z restrykcyjnymi regulacjami prawnymi i nadzorczymi. W przypadku korzystania z modelu SaaS w obszarze cyberbezpieczeństwa występuje tzw. model współdzielonej odpowiedzialności, nakładający określoną odpowiedzialność zarówno na dostawcę usługi, jak i klienta wykorzystującego zdalne zasoby informacyjne. Możemy więc wyróżnić (Abdullayeva, 2023; Addula i in., 2025; Adeosun i in., 2025; Azhar i in., 2022; Somani & Rena, 2025):

- odpowiedzialność dostawcy, a w tym:
 - bezpieczeństwo infrastruktury,
 - aktualizacje oprogramowania,
 - fizyczne bezpieczeństwo centrów danych;
- odpowiedzialność klienta, w tym:
 - konfiguracja uprawnień,
 - polityki haseł i MFA (*Multi-Factor Authentication*),
 - zarządzanie użytkownikami,
 - zgodność z regulacjami i przepisami prawa.

Model SaaS znacząco odciąża przedsiębiorców, ponieważ eliminuje konieczność samodzielnego tworzenia, utrzymywania i zabezpieczania zaplecza technicznego, na którym działają wykorzystywane aplikacje. Podmioty gospodarcze nie muszą inwestować w serwerownie, systemy chłodzenia, zasilanie awaryjne, ani specjalistyczne rozwiązania chroniące przed fizycznym dostępem osób niepowołanych. Znika również potrzeba zatrudniania zespołów odpowiedzialnych za konfigurację sprzętu, instalację systemów operacyjnych czy monitorowanie infrastruktury. Dostawca usług SaaS przejmuje pełną odpowiedzialność za bezpieczeństwo środowiska, w którym działa oprogramowanie – od ochrony centrów danych, przez zabezpieczenia sieciowe, aż po regularne aktualizacje i łatki bezpieczeństwa. To on dba o to, aby systemy były odporne na ataki, zgodne z obowiązującymi standardami i stale rozwijane. Dzięki temu przedsiębiorcy mogą korzystać z nowoczesnych narzędzi bez konieczności martwienia się o kwestie techniczne, a zaoszczędzone

zasoby – zarówno finansowe, jak i czasowe – przeznaczać na rozwój swojej działalności, innowacje czy obsługę klientów.

W praktyce oznacza to, że model SaaS nie tylko upraszcza zarządzanie IT, lecz także podnosi poziom bezpieczeństwa i stabilności usług, ponieważ korzystają one z profesjonalnej infrastruktury utrzymywanej przez wyspecjalizowanych dostawców (Grupa TENSE, 2022).

Zabezpieczenia infrastruktury informacyjnej w modelu SaaS, za które odpowiedzialni są przedsiębiorcy, koncentrują się przede wszystkim na elementach bezpieczeństwa związanych z czynnikiem ludzkim. Należy wypracować określone standardy związane z ustalaniem silnych haseł dostępowych wspieranych uwierzytelnianiem wieloskładnikowym. Dostęp do zasobów chmury obliczeniowej powinien również odbywać się wedle określonej polityki uprawnień. Zapewnia to dostęp pracowników do tylko tych zasobów informacyjnych, które są im potrzebne do wykonywania obowiązków pracowniczych. W przypadku podkupienia pracownika, prób sabotażu lub zakażenia stanowiska komputerowego pracownika złośliwym oprogramowaniem dostęp do informacji i danych zostaje ograniczony tylko do przydzielonych uprawnień.

Kolejnym obszarem, w którym odpowiedzialność spoczywa na przedsiębiorcy, jest przestrzeganie obowiązujących przepisów prawa. Dotyczy to zwłaszcza działów finansowo-księgowych oraz kadrowo-płacowych, które przetwarzają szeroki zakres informacji o pracownikach i kontrahentach. Wśród tych danych znajdują się zarówno podstawowe dane osobowe, jak imię, nazwisko czy adres, jak i informacje o charakterze wrażliwym. Do danych sensytywnych mogą należeć chociażby informacje o stanie zdrowia, np. o stopniu niepełnosprawności pracownika, co wymaga szczególnej ostrożności i podwyższonego poziomu ochrony.

Chcąc syntetycznie dokonać zestawienia ryzyka naruszenia bezpieczeństwa informacji w chmurze obliczeniowej w obszarach FK, należy uwzględnić:

- ryzyko integralności danych – błędne księgowania, manipulacja danymi transakcyjnymi (Lesiak, 2024);
- ataki na API i integracje – szczególnie w systemach ERP/FinTech (*Financial Technology*) (Mittal i in., 2025);
- ryzyko konfiguracji usług chmurowych (np. błędne polityki IAM (*Identity and Access Management*)) (Sophie, 2025);
- zgodność regulacyjna – KNF (Komisja Nadzoru Finansowego), PSD2 (*Payment Services Directive 2*), AML (*Anti-Money Laundering*), audyty chmurowe (Bello i in., 2025; van Praag, 2025; Yu i in., 2024);
- ryzyko *multi-tenancy* – współdzielona infrastruktura SaaS dla danych finansowych (Hashim & Hussein, 2024; Hayat i in., 2024; Olabanji i in., 2023).

W przypadku kadr i płac główne ryzyka w chmurze to:

- naruszenia danych osobowych – PESEL, adresy, wynagrodzenia, dane wrażliwe (Durbajło-Mrowiec, 2018; Wolska-Bryńska i in., 2025);
- błędy uprawnień w HRIS (*Human Resource Information System*) / Payroll SaaS – zbyt szerokie role, brak separacji obowiązków (Aina & Odun-Ayo, 2025; Suvanto, 2022; Zhao & Rabiei, 2022);

- ryzyko integracji z systemami zewnętrznymi (ZUS (Zakład Ubezpieczeń Społecznych), US (Urząd Skarbowy), KSeF (Krajowy System e-Faktur), banki) (PwC, 2023; Zespół Mindbox, 2024);
- ryzyko błędów ludzkich – najczęstsza przyczyna incydentów wg UODO (Kobis, 2021);
- ryzyko przechowywania dokumentacji pracowniczej w chmurze – zgodność z RODO i *Kodeksem Pracy* (Czerwonka & Podgórski, 2025; Dorre-Kolasa, 2023; Grzyb & Woźniak-Zapór, 2023; Staniszewski, 2022).

Biorąc pod uwagę powyższe zestawienie, przedsiębiorca musi zadbać o wdrożenie odpowiednich procedur oraz polityk zarządzania informacjami, które będą zgodne z obowiązującymi regulacjami – w szczególności z przepisami o ochronie danych osobowych. Obejmuje to m.in. określenie zasad dostępu do danych, sposobów ich przechowywania, okresów retencji, a także reagowania na ewentualne naruszenia bezpieczeństwa. Choć dostawca SaaS zapewnia infrastrukturę techniczną i jej zabezpieczenia, to odpowiedzialność za legalność przetwarzania danych oraz właściwe praktyki organizacyjne pozostaje po stronie przedsiębiorcy. Dzięki temu możliwe jest nie tylko spełnienie wymogów prawnych, lecz także budowanie zaufania pracowników i partnerów biznesowych poprzez świadome i odpowiedzialne zarządzanie informacjami. Przedsiębiorcy powinni w szczególności:

- Określić i wdrożyć na poszczególnych stanowiskach polityki dostępu do danych i informacji, uwzględniając regularne przeglądy uprawnień i zasadę najmniejszych uprawnień.
- Organizować cykliczne szkolenia pracowników, dostosowując program szkoleń zarówno do zakresu przetwarzanych zasobów niematerialnych, jak i zajmowanego stanowiska. Czynniki ludzkie wciąż pozostaje najsłabszym ogniwem w Systemie Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji (SZBI).
- Zaimplementować w organizacji procedury reagowania na incydenty, w tym testy penetracyjne i symulacje phishingowe.
- Przeprowadzać cykliczne audyty i monitoring logów i aktywności użytkowników.

W kontekście chmury obliczeniowej, dbałość o bezpieczeństwo w obszarach finansów oraz kadr i płac przestaje być jedynie kwestią techniczną, a staje się elementem zarządzania ryzykiem prawnym i reputacyjnym. Wysoka wrażliwość przechowywanych informacji wymusza na organizacjach stosowanie zaawansowanych mechanizmów obronnych ze szczególnym naciskiem na aspekty związane z czynnikiem ludzkim.

Regulacje w obszarze cyberbezpieczeństwa a model SaaS

Regulacje prawne dotyczące ochrony danych i cyberbezpieczeństwa stanowią dziś fundament stabilności operacyjnej i prawnej organizacji korzystających z usług cyfrowych, w tym z modelu *Software as a Service*. Mają one bezpośredni wpływ na

architekturę technologiczną oraz mechanizmy zarządzania ryzykiem prawnym w organizacjach, co wynika z wymogów legislacyjnych, jak również z ich operacyjnego oddziaływania na praktyki w zakresie cyberbezpieczeństwa. W tym odniesieniu należy zauważyć, jak szeroka jest skala adopcji technologii chmurowych we wszelkich sferach procesów biznesowych współczesnych europejskich organizacji. Jak wynika z danych Eurostat (b.r.), popularność wykorzystania modelu SaaS wśród europejskich przedsiębiorstw wynosi ponad 96% (96,24% małe, 96,82% średnie, 97,94% duże przedsiębiorstwa). Tak wysoka popularność wykorzystania modelu SaaS znacząco przyczyniła się do sposobu postrzegania bezpieczeństwa informacji w tym modelu. W szczególności dotyczy to regulacji prawnych, które uprzednio traktowane były jako element wsparcia technicznego, a obecnie stanowią jeden z najważniejszych elementów zarządzania ryzykiem operacyjnym w organizacjach. Wzrost liczby raportowanych incydentów cybernetycznych, zarówno w Polsce, jak i całej Unii Europejskiej, stanowi wypadkową skali, w jakiej informacje i dane są przetwarzane w środowiskach rozproszonych. Wzrost aktywności cyberprzestępców, w tym również w obszarach przetwarzania chmurowego, doprowadził do wprowadzenia przez Unię Europejską zmian do norm legislacyjnych, których głównym celem jest zapewnienie bezpieczeństwa przetwarzania danych dla rynku i wszystkich jego uczestników (Buckley i in., 2024).

Do aktów prawnych mających kluczowe znaczenie w tym obszarze zaliczyć należy: Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 (RODO – *Ustawa z dnia 10 maja 2018 r. o ochronie danych osobowych*), dyrektywa NIS (UE) 2016/1148 oraz jej następcą – dyrektywa NIS2 (UE) 2022/2555. Regulacje te, choć różnią się zakresem podmiotowym i przedmiotowym, tworzą spójny ekosystem wymogów odnoszących się do zarządzania ryzykiem, bezpieczeństwa systemów informacyjnych oraz odpowiedzialności organizacyjnej (Greenleaf, 2017; Kuner i in., 2020).

Dyrektywa RODO stanowi podstawowy akt prawny regulujący przetwarzanie danych osobowych w Unii Europejskiej. Jego znaczenie dla organizacji korzystających z SaaS nie ogranicza się jedynie do wymiaru formalno-prawnego i ma bezpośrednie przełożenie na sposób projektowania procesów biznesowych oraz architekturę systemów informacyjnych. W kontekście modelu SaaS jego znaczenie jest szczególne, zważywszy na fakt, iż przetwarzanie danych najczęściej zachodzi w infrastrukturze zewnętrznego dostawcy, często zlokalizowanej poza siedzibą administratora danych. W relacji SaaS przedsiębiorca występuje zazwyczaj jako administrator danych, natomiast dostawca usługi pełni rolę podmiotu przetwarzającego, co wymaga zawarcia umowy powierzenia przetwarzania danych zgodnie z art. 28 RODO (Voigt & von dem Bussche, 2017). Rozporządzenie nakłada na administratorów obowiązek wdrożenia odpowiednich środków technicznych i organizacyjnych uwzględniających m.in. pseudonimizację, szyfrowanie, zdolność do ciągłego zapewnienia poufności, integralności i dostępności danych oraz zdolność do szybkiego przywrócenia dostępności danych po incydencie. Skuteczna implementacja tych wymogów w środowiskach chmurowych wymaga integracji zasad *privacy by design*

(prywatność w fazie projektowania) i *privacy by default* (domyślna ochrona danych) już na etapie projektowania systemów SaaS (Gellert, 2016).

W obszarach finansowo-księgowych oraz kadrowo-płacowych RODO determinuje sposób projektowania procesów w systemach SaaS, do których należą ograniczanie zakresu przetwarzanych danych, precyzyjne zarządzanie uprawnieniami oraz prowadzenie rejestrów czynności przetwarzania. Niska dojrzałość organizacyjna w tym obszarze przekłada się bezpośrednio na wzrost ryzyka naruszeń danych osobowych (Magdziarczyk & Widera, 2024). Chociaż RODO obowiązuje w unijnym i polskim prawodawstwie od roku 2018, to zgodnie z danymi zawartymi w raporcie *Cyberportret polskiego biznesu 2025* (ESET, b.r.) poziom jego implementacji w polskich organizacjach jest wyraźnie niższy niż wynika to z formalnego obowiązku prawnego. Jak wynika z raportu, ok. 70-75% średnich i dużych przedsiębiorstw wdrożyło podstawowe mechanizmy zgodności, takie jak polityki ochrony danych, umowy powierzenia oraz procedury zgłaszania naruszeń. Jednocześnie jedynie ok. 40% organizacji deklaruje prowadzenie regularnych audytów bezpieczeństwa i testów penetracyjnych. Na podstawie analizy raportów branżowych oraz danych udostępnionych przez UODO (PwC, 2023; Urząd Ochrony Danych Osobowych, 2024) można również stwierdzić istnienie istotnych różnic pomiędzy sektorem MŚP a dużymi przedsiębiorstwami. W małych podmiotach, pomimo 8-letniego okresu obowiązywania RODO, nadal nie udało się wypracować mechanizmów systematycznego i systemowego podejścia, które zapewniłyby zgodność z jego wymogami. Sytuacja ta skutkuje wzrostem liczby naruszeń ochrony danych osobowych w całej Europie. Według raportu Kancelarii DLA Piper (2025) w 2025 roku średnia liczba zgłoszeń naruszeń danych osobowych w Europie wzrosła o ponad 20%, wykazując średnio 443 zgłoszenia dziennie. W Polsce liczba incydentów wzrosła o 33% w stosunku do roku poprzedniego. Główną przyczynę wzrostu zagrożeń w obszarze danych osobowych stanowią rosnąca liczba cyberataków i wykorzystanie narzędzi AI.

Kolejna dyrektywa uchwalona i zaimplementowana w prawodawstwie europejskim mająca odniesienie do usług chmurowych to Dyrektywa NIS (*Network and Information Security* – Bezpieczeństwo Sieciowe i Informacyjne). Po raz pierwszy w UE wprowadziła ona systemowe podejście do cyberbezpieczeństwa, koncentrując się na operatorach usług kluczowych oraz dostawcach usług cyfrowych. Jej implementacja w Polsce, poprzez ustawę o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa, objęła m.in. sektor finansowy, energetyczny oraz ochrony zdrowia. Należy podkreślić, że dyrektywa NIS2 stanowi istotne rozszerzenie regulacji w obszarze cyberbezpieczeństwa w porównaniu do NIS. Swym zakresem obejmuje ona średnie i duże przedsiębiorstwa funkcjonujące w kilkunastu sektorach gospodarki. Do najważniejszych zmian wprowadzanych przez nową dyrektywę należy zaliczyć wprowadzenie zaostrzonych wymogów dotyczących zarządzania ryzykiem w systemach informatycznych, zapisów dotyczących odpowiedzialności kadry zarządzającej oraz procedury raportowania incydentów i ciągłości działania (European Union Agency for Cybersecurity (ENISA), 2024).

Kwestią kluczową, którą wprowadza NIS2, jest więc przesunięcie odpowiedzialności za cyberbezpieczeństwo z poziomu technicznego na strategiczny poziom

zarządzania organizacją (Chodyka, 2025). W tym odniesieniu szczególnie istotną kwestię stanowi poziom wdrożenia NIS i NIS2 w polskich organizacjach. Jak wskazują dane zawarte w raporcie KPMG, przed wejściem w życie NIS2 pełną dojrzałość organizacyjną w zakresie cyberbezpieczeństwa osiągnęło mniej niż 30% podmiotów objętych dyrektywą NIS (KPMG, 2024). W przypadku NIS2, według analiz Poland Insight (2025), ponad 60% polskich przedsiębiorstw potencjalnie objętych nowymi przepisami deklaruje brak gotowości organizacyjnej i proceduralnej do spełnienia wszystkich wymogów. Dodatkowo badania eGospodarka.pl (2025) wskazują, że ok. 36% firm nie jest pewnych, czy w ogóle podlega regulacjom NIS2, co wskazuje na niski poziom świadomości regulacyjnej wśród przedsiębiorców. Sytuacja ta jest o tyle istotna, iż w modelu SaaS zakładany jest podział obowiązków w zakresie bezpieczeństwa informacji pomiędzy dostawcą usługi i jej użytkownika. Odpowiedzialność dostawcy koncentruje się na warstwie infrastrukturalnej i operacyjnej, natomiast klient jest odpowiedzialny za właściwą konfigurację środowiska, zarządzanie dostęпами oraz zapewnienie zgodności z przepisami prawa. Oznacza to, że według wykładni NIS2 administrator danych nie może przenieść całej odpowiedzialności na dostawcę usługi, lecz sam zobowiązany jest do aktywnego nadzoru i zapewnienia zgodności procesów przetwarzania danych. Należy podkreślić, że błędy konfiguracyjne po stronie klientów SaaS są jedną z głównych przyczyn naruszeń bezpieczeństwa informacji, co dodatkowo wzmacnia znaczenie aspektów organizacyjnych i prawnych (Dawood i in., 2023). Ponadto niespełnienie wymogów prawnych regulacji RODO, NIS i NIS2 generuje określone ryzyka, takie jak: ryzyko finansowe związane z administracyjnymi karami pieniężnymi (do 20 mln euro lub 4% globalnego obrotu – RODO), ryzyko operacyjne dotyczące przerw w dostępności systemów SaaS, ryzyko reputacyjne związane z utratą zaufania klientów oraz ryzyko osobiste kadry zarządzającej, które zostało wyraźnie wzmocnione w NIS2 (European Union Agency for Cybersecurity (ENISA), 2024; Ruohonen, 2024).

Wzajemne uwarunkowania wynikające z regulacji RODO, NIS i NIS2 oraz funkcjonowania modelu SaaS powodują, iż bezpieczeństwo informacji nie może być rozpatrywane wyłącznie jako zagadnienie technologiczne. Dla współczesnych organizacji stanowi ono istotny komponent strategicznego zarządzania ryzykiem prawnym i organizacyjnym. W tym celu muszą one osiągnąć odpowiedni poziom dojrzałości cyfrowej, co warunkowane jest aktywnym uczestnictwem zarządu w działaniach podejmowanych w obszarze cyberbezpieczeństwa. Można więc stwierdzić, iż wykorzystanie modelu SaaS i zachowanie zgodności regulacyjnej wymaga współpracy zarówno dostawców usługi, jak również podmiotów z niej korzystających.

Modele zarządzania danymi i bezpieczeństwem informacji w organizacjach korzystających z modelu SaaS

Rosnąca złożoność środowisk chmurowych oraz opisane wcześniej w niniejszym opracowaniu uwarunkowania regulacyjne powodują, że zarządzanie bezpieczeństwem

informacji i ochroną danych osobowych nie może opierać się wyłącznie na pojedynczych procedurach lub *ad hoc* dobieranych kontrolach technicznych. Konieczne staje się wdrożenie spójnych modeli zarządzania danymi i bezpieczeństwem informacji, które integrują perspektywę biznesową, prawną i technologiczną. W praktyce organizacje korzystające z modelu SaaS sięgają najczęściej po znormalizowane systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji (ISO/IEC 27001), rozszerzenia z zakresu prywatności (ISO/IEC 27701), ramy cyberbezpieczeństwa (NIST Cybersecurity Framework), ładu IT (COBIT 2019) oraz ramy zarządzania danymi (DAMA-DMBOK2).

Z punktu widzenia organizacji gospodarczych kluczowe jest rozróżnienie pomiędzy ładem danych (*data governance*) a bezpieczeństwem informacji. Pierwszy z obszarów koncentruje się na własności, jakości, klasyfikacji oraz cyklu życia danych, podczas gdy bezpieczeństwo informacji dotyczy zapewnienia poufności, integralności i dostępności zasobów informacyjnych. W przypadku rozwiązań SaaS, szczególnie w obszarach finansowo-księgowych oraz kadrowo-płacowych, oba te porządki muszą być ściśle zintegrowane, ponieważ dane finansowe i osobowe są równocześnie zasobem biznesowym i przedmiotem ścisłej regulacji prawnej.

Jednym z najczęściej stosowanych modeli jest system zarządzania bezpieczeństwem informacji zgodny z normą ISO/IEC 27001 (Calder, 2023). W organizacjach korzystających z usług SaaS norma ta pozwala uporządkować procesy identyfikacji aktywów informacyjnych, analizy ryzyka, doboru i oceny skuteczności środków bezpieczeństwa (Łuczak & Tyburski, 2010). Istotne jest tu włączenie do zakresu SZBI nie tylko systemów utrzymywanych lokalnie, lecz także usług chmurowych, w tym krytycznych systemów FK oraz HR. W praktyce oznacza to konieczność uwzględnienia relacji z dostawcą SaaS w rejestrach ryzyk, umowach i planach ciągłości działania – a więc formalnego przełożenia modelu współdzielonej odpowiedzialności na polityki organizacji. W obszarze danych osobowych naturalnym rozszerzeniem SZBI staje się System Zarządzania Informacjami o Prywatności (SZIP) budowany w oparciu o normę ISO/IEC 27701. Umożliwia on powiązanie wymogów RODO – takich jak prowadzenie rejestrów czynności przetwarzania, wykonywanie oceny skutków dla ochrony danych (*Data Protection Impact Assessment*, DPIA) czy realizacja praw osób, których dane dotyczą – z istniejącą strukturą procesów bezpieczeństwa. Przykładem takiego podejścia jest badanie przedstawione przez Anwar i Gill (2020), w którym opisano wdrożenie zintegrowanego systemu zarządzania bezpieczeństwem informacji i prywatnością (opartego na normach ISO/IEC 27001 oraz ISO/IEC 27701) jako operacyjnego mechanizmu realizacji wymogów RODO w wybranej organizacji. Autorzy wskazali, że rozszerzenie istniejącego SZBI o komponenty SZIP pozwoliło na spójne powiązanie rejestrów czynności przetwarzania, ocen skutków dla ochrony danych oraz realizacji praw osób, których dane dotyczą, z procesami bezpieczeństwa informacji. W efekcie organizacja uzyskała większą przejrzystość ról i odpowiedzialności, a także ograniczyła koszty zarządzania rozproszonymi wymaganiami regulacyjnymi, ponieważ punktem odniesienia stał się jednolity standard zarządczy zamiast zestawu niezależnych, tworzonych *ad hoc* procedur.

W wielu organizacjach, zwłaszcza tych większych, stosowane są również ramy NIST Cybersecurity Framework, które w ostatnich latach stanowią punkt odniesienia dla budowy programów cyberbezpieczeństwa, stanowiąc swoisty zbiór sprawdzonych praktyk, wytycznych i rekomendacji (NITS, 2018). W kontekście modelu SaaS immanentne dla tego zbioru funkcje (identyfikacji, ochrony, wykrywania, reagowania i odzyskiwania) mogą być wykorzystane jako matryca do projektowania wymagań wobec dostawców usług chmurowych oraz własnych procesów organizacji. Przykładowo funkcja identyfikacji obejmuje inwentaryzację zasobów przetwarzanych w systemach SaaS (np. moduły FK, HR, Payroll oraz powiązane integracje z ZUS, US i z bankami), natomiast funkcja ochrony – dobór mechanizmów kontroli dostępu, szyfrowania, monitorowania aktywności użytkowników i konfiguracji środowiska. Funkcje wykrywania, reagowania i odzyskiwania przekładają się z kolei na wymogi dotyczące logowania, wykrywania incydentów, raportowania naruszeń oraz planów przywracania dostępności usług po awarii.

W organizacjach o wyższym poziomie dojrzałości cyfrowej i regulacyjnej modele dotyczące *stricte* bezpieczeństwa są uzupełniane przez ramy ładu IT (*IT Governance*), takie jak COBIT 2019 (ISACA, b.r.). Pozwala to zintegrować działania z zakresu bezpieczeństwa i ochrony danych osobowych z celami strategicznymi oraz zarządzaniem portfelem inicjatyw IT. COBIT (*Control Objectives for Information and Related Technology*) dostarcza strukturę ról, procesów i wskaźników, w ramach której zarząd oraz rada nadzorcza mogą sprawować nadzór nad ryzykiem cybernetycznym i zgodnościowym, w tym wynikającym z RODO, NIS i NIS2. W przypadku modelu SaaS szczególne znaczenie ma powiązanie celów ładu z politykami doboru i nadzoru nad dostawcami, a także z mechanizmami raportowania do organów nadzorczych.

Odrębną, lecz ściśle powiązaną z bezpieczeństwem warstwę stanowią modele zarządzania danymi, takie jak DAMA-DMBOK2 (Henderson & Earley, 2017). W praktyce organizacji korzystających z modeli SaaS wdrożenie zasad ładu danych obejmuje m.in.: wyznaczenie właścicieli danych finansowych i kadrowych, stewardów danych odpowiedzialnych za ich jakość i klasyfikację, a także zdefiniowanie standardów metadanych, retencji i anonimizacji (Eryurek i in., 2021). Z perspektywy działów FK oraz kadr i płac oznacza to np. formalne określenie, jakie dane są niezbędne dla realizacji procesów, jak długo mogą być przechowywane i w jakiej formie powinny być udostępniane partnerom zewnętrznym. Dopiero takie uporządkowanie ładu danych umożliwia racjonalne zastosowanie mechanizmów bezpieczeństwa, ponieważ wiadomo, które zbiory danych są krytyczne, jakie mają powiązania z innymi systemami oraz jakie wymagania regulacyjne są do nich przypisane. Takie podejście odpowiada koncepcji „nieinwazyjnego” ładu danych, w którym struktury *governance* są dostosowywane do dojrzałości organizacji (Seiner, 2022).

Implementacja przytoczonych modeli w praktyce organizacyjnej wymaga konsekwentnego podejścia projektowego (Bylina i in., 2023). W pierwszym kroku konieczne jest przeprowadzenie diagnozy dojrzałości w obszarze bezpieczeństwa informacji, ochrony danych osobowych i ładu danych – z uwzględnieniem specyfiki

modelu SaaS oraz podziału odpowiedzialności pomiędzy dostawcę i klienta. Następnie organizacja powinna zdefiniować docelową architekturę ładu i bezpieczeństwa, łączącą elementy ISO/IEC 27001/27701, NIST CSF, COBIT i DAMA-DMBOK2 w sposób proporcjonalny do skali i profilu ryzyka. Kluczowe jest przy tym przypisanie ról i odpowiedzialności: od zarządu i inspektora ochrony danych (IOD), po właścicieli danych i liderów procesów biznesowych. W kolejnych etapach niezbędne jest ustanowienie katalogu polityk, procedur i standardów technicznych, które będą odzwierciedlały zarówno wymagania regulacyjne (RODO, NIS, NIS2), jak i specyfikę wykorzystywanych usług SaaS. Dotyczy to w szczególności polityk dostępu, retencji danych, zarządzania incydentami, korzystania z narzędzi chmurowych oraz zasad oceny i wyboru dostawców. Ostatnim elementem jest wdrożenie systemu monitorowania wskaźników efektywności i rezultatu KPI/KRI (*key performance indicator, key result indicator*), pozwalających na bieżącą ocenę skuteczności przyjętego modelu zarządzania – np. odsetka sklasyfikowanych aktywów, liczby naruszeń danych, czasu reakcji na incydenty czy poziomu pokrycia DPIA w procesach wysokiego ryzyka.

Podsumowując, modele zarządzania danymi i bezpieczeństwem informacji stanowią brakujące ogniwo pomiędzy technologicznymi aspektami modelu SaaS a złożonymi wymaganiami regulacyjnymi. Ich wdrożenie pozwala organizacjom nie tylko minimalizować ryzyko incydentów w obszarach finansowo-księgowych oraz kadrowo-płacowych, lecz także systemowo zarządzać ryzykiem prawnym i reputacyjnym, które staje się jednym z kluczowych wyzwań współczesnej gospodarki cyfrowej. Analiza literatury wskazuje, że skuteczne zarządzanie bezpieczeństwem i danymi w modelu SaaS wymaga integracji podejścia normatywnego, ram dobrych praktyk oraz koncepcji ładu danych (Calder, 2023; Eryurek i in., 2021; Henderson & Earley, 2017).

Podsumowanie

Współczesne organizacje gospodarcze funkcjonujące w modelu SaaS stoją przed złożonym wyzwaniem zapewnienia bezpieczeństwa informacji i ochrony danych osobowych w środowiskach chmurowych o wysokiej dynamice zagrożeń i rygorystycznych wymogach regulacyjnych. Problematyka przedstawiona w niniejszym opracowaniu ukazuje wielowymiarowy charakter tego zagadnienia – od specyficznych ryzyk w obszarach finansowo-księgowych i kadrowo-płacowych, przez model współdzielonej odpowiedzialności, po imperatywy regulacyjne RODO, NIS i NIS2.

Kluczowym wnioskiem płynącym z podjętych rozważań jest konieczność odejścia od fragmentarycznych, reaktywnych działań na rzecz systemowych modeli zarządzania bezpieczeństwem informacji i ładem danych. Wdrożenie zintegrowanych ram umożliwi organizacjom nie tylko spełnienie wymogów prawnych, lecz przede wszystkim strategiczne zarządzanie ryzykiem cybernetycznym i prawnym. Szczególne znaczenie ma w tym kontekście osiągnięcie odpowiedniego poziomu dojrzałości

organizacyjnej, w ramach którego zarząd aktywnie uczestniczy w nadzorze nad bezpieczeństwem.

W dobie rosnącej skali cyberataków (ponad 900 ataków tygodniowo na przeciętne polskie przedsiębiorstwo) oraz dynamicznego zaostrzenia regulacji, bezpieczeństwo informacji przestaje być kosztem, stając się kluczowym elementem przewagi konkurencyjnej. Organizacje, które osiągną dojrzałość w zarządzaniu danymi i bezpieczeństwem informacji, nie tylko zminimalizują ryzyko kar administracyjnych i strat reputacyjnych, lecz także zbudują zaufanie interesariuszy w erze gospodarki opartej na danych.

Analiza podjętej problematyki pozawala na sformułowanie propozycji zalecenia – perspektywa dalszych badań powinna koncentrować się na empirycznej weryfikacji skuteczności zintegrowanych modeli zarządzania w polskich realiach organizacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem różnic między MŚP a korporacjami oraz wpływu NIS2 na dojrzałość cyberbezpieczeństwa sektora SaaS.

Literatura

1. Abdullayeva, F. (2023). Cyber resilience and cyber security issues of intelligent cloud computing systems. *Results in Control and Optimization*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.rico.2023.100268>
2. Addula, S. R., Norozpour, S., & Amin, M. (2025). Risk assessment for identifying threats, vulnerabilities and countermeasures in cloud computing. *Jordanian Journal of Informatics and Computing*, 2025(1), 37-48.
3. Adeosun, O. A., Bello, A. D., Serifat, O. A., & Amomo, C. G. (2025). Enhancing financial cybersecurity in cloud engineering: A systematic review of threats, mitigation strategies and regulatory compliance. *Asian Journal of Research in Computer Science*, 18, 244-256. <https://doi.org/10.9734/ajrcos/2025/v18i5652>
4. Aina, A., & Odun-Ayo, I. (2025). *Development of a Cloud-Based Payroll Management System*. <https://arxiv.org/pdf/2502.16321>
5. Anwar, M. J., & Gill, A. Q. (2020). Developing an integrated ISO 27701 and GDPR based information privacy compliance requirements model. *ACIS 2020 Proceedeengs*, 20. <https://aisel.aisnet.org/acis2020/20>
6. Azhar, Z., Nawaz, H., Malik, A. S., Zaidi, M. H., & Azhar, S. (2022). Strategic impact of cloud computing on HR transformation. *International Journal of Social Sciences and Entrepreneurship*, 2(2), 546-576.
7. Bello, A. A., Oduro, D. A., Manu, E. O., Bello, A. D., Leo, A. O., Ukatu, C. E., & Okika, N. (2025). Enhancing Know Your Customer (KYC) and Anti-Money Laundering (AML) compliance using blockchain: A business analysis approach. *Iconic Research And Engineering Journals*, 8(9), 297-305.
8. Buckley, G., Caulfield, T., & Becker, I. (2024). GDPR and the indefinable effectiveness of privacy regulators: Can performance assessment be improved?. *Journal of Cybersecurity*, 10(1). <https://doi.org/10.1093/cybsec/tyae017>
9. Bylina, M., Podwysocki, E., & Michajłowicz, M. (2023). Data governance at the National Information Processing Institute in Poland. *EPiC Series in Computing*, 95, 79-88.
10. Calder, A. (2023). *ISO 27001/ISO 27002. A guide to information security management systems*. IT Governance Publishing.

11. Chodyka, M. (2025). Bezpieczeństwo cyfrowe małych i średnich przedsiębiorstw a Dyrektywa NIS2. *Prawo i Bezpieczeństwo – Law & Security*, 2(5), 151-166. <https://doi.org/10.4467/29567610PIB.25.041.23026>
12. Czerwonka, P., & Podgórski, G. (2025). *Technologie transformacji cyfrowej przedsiębiorstw produkcyjnych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
13. Dawood, M., Tu, S., Xiao, C., Alasmay, H., Waqas, M., & Rehman, S. U. (2023). Cyberattacks and security of cloud computing: A complete guideline. *Symmetry*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/sym15111981>
14. DLA Piper. (2026). *DLA Piper GDPR fines and data breach survey: January 2026*. <https://www.dlapiper.com/en/insights/publications/2026/01/dla-piper-gdpr-fines-and-data-breach-survey-january-2026>
15. Dorre-Kolasa, D. (2023). Przetwarzanie danych osobowych pracowników w ramach tak zwanych innych form monitoring. *Przegląd Prawa i Administracji*, 132(1), 63-79.
16. Durbajło-Mrowiec, M. (2018). Ochrona danych osobowych w rachunkowości. *Finanse i rachunkowość*, 4, 39-53. <https://doi.org/10.23734/23.18.010>
17. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1148 z dnia 6 lipca 2016 r. w sprawie środków na rzecz wysokiego wspólnego poziomu bezpieczeństwa sieci i systemów informatycznych na terytorium Unii (Dz.Urz. L 194 z 19.7.2016).
18. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2022/2555 z dnia 14 grudnia 2022 r. w sprawie środków na rzecz wysokiego wspólnego poziomu cyberbezpieczeństwa na terytorium Unii, zmieniająca rozporządzenie (UE) nr 910/2014 i dyrektywę (UE) 2018/1972 oraz uchylająca dyrektywę (UE) 2016/1148 (dyrektywa NIS 2) (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz.Urz. L 333 z 27.12.2022).
19. eGospodarka.pl. (2025). *36% firm nie wie, czy obejmuje je dyrektywa NIS2*. <https://www.egospodarka.pl/195089,36-firm-nie-wie-czy-obejmuje-je-dyrektywa-NIS2,1,39,1.html>
20. Eryurek, E., Gilad, U., Lakshmanan, V., Kibunguchy-Grant, A., & Ashdown, J. (2021). *Data governance: The definitive guide: People, processes, and tools to operationalize data trustworthiness*. O'Reilly.
21. ESET. (b.r.). *Cyberportret polskiego biznesu 2025*. <https://in.eset.pl/cyberportret-polskiego-biznesu#more>
22. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). (2024). *Report on the State of Cybersecurity in the Union*. <https://enisa.europa.eu/publications/2024-report-on-the-state-of-cybersecurity-in-the-union> (dostęp: 12.09.2025).
23. Eurostat. (b.r.). *File:Enterprises using paid cloud computing services by type of cloud service, EU, 2023 and 2025.png*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Enterprises_using_paid_cloud_computing_services_by_type_of_cloud_service,_EU,_2023_and_2025.png
24. Gellert, R. (2016). Understanding the Notion of Tisk in the General Data Protection Regulation. *Computer Law & Security Review*, 34(2), 279-288. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.12.003>
25. Greenleaf, G. (2017). Global Data Privacy Laws 2017: 120 National Data Privacy Laws, Including Indonesia and Turkey. *145 Privacy Laws & Business International Report*, 10-13. <https://ssrn.com/abstract=2993035>
26. Grupa TENSE. (2022). *Co to jest SaaS – definicja*. <https://www.grupatense.pl/blog/co-to-jest-saas-definicja>
27. Grzyb, M., & Woźniak-Zapór, M. (2023). Bezpieczeństwo danych w małej firmie – wybór rozwiązań chmurowych. *Bezpieczeństwo. Teoria i Praktyka*, 4(LIII), 129-141. <https://doi.org/10.48269/2451-0718-btip-2023-4-008>

28. Hashim, W., & Hussein, N. A.-H. K. (2024). Securing cloud computing environments: An analysis of multi-tenancy vulnerabilities and countermeasures. *SHIFRA*, 2024, 8-16.
29. Hayat, A., Islam, S., & Hossain, F. (2024). Securing the cloud infrastructure: Investigating multi-tenancy challenges, modern solutions and future research opportunities. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 4, 1-28. <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2024.04.01>
30. Henderson, D., & Earley, S. (Eds.) (2017). *DAMA-DMBOK. Data management body of knowledge* (2nd ed.). Technics Publications.
31. ISACA. (b.r.). *COBIT*. <https://www.isaca.org/resources/cobit> (dostęp: 07.09.2025).
32. ISO/IEC 27001:2022 – *Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements*.
33. ISO/IEC 27701:2025 – *Information security, cybersecurity and privacy protection – Privacy information management systems – Requirements and guidance*.
34. Kapitał Polski. (2025). *Bezpieczeństwo danych i transparentność wynagrodzeń – dwa największe wyzwania HR i pracodawców w najbliższych latach*. <https://kapitalpolski.pl/bezpieczenstwo-danych-i-transparentnosc-wynagrodzen-dwa-najwieksze-wyzwania-hr-i-pracodawcow-w-najblizszych-latach>
35. Kobis, P. (2021). *Zarządzanie bezpieczeństwem informacji w systemach informacyjnych małych i średnich przedsiębiorstwach z uwzględnieniem czynnika ludzkiego*. Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa „Dom Organizatora”.
36. KPMG. (b.r.). *Dyrektywa NIS2 – wzmocnienie cyberbezpieczeństwa w organizacjach*. <https://kpmg.com/pl/pl/wiedza/technologia/dyrektywa-nis2.html>
37. Kuner, C., Bygrave, L. A., & Docksey, C. (Eds.) (2020). *The EU General Data Protection Regulation (GDPR): A commentary*. Oxford University Press.
38. Lesiak, M. (2024). Manipulacje danymi w sprawozdaniach finansowych spółek notowanych na GPW w Warszawie – ocena skuteczności modelu Beneisha. *Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie*, 2, 67-78.
39. Łuczak, J., & Tyburski, M. (2010). *Systemowe zarządzanie bezpieczeństwem informacji ISO/IEC 27001*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
40. Magdziarczyk, M., & Widera, K. (2024). Analysis of the characteristics conditioning the implementation of the GDPR by micro, small, and medium-sized entrepreneurs. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, LVIII(2)*, 7-22. <https://doi.org/10.17951/h.2024.58.2.79-100>
41. Mittal, A., Keshap, P., & Hosabettu, A. (2025). AI-driven real-time API security: Explainable threat detection for cloud environments. *TechRxiv*, 1-9. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.175695570.09221013/v1>
42. NITS. (2018). *Framework for improving critical infrastructure cybersecurity*. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/CSWP/NIST.CSWP.04162018.pdf>
43. Olabanji, D., Matthew, O., & Fitch, T. (2023). Multi-tenancy in cloud-native architecture: A systematic mapping study. *WSEAS Transactions on Computers*, 22, 25-43. <https://doi.org/10.37394/23205.2023.22.4>
44. Poland Insight. (2025). *NIS2 directive takes effect, but Polish business awareness remains alarmingly low*. <https://polandinsight.com/nis2-directive-takes-effect-but-polish-business-awareness-remains-alarmingly-low-39648>
45. van Praag, E. J. (2025). Authorised push payment fraud: Suggestions for the draft payment services regulation. *European Banking Institute Working Paper Series*, 190.
46. PwC. (2023). *Integracja danych i systemów jako jedno z głównych wyzwań technologicznych w procesie wdrażania faktur ustrukturyzowanych*. <https://www.pwc.pl/pl/artykuly/integracja-danych-i-systemow-jako-jedno-z-glownych-wyzwan-technologicznych.html>

47. PwC. (2024). *Chmura w biznesie, liderzy widzą wartość*. <https://www.pwc.pl/pl/publikacje/cloud-business-survey-2023-edycja-polska-sektor-retail-fmcg.html>
48. Ruohonen, J. (2024). *A systematic literature review on the NIS2 directive*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.08084>
49. Seiner, R. (2022). *Non-invasive data governance. The path of least resistance and greatest success*. Technics Publications.
50. Somani, P., & Rena, R. (2025). Effects of Cloud Computing and Cybersecurity in the Digital Business Development: Issues and Trends. W P. Pujari, S. A. Khan, A. Kumar & A. Naim (Eds.), *Fostering economic diversification and sustainable business through digital intelligence* (s. 133-152). IGI Global Scientific Publishing.
51. Sophie, E. R. (2025). *Identity and access management (IAM) in cloud security frameworks*. https://www.researchgate.net/publication/391270909_IDENTITY_AND_ACCESS_MANAGEMENT_IAM_IN_CLOUD_SECURITY_FRAMEWORKS
52. Staniszewski, M. (2022). *Prawne aspekty przetwarzania danych osobowych w chmurze obliczeniowej*. <https://rpms.pl/prawne-aspekty-przetwarzania-danych-osobowych-w-chmurze-obliczeniowej>
53. Suvanto, S. M. (2022). *Critical factors in information system implementation success: A case study of how to increase the usage of a SaaS based HR system*, praca magisterska. <https://osuva.uwasa.fi/handle/11111/11600>
54. Urząd Ochrony Danych Osobowych. (2025). *Sprawozdanie z działalności Prezesa UODO w roku 2024*. <https://uodo.gov.pl/pl/138/3857>
55. *Ustawa z dnia 10 maja 2018 r. o ochronie danych osobowych* (Dz.U. 2018 poz. 1000, z późn. zm.).
56. Voigt, P., & von dem Bussche, A. (2017). *The EU General Data Protection Regulation (GDPR): A practical guide*. Springer International Publishing.
57. Wolska-Bryńska, M. (2025). *Umowa na usługi księgowe a ochrona danych osobowych – jak prawidłowo ją sporządzić?*. <https://ikidp.pl/blog/umowa-na-uslugi-ksiegowe-a-ochrona-danych-osobowych-jak-prawidlowo-ja-sporzadzic/>
58. Yu, F., Lu, Q., Meng, L., Peng, J., Xi, J., & Li, X. L. (2024). A blockchain-based auditing scheme for educational data supporting trusted detection. W *2024 Twelfth International Conference on Advanced Cloud and Big Data (CBD)* (s. 184-189). IEEE.
59. Zespół Mindbox. (2024). *Bezpieczeństwo integracji ERP: Kluczowe ryzyka i audyt*. <https://mindboxgroup.com/pl/bezpieczenstwo-integracji-erp-z-innymi-systemami-na-co-uwazac>
60. Zhao, M., & Rabiei, K. (2022). Feasibility of implementing the human resource payroll management system based on cloud computing. *Kybernetes*, 52(4), 1245-1268. <https://doi.org/10.1108/K-07-2021-0554>

ROZDZIAŁ 23

UWARUNKOWANIA ROZWOJU E-COMMERCE W POLSCE

Felicjan Bylok

Politechnika Częstochowska
Wydział Zarządzania

Wprowadzenie

We współczesnej gospodarce obserwuje się coraz większe zastosowanie technologii informatycznych, co wywołuje wieloaspektowe konsekwencje. Jedną z nich jest dynamiczny rozwój działalności gospodarczej prowadzonej z wykorzystaniem Internetu – dzięki niemu prowadzenie biznesu stało się prostsze ze względu na prawie nieograniczony rynek zbytu i stosunkowo niewysokie koszty związane z prowadzeniem działalności. Internet gromadzi wszystkich konkurentów i konsumentów w jednym miejscu, co ułatwia promowanie i reklamowanie produktów oraz usług na rynku. Zbudowanie strony internetowej WWW wywołało zmianę podejścia do przekazywania informacji. Strona internetowa pełni istotną funkcję w firmie, ponieważ umożliwia prezentację usług i produktów oraz służy do komunikowania się z klientami.

Internet stał się istotnym miejscem prowadzenia działalności handlowej. Zgodnie z analizą Market Research Future (b.r.), wartość globalnego rynku e-commerce w 2024 roku oszacowano na 11 902,81 mld dolarów amerykańskich. Prognozuje się, że ta wartość wzrośnie z 13 831,3 mld dolarów w 2025 roku do 62 086,89 mld dolarów do 2035 roku, wykazując średnioroczną stopę wzrostu (CAGR) na poziomie 16,2% w okresie prognozowania 2025-2035 (CDB, 2025).

Również w Polsce rozwija się rynek e-commerce – z analiz globalnej sprzedaży w Polsce wynika, że nastąpi wzrost wartości rynku z 6,42 bln dolarów w 2025 roku do 7,89 bln dolarów w 2028 roku. Prognozuje się, że sprzedaż e-commerce w 2026 roku ma stanowić 21,1% całkowitej sprzedaży detalicznej, a do 2028 roku wzrośnie do 22,5% (Lin, 2025).

Miliony użytkowników Internetu stanowią potwierdzenie potencjału handlu elektronicznego. Dostęp do sieci posiada 73,2% światowej populacji. W październiku 2025 roku liczba użytkowników Internetu na całym świecie wynosiła ok. 6,04 mld, a w ostatnich latach znacznie wzrosła – w 2018 roku z Internetu korzystało tylko 53% światowej populacji (Statista, 2025). W Polsce w 2025 roku było 34,1 mln osób korzystających z Internetu, co oznacza, że używa go ok. 89,8% krajowej populacji (stan na koniec 2025 roku) (DataReportal, b.r.).

Na całym świecie coraz powszechniejsza staje się sprzedaż dóbr konsumpcyjnych poprzez nowe środki komunikacji. Powstają liczne sklepy internetowe, które oferują prawie nieograniczoną możliwość wyboru, szybkość zakupów, wieloaspektową

informację o produktach. Konsumenci online mają dostęp do niemalże wszystkich sklepów i aukcji na całym świecie. Wykorzystują Internet do porównywania cen towarów i usług, wyszukiwania nowości i informacji o produktach.

Wzrost sprzedaży e-commerce jest związany m.in. ze zdolnością do przekraczania granic geograficznych, zapewniając dostępność globalnego rynku zarówno dla firm, jak i konsumentów. E-commerce umożliwia małym firmom i przedsiębiorcom dotarcie do konsumentów na całym świecie bez konieczności posiadania fizycznych sklepów (Mahesh i in., 2022). Ta nowa sytuacja wymaga od sklepów stacjonarnych dostosowania się do nowych warunków handlu. Konieczne są innowacje cyfrowe mogące sprostać wymaganiom konsumentów, których oczekiwania znacząco ewoluowały w odpowiedzi na rosnące możliwości platform e-commerce (Rosário & Raimundo, 2021). Konsumenci oczekują teraz czegoś więcej niż tylko wymiany transakcyjnej; poszukują angażujących i dostosowanych do własnych potrzeb interakcji z platformami online. Ewolucję tę napędzają takie czynniki, jak szybsze opcje dostawy, przyjazne dla użytkownika interfejsy oraz dostępność szerokiej gamy produktów i usług (Kelvin & Novani, 2023).

W związku z tym sformułowano cel badań, którym było przedstawienie e-commerce jako formy działalności gospodarczej w Polsce oraz identyfikacja głównych determinant, kierunków rozwoju i barier ograniczających jego wzrost. W rozdziale podjęto próbę odpowiedzi na następujące pytania badawcze: W jakich obszarach model e-commerce został wdrożony w polskiej gospodarce? Jakie czynniki determinują jego rozwój? Jakie bariery ograniczają ekspansję handlu elektronicznego? Autor, używając metody analizy krytycznej zastanych dokumentów, tj. raportów i opracowań badań empirycznych, poszukuje odpowiedzi na zadane pytania.

Teoretyczne aspekty funkcjonowania e-commerce

Jedną z konsekwencji rozwoju społeczeństwa informacyjnego jest rozpowszechnianie się nowej formy handlu z wykorzystaniem Internetu – tzw. e-commerce. Proces ten można rozumieć jako sprzedawanie i nabywanie produktów i usług odbywające się za pośrednictwem Internetu lub innych elektronicznych środków przekazu. Analiza definicji e-commerce w literaturze przedmiotu wskazuje, iż autorzy w różny sposób ujmują to pojęcie. Na przykład OECD (2025) definiuje e-commerce jako sprzedaż lub zakup towarów i usług poprzez sieci komputerowe, przy czym zamówienie realizowane jest elektronicznie, ale płatność i dostawa mogą odbyć się online lub offline. Podobnie Turban i in. (2017) definiują e-commerce jako używanie Internetu lub innej sieci (np. intranetu) do zakupów, sprzedaży, transportu dóbr i usług. Szerszą definicję e-commerce zaproponował Achiando (2019), według którego e-commerce obejmuje zintegrowane wykorzystanie technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT) od początku do końca łańcucha wartości. Obejmuje to procedury elektroniczne dla transakcji typu *business-to-business* (B2B), *business-to-consumer* (B2C) i *consumer-to-business* (C2B), które mogą być częściowe lub pełne. W rezultacie e-commerce opisuje strategię firmy, która oferuje platformę i środowisko do sprzedaży i zakupu towarów online.

Podzbiorem e-commerce jest social commerce, odnoszące się ogólnie do realizacji działań i transakcji e-commerce za pośrednictwem środowiska mediów społecznościowych, głównie w sieciach społecznościowych i przy użyciu oprogramowania Web 2.0. Stephen i Toubia (2010) zdefiniowali social commerce jako formę internetowych mediów społecznościowych, które pozwalają ludziom aktywnie uczestniczyć w marketingu i sprzedaży produktów i usług na rynkach i w społecznościach internetowych. Dzięki social commerce ludzie mogą współpracować online, uzyskać porady od zaufanych osób, znaleźć towary i usługi, a następnie je kupić. Social commerce cechują technologie mediów społecznościowych, interakcje ze społecznością oraz działania komercyjne. Według prognoz globalna wartość sprzedaży w social commerce miała przekroczyć w 2025 roku 1,2 bln dolarów, stanowiąc 17% całego e-commerce. W Polsce wartość tego segmentu szacowana jest na 3,68 mld dolarów (ok. 15 mld zł) z rocznym wzrostem na poziomie 20%. Zakupy przez social media deklaruje 19% Polaków, wydając średnio 826 zł rocznie (Research and Markets, 2025). Dla przedsiębiorstw oznacza to jedno: social commerce przestał być opcją – stał się koniecznością.

Konkludując rozważania dotyczące definicji e-commerce, można przyjąć, że jest to zespół działań gospodarczych polegających na sprzedaży i zakupie towarów oraz usług, w których kluczowy etap zawarcia transakcji – złożenie zamówienia – odbywa się za pośrednictwem technologii cyfrowych, w szczególności Internetu, przy czym proces ten może obejmować również elektroniczne formy komunikacji, płatności, obsługi klienta oraz wsparcia logistycznego.

Uczestnikami handlu internetowego są różne podmioty, zarówno przedsiębiorstwa, osoby prywatne, jak i jednostki administracji publicznej. W zależności od rodzaju uczestników możemy wyróżnić określone modele e-commerce (tab. 23.1).

Tabela 23.1. Wybrane modele e-commerce

Rodzaj modelu	Podmioty handlu elektronicznego
B2B (<i>Business-to-Business</i>)	Stronami transakcji są firmy. Transakcje dokonywane są między firmami oraz sieciami firm. Typowe rozwiązania B2B to aukcje B2B, branżowe giełdy internetowe oraz wirtualne rynki.
B2C (<i>Business-to-Consumer</i>)	Stronami są przedsiębiorstwo i konsument. Model obejmuje kontakty handlowe między firmą i klientami indywidualnymi. Najczęściej przybierają one formę handlu elektronicznego dokonywanego za pośrednictwem sklepów internetowych, aukcji B2C, pasaży wirtualnych oraz serwisów ogłoszeniowych.
C2C (<i>Consumer-to-Consumer</i>)	Stronami są konsumenci, którzy kupują, sprzedają lub wymieniają się towarami i usługami bezpośrednio między sobą, zazwyczaj za pośrednictwem platformy zewnętrznej. Model ten eliminuje tradycyjnego pośrednika biznesowego, umożliwiając wymianę używanych lub nowych przedmiotów za pośrednictwem stron internetowych takich jak eBay, Allegro.
A2C (<i>Administration-to-Consumer</i>)	Stronami transakcji są organizacje publiczne i konsumenci. Model obejmuje kontakty między jednostkami administracji publicznej i konsumentami. Najczęściej odbywają się one na portalach internetowych, aukcjach A2C oraz w serwisach ogłoszeniowych.

Źródło: Opracowanie własne

Spośród modeli e-commerce na szczególną uwagę zasługuje handel elektroniczny w segmencie B2C, który stanowi przedmiot wymiany między sklepem elektronicznym a konsumentem. Znaczna część handlu opiera się na sprzedaży materialnych produktów (odzieży, obuwia, sprzętu AGD itd.). Również dużą grupę produktów stanowią towary o charakterze niematerialnym (programy komputerowe, gry komputerowe, e-booki). Każdy z tych rodzajów produktów sprzedawanych przez Internet wymaga innej organizacji sprzedaży i dystrybucji. Zatem ze względu na sposób dystrybucji produktów można podzielić e-commerce na: handel bezpośredni, który obejmuje transakcje handlowe produktów niematerialnych za pośrednictwem sieci (od zamówienia towaru, przez płatność, po dostawę do klienta) i handel pośredni obejmujący produkty materialne, które są dystrybuowane za pomocą tradycyjnych kanałów, np. pocztą, kurierem.

Wraz z upowszechnianiem się e-commerce zmieniają się oczekiwania klientów dotyczące obsługi, wsparcia i sposobu dokonywania zakupów. Wzrasta rola e-usług oferowanych klientom drogą elektroniczną w celu ulepszenia ich doświadczeń zakupowych online, które obejmują wsparcie wyszukiwania, e-odpowiedzi na zapytania klientów, zamówienia i transakcje, e-płatności, zarządzanie rekordami transakcji elektronicznych, e-zapewnienie i zaufanie, e-pomoc i inne formy wsparcia online w przestrzeni elektronicznej B2C. Spośród wielu ujęć e-usług na uwagę zasługuje definicja De Ruyter i in. (2001, s. 185), według których e-usługa to interaktywna, skoncentrowana na treści i oparta na Internecie obsługa klienta, napędzana przez klienta i zintegrowana z powiązаныmi procesami i technologiami organizacyjnej obsługi klienta, mająca na celu wzmocnienie relacji klient–dostawca usług. Featherman i Pavlou (2003) sugerują, że e-usługi umożliwiają elektroniczną komunikację, gromadzenie informacji, przetwarzanie transakcji i wymianę danych wewnątrz i między przedsiębiorstwami w czasie i przestrzeni. Internet służy swoim użytkownikom za pomocą różnorodnych e-usług. E-usługa obejmuje element usługowy e-sprzedaży, obsługi i obsługi klienta oraz świadczenia usług (Rowley, 2006). Zatem *e-services* (usługi elektroniczne) to niematerialne świadczenia realizowane z wykorzystaniem technologii cyfrowych, w szczególności Internetu, w których kluczowe etapy świadczenia usługi – udostępnienie, realizacja oraz konsumpcja – odbywają się w środowisku elektronicznym z ograniczonym lub pośrednim udziałem człowieka, umożliwiając zdalną interakcję między usługodawcą a użytkownikiem. Handel e-usługami dynamicznie się rozwija i obejmuje coraz to nowe obszary, występuje w bankowości, turystyce, edukacji, administracji, ubezpieczeniach itp.

Z badań wynika, że jakość usług elektronicznych w e-commerce statystycznie pozytywnie wpływa na zachowania zakupowe konsumentów (Saha & Rathore, 2025). Ten pozytywny wpływ wspiera również integracja sztucznej inteligencji (AI) z e-usługami. Dzięki wykorzystaniu AI e-usługi mogą dostarczać spersonalizowane doświadczenia poprzez inteligentne rekomendacje, które uwzględniają indywidualne preferencje i zachowania, znacząco zwiększając zaangażowanie użytkowników. Z drugiej strony chatboty NLP zapewniają natychmiastowe i trafne odpowiedzi, poprawiając efektywność i zadowolenie klientów (Lim i in., 2024).

Czynnikiem sprzyjającym rozwojowi e-commerce jest sztuczna inteligencja, która przestała być jedynie technologiczną nowinką, a stała się fundamentem nowoczesnego handlu elektronicznego. Udział sztucznej inteligencji w e-handlu można zdefiniować jako wykorzystanie technik, systemów, narzędzi lub algorytmów sztucznej inteligencji do wspierania działań związanych z kupowaniem i sprzedawaniem produktów lub usług przez Internet (Bawack i in., 2022). AI sprzyja sprzedaży i lojalności klientów, wykorzystując wgląd w ich dane w czasie rzeczywistym. Algorytmy tworzą unikalne ścieżki zakupowe, wykorzystując proces hiperpersonalizacji, który polega na dostosowywaniu usług i rekomendacji produktów do indywidualnych preferencji w czasie rzeczywistym, co stanowi kluczowy element dzisiejszych strategii handlu detalicznego zorientowanych na klienta (Liu & Kim, 2020). Najnowsze badania podkreślają, jak sztuczna inteligencja może wydobywać cenne informacje z ogromnych zbiorów danych, aby precyzyjnie przewidywać i identyfikować zachowania konsumentów (Chakranarayan, 2025). Narzędziem AI wspomagającym proces zakupowy konsumentów jest wyszukiwanie wizualne produktów oparte na AI. W tym procesie wykorzystywane są splotowe sieci neuronowe i architektura głębokiego uczenia, umożliwiające kupującym wyszukiwanie za pomocą obrazów, a nie tekstu, tworząc intuicyjne doświadczenia zakupowe o wyższym wskaźniku zaangażowania. Współczesne systemy wyszukiwania oparte na AI przyczyniają się do poprawy wartości wskaźników wydajności, takich jak wyniki NDCG, precyzja i wskaźniki zapamiętania w różnych kategoriach produktów (Subramaniam, 2025).

Kolejnym obszarem e-commerce, w którym wykorzystywana jest sztuczna inteligencja, jest dynamiczne zarządzanie cenami. Jest ono kluczowe dla firm e-commerce, jeśli chcą maksymalizować przychody bez nadmiernego magazynowania. Aby skutecznie reagować na zmiany popytu, jego dokładne prognozowanie jest kluczowe dla procesu wprowadzania zmian w cenach. Almahadeen i in. (2025) proponują wdrożenie sieci FAN do prognozowania popytu równoległe z agentem RL do dynamicznego ustalania cen oraz dostrojenie agenta RL. System hybrydowy pobiera prognozę popytu z sieci FAN, aby ułatwić agentowi RL podejmowanie decyzji o ustaleniu odpowiednich cen. Agent RL współpracuje z otoczeniem, zmieniając ceny w oparciu o prognozy popytu i zapasów, a także ceny konkurentów. Zastosowanie tego rozwiązania pozwoliło zwiększyć prognozowania popytu modelu do 95%, co przekłada się na lepszy wzrost przychodów.

W e-commerce coraz częściej wykorzystuje się agentów rekomendacji (RA) opartej na sztucznej inteligencji, którzy mają doradzać i pomagać konsumentom. Najczęściej proponują produkty i usługi konsumentom na podstawie ich poprzednich wyborów i zachowań online (Islek & Oguducu, 2022). Agent rekomendacji może wykorzystywać różne strategie przetwarzania informacji i rekomendowania nowych produktów: filtrowanie grupowe sugeruje nowe zakupy na podstawie nie tylko zachowania użytkownika, ale także innych osób o podobnych zainteresowaniach i przekonaniach; filtrowanie oparte na treści sugeruje nowe pozycje wyłącznie na podstawie wcześniejszego zachowania konsumenta; filtrowanie hybrydowe, które wykorzystuje kombinację obu metod (Rohden & Zeferino, 2023).

E-commerce jest atrakcyjną formą prowadzenia działalności gospodarczej dla przedsiębiorców zarówno dużych, jak i małych (Kartiwi & MacGregor, 2007), co wynika z jego zalet. Do najważniejszych można zaliczyć: możliwość sprzedaży różnorodnych dóbr i usług; ciągłą i natychmiastową możliwość aktualizacji oferty; nowy kanał dystrybucji, który może stać się dodatkowym kanałem dla tradycyjnych metod sprzedaży detalicznej; sprawniejsze zarządzanie kontaktami z klientami; szeroki zasięg, obejmujący także rynki zagraniczne; ograniczanie kosztów poprzez eliminowanie ogniw pośrednich; możliwość dotarcia do klientów niszowych; obniżenie kosztów prowadzenia działalności gospodarczej; możliwość wydłużenia czasu pracy na całą dobę bez konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów; lepsze wykorzystanie możliwości produkcyjnych (Dąbrowska, 2010). Oprócz niewątpliwych zalet związanych z prowadzeniem działalności gospodarczej w formie e-commerce można wskazać na istotne czynniki ograniczające jego rozwój. Do najważniejszych można zaliczyć: wysoki koszt dostarczenia towaru do klienta; brak efektywnego i rozbudowanego systemu spedycyjnego oraz dostawczego; brak efektywnej obsługi płatności kartami kredytowymi; zagrożenie dotychczasowej stabilności firmy poprzez wzrost konkurencji (Barska, 2013). Z analizy korzyści i barier związanych z prowadzeniem działalności handlowej w formie e-commerce wynika, że jest to atrakcyjna możliwość rozwijania biznesu zarówno dla małych, jak i średnich przedsiębiorstw, które dzięki niej mogą poszerzyć rynek zbytu na swoje produkty i stać się konkurencyjnym wobec innych podmiotów gospodarczych.

Konkludując, e-commerce staje się istotną formą prowadzenia działalności gospodarczej, w szczególności dla mikro- i małych przedsiębiorstw. Nie wymaga znacznego kapitału, konieczne są natomiast kompetencje w zakresie użytkowania technologii informatycznej. Poza tym jest istotnym uzupełnieniem oferty dla konsumentów, dzięki czemu w pełniejszy sposób zaspokajają oni swoje potrzeby.

Propozycja modelu wpływu uwarunkowań makro i mikro na rozwój e-commerce

Rozwój e-commerce jest zjawiskiem wielowymiarowym determinowanym przez czynniki infrastrukturalne, organizacyjne oraz behawioralne. W literaturze przedmiotu podkreśla się, że adopcja i dynamika handlu elektronicznego zależą zarówno od poziomu cyfryzacji gospodarki, jak i od zdolności przedsiębiorstw do implementacji technologii oraz od postaw konsumentów (Chaffey & Patron, 2022). Proponowany model ma charakter wielopoziomowy i integruje trzy komplementarne perspektywy analityczne:

- 1) poziom makro – środowisko cyfrowe,
- 2) poziom mezo – przedsiębiorstwo,
- 3) poziom mikro – konsument.

Na poziomie makro kluczową rolę odgrywa infrastruktura teleinformatyczna oraz stopień cyfryzacji gospodarki. Badania wskazują, że dostęp do szerokopasmowego Internetu oraz rozwój technologii mobilnych istotnie zwiększają prawdopodobieństwo uczestnictwa w handlu elektronicznym (The World Bank, b.r.). Czynniki makro

tworzą zatem warunki brzegowe dla rozwoju rynku e-commerce, determinując zarówno jego dostępność, jak i potencjał wzrostu.

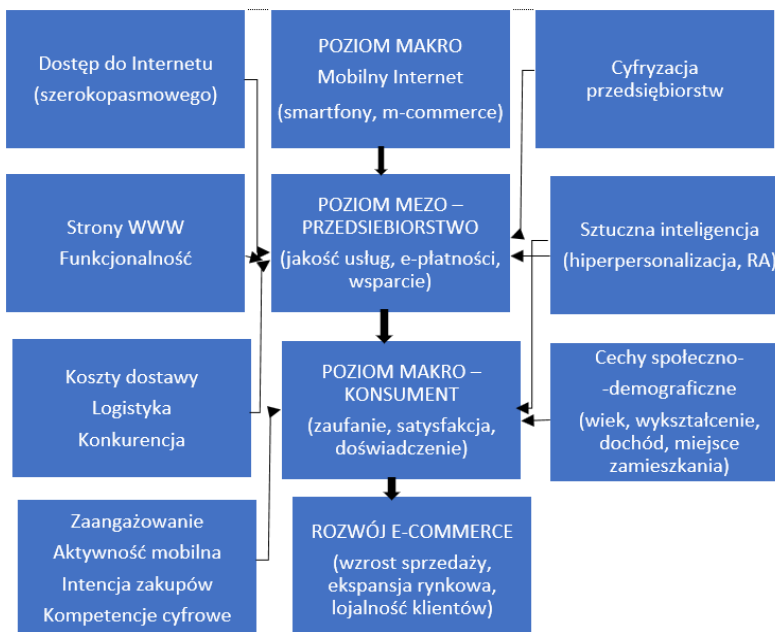
Na poziomie przedsiębiorstwa kluczowe znaczenie mają zasoby technologiczne, kompetencje cyfrowe oraz jakość oferowanych e-usług. W literaturze podkreśla się, że jakość systemu, jakość informacji oraz jakość usług wpływają bezpośrednio na satysfakcję użytkownika i jego intencję ponownego zakupu (DeLone & McLean, 2003).

Jednocześnie badacze wskazują na bariery ograniczające rozwój e-commerce (Loo i in., 2025). Do najważniejszych można zaliczyć wysokie koszty logistyczne, brak kompetencji cyfrowych pracowników czy presję konkurencyjną. Czynniki te mogą osłabiać pozytywny wpływ środowiska makro na efektywność przedsiębiorstw.

Na poziomie mikro kluczowe znaczenie mają czynniki demograficzne, psychologiczne i behawioralne. Modele akceptacji technologii, takie jak UTAUT (Venkatesh i in., 2003), wskazują, że postrzegana użyteczność, łatwość użycia oraz zaufanie determinują intencję korzystania z rozwiązań cyfrowych.

Model wpływu uwarunkowań makro i mikro na rozwój e-commerce zakłada kaskadowy mechanizm oddziaływania, tj. środowisko makro wpływa w istotny sposób na zdolności przedsiębiorstw, a te z kolei oddziałują poprzez instrumenty marketingowe na postawy i zachowania konsumentów, co ostatecznie decyduje o rozwoju e-commerce (rys. 23.1).

Podsumowując, model ma charakter dynamiczny, zakłada, że rozwój rynku generuje sprzężenia zwrotne w postaci zwiększonej presji innowacyjnej i dalszej cyfryzacji gospodarki.



Rys. 23.1. Model rozwoju e-commerce

Źródło: Opracowanie własne

Determinanty rozwoju e-commerce w Polsce

Jednym z istotnych uwarunkowań funkcjonowania e-handlu jest dostęp do Internetu. Jak wynika z badań Głównego Urzędu Statystycznego, w Polsce dostęp do Internetu posiadało 95,9% gospodarstw domowych, w tym 94,9% do szerokopasmowego Internetu. Uwzględniając klasę miejsca zamieszkania, odsetek gospodarstw z Internetem był większy w dużych miastach (97,1%) niż w mniejszych oraz na obszarach wiejskich (95,5%) (GUS, 2024). Wysoki poziom dostępu do Internetu w gospodarstwach domowych powoduje tworzenie sprzyjających warunków dla rozwoju e-handlu, ponieważ powszechna dostępność łączy szerokopasmowych eliminuje barierę technologiczną uczestnictwa w rynku cyfrowym. W konsekwencji e-commerce może rozwijać się w skali masowej.

Interesująca jest analiza cech społeczno-demograficznych osób korzystających z Internetu. Z badań sondażowych CBOS wynika, że w 2025 roku z Internetu korzystają niemal powszechnie najmłodszy Polacy – w wieku poniżej 25 lat (97%) – a także zdecydowana większość osób w przedziale wiekowym 25-34 lata (94%). Liczba użytkowników Internetu spada wraz z wiekiem, najmniejszy odsetek internautów jest w wieku 65 lat i więcej (55%). Zatem struktura wiekowa użytkowników Internetu bezpośrednio wpływa na strukturę klientów e-commerce – niemal powszechnie korzystanie z Internetu przez osoby do 34. roku życia powoduje, że to ludzie młodzi stanowią główną grupę nabywców online. Z kolei niski poziom korzystania z Internetu w grupie osób 65+ ogranicza ich udział w handlu elektronicznym.

Korzystający z Internetu to w większości osoby stosunkowo dobrze wykształcone (wykształcenie wyższe posiada 94% użytkowników, a średnie 87% internautów). Zmienną różnicującą użytkowników Internetu jest status zawodowy. Największą grupę użytkowników Internetu stanowią osoby pracujące na stanowiskach kierowniczych (98%) oraz pracownicy administracyjno-biurowi i pracownicy usług (94%). Natomiast najmniejszą grupę osób korzystających z Internetu stanowią rolnicy (78%) (CBOS. Centrum Badań Opinii Społecznej, 2025). Konkludując, status zawodowy wpływa na skalę uczestnictwa w e-commerce, ponieważ osoby zajmujące stanowiska kierownicze i administracyjno-biurowe częściej korzystają z Internetu, co przekłada się na ich większą aktywność zakupową online, natomiast niższa aktywność internetowa rolników ogranicza ich udział w tym segmencie rynku.

Kolejną determinantą handlu elektronicznego jest wyposażenie przedsiębiorstw w komputery mające dostęp do Internetu. Z badań GUS wynika, że w 2025 roku wskaźnik dostępu do Internetu w przedsiębiorstwach różnił się w zależności od ich wielkości. Największy był w przypadku dużych przedsiębiorstw (100%), następnie w przedsiębiorstwach średniej wielkości (99,6%), w przedsiębiorstwach małych (98,4%) i w mikroprzedsiębiorstwach (98,6%) (GUS, 2025b). Zatem powszechny dostęp przedsiębiorstw do Internetu warunkuje możliwość prowadzenia sprzedaży online, gdyż infrastruktura cyfrowa jest podstawą dla wdrażania modeli e-biznesowych. W efekcie niemal pełne nasycenie przedsiębiorstw dostępem do sieci sprzyja dalszej ekspansji e-commerce.

Rozwój e-commerce zależy nie tylko od liczby komputerów z dostępem do Internetu, lecz również od liczby użytkowników telefonii mobilnej z łączem internetowym. Do urządzeń mobilnych zaliczamy telefon komórkowy, smartfon oraz tablet. W Polsce odsetek osób posiadających smartfon jest wysoki (93,4%), co przekłada się na częste wykorzystywanie go w zakupach online (82%) (GUS, 2025a). Wysoki poziom wyposażenia społeczeństwa w smartfony powoduje dynamiczny rozwój m-commerce, ponieważ mobilność urządzeń umożliwia dokonywanie zakupów niezależnie od miejsca i czasu. W konsekwencji rośnie liczba transakcji realizowanych przez urządzenia mobilne

Masowość użytkowania mobilnej telefonii z dostępem do Internetu wpłynęła na większy zakres dokonywania transakcji przy użyciu smartfonów i tabletów. Proces ten można nazwać m-commerce. Oznacza on dostęp komercyjnych usług oferowanych w ramach e-commerce za pośrednictwem urządzeń bezprzewodowych, przede wszystkim smartfonów i tabletów (Prałat, 2013). Podstawową cechą tej technologii jest mobilność, czyli zdolność do przemieszczania się i uniezależnienia od tradycyjnego dostępu do Internetu. W Polsce 65% posiadaczy urządzeń mobilnych kupuje online, przy czym częściej zakupów dokonują kobiety (80%) niż mężczyźni (56%). Zatem upowszechnienie mobilnego Internetu skutkuje zmianą modelu konsumpcji na bardziej mobilny i spontaniczny, co potwierdza trzykrotny wzrost liczby odsłon mobilnych w kategorii e-commerce (Gemius, 2025). Oznacza to, że przedsiębiorstwa muszą dostosować swoje platformy do urządzeń mobilnych.

Wiek jest istotną determinantą wykorzystywania smartfonów do zakupów online. M-konsumentami są zazwyczaj przedstawiciele pokolenia X i silwersi (60%). Jeśli chodzi o miejsce zamieszkania (poza miastami małymi liczącymi 20-50 tys. mieszkańców), kupujący mobilnie stanowią ponad 60%, a na wsiach nawet 90%. Jeśli analizować potencjał zakupowy konsumentów, częściej mobilnie kupują osoby zamożne o przychodach na osobę w gospodarstwie domowym w przedziale od 7000 zł do 10 000 zł (86%) oraz 10 000 zł i więcej (88%) (Izba Gospodarki Elektronicznej, 2025). W związku z tym obserwujemy tworzenie się nowego trendu w e-handlu opartego na wykorzystywaniu urządzeń mobilnych do realizacji procesu konsumpcji. Coraz bardziej zaawansowane technologicznie urządzenia stają się alternatywą dla komputerów stacjonarnych i laptopów.

Kolejną determinantą rozwoju e-commerce w Polsce jest wykorzystywanie stron WWW w celach biznesowych przez przedsiębiorstwa. W 2025 roku udział przedsiębiorstw posiadających własną stronę internetową wyniósł 67,5%, przy czym wśród dużych firm 92,7% posiada stronę WWW, wśród przedsiębiorstw średniej wielkości 84,4%, natomiast w przypadku małych przedsiębiorstw posiadanie strony internetowej deklarowało 63,4%. Większość przedsiębiorstw w swojej witrynie prezentowało katalogi wyrobów i usług (67,5%). Stosunkowo rzadziej strony WWW umożliwiły użytkownikom zamawianie produktów według własnego projektu (8%), zamawianie lub rezerwację online (13,4%), personalizację strony dla stałych użytkowników (12,5%) oraz informowanie o wolnych stanowiskach pracy i możliwość przesyłania dokumentów aplikacyjnych online (18,2%) (GUS, 2025b). Niewystarczające

wykorzystanie stron internetowych przez przedsiębiorstwa ogranicza potencjał rozwoju e-commerce, ponieważ – choć wiele firm posiada strony WWW – rzadko oferują one zaawansowane funkcje (zamówienia online, personalizacja). W efekcie brak interaktywnych rozwiązań może zmniejszać konkurencyjność przedsiębiorstw i zniechęcać klientów.

Zatem przed przedsiębiorstwami w Polsce stoją duże wyzwania związane ze zmianą sposobu działania. Konsumenci wymagają w coraz większym stopniu otwartości przedsiębiorstw na informację o swoich produktach. Rosnące wymagania konsumentów wobec jakości i funkcjonalności stron internetowych wymuszają zmianę strategii przedsiębiorstw, gdyż nieprofesjonalne serwisy mogą prowadzić do utraty klientów. W konsekwencji przedsiębiorstwa muszą inwestować w rozwój technologiczny i orientację na klienta, aby utrzymać swoją pozycję na rynku. Nieprofesjonalnie przygotowane strony WWW mogą zniechęcić potencjalnych klientów do zakupu produktu przez nich oferowanego. Konieczna jest zmiana podejścia do konsumenta, którego należy traktować jako ważne ogniwo funkcjonowania przedsiębiorstwa na rynku.

Podsumowując, wysoki poziom cyfryzacji społeczeństwa i przedsiębiorstw w Polsce stanowi bezpośrednią przyczynę dynamicznego rozwoju e-handlu, natomiast czynniki demograficzne, dochodowe i technologiczne determinują jego strukturę oraz tempo dalszej ekspansji.

Wielkość rynku e-commerce w Polsce

Istotnym wskaźnikiem potencjału tkwiącego w e-commerce jest wielkość obrotów przedsiębiorstw w handlu elektronicznym. Z badań Eurostatu wynika, że w 2025 roku skala obrotów w ramach e-handlu w Unii Europejskiej osiągnęła 19,8% w stosunku do wartości handlu w ogóle. Wysoki udział e-commerce w obrotach przedsiębiorstw w UE świadczy o rosnącym znaczeniu handlu elektronicznego jako kanału sprzedaży, co oznacza, że cyfryzacja procesów handlowych bezpośrednio zwiększa udział sprzedaży online w całkowitych przychodach firm.

Największe obroty osiągnęły przedsiębiorstwa w Irlandii (38,25%), Danii (33,31%), Finlandii (30,13%), Belgii (29,53%), Słowacji (27,43%), Szwecji (26,32%) i Niderlandach (21,72%). Natomiast najmniejsze obroty miały przedsiębiorstwa w Bułgarii (7,23%), Grecji (9,43%), Łotwie (12,17%) oraz Rumunii (13,24%). Zróżnicowanie poziomu obrotów e-commerce między państwami UE wynika z różnego stopnia cyfryzacji gospodarek, dlatego kraje takie jak Irlandia, Dania czy Finlandia osiągają znacznie wyższe udziały sprzedaży online niż Bułgaria czy Grecja. Zatem rozwój infrastruktury cyfrowej i kompetencji technologicznych bezpośrednio przekłada się na skalę obrotów w e-handlu.

W Polsce obroty były mniejsze o 1,4% w stosunku do średniej w Unii Europejskiej i wyniosły 17,66% (Eurostat, 2026). Niższy od średniej UE udział e-commerce w Polsce powoduje, że krajowy rynek wciąż posiada niewykorzystany potencjał

wzrostu, ponieważ dystans do pozycji liderów wskazuje na możliwość dalszego zwiększania udziału sprzedaży online w strukturze handlu.

Szczegółowa analiza obrotów przedsiębiorstw z handlu detalicznego w Polsce wskazuje, że przedsiębiorstwa prowadzące handel za pośrednictwem sieci internetowych częściej dokonywały zakupów niż sprzedaży. W Polsce odsetek przedsiębiorstw otrzymujących zamówienie przez sieci komputerowe był niższy o 6% od średniej w Unii Europejskiej (23,8%) (Eurostat, 2025). Szczegółowa analiza obrotów przedsiębiorstw z handlu detalicznego w Polsce wskazuje, że przedsiębiorstwa prowadzące handel za pośrednictwem sieci internetowych częściej dokonywały zakupów niż sprzedaży. W 2024 roku dwukrotnie więcej firm dokonywało zakupów poprzez strony internetowe, aplikacje mobilne lub internetowe platformy handlowe (50,7%) niż otrzymywało zamówień (27%). Przedsiębiorstwa, które otrzymywały zamówienia online, to przede wszystkim przedsiębiorstwa duże (41,9%), następnie przedsiębiorstwa średnie (29,8%) i przedsiębiorstwa małe (25,7%) (GUS, 2025b). Fakt, że przedsiębiorstwa w Polsce częściej dokonują zakupów online niż prowadzą sprzedaż internetową, oznacza asymetrię wykorzystania e-commerce, co skutkuje silniejszą cyfryzacją procesów zaopatrzeniowych niż sprzedażowych. W konsekwencji e-commerce szybciej rozwija się w obszarze B2B po stronie zakupowej niż sprzedażowej.

W przypadku zamówień składanych przez pracowników firmy w sklepach lub hurtowniach internetowych, w aplikacjach lub na internetowych platformach handlowych największy odsetek zaobserwowano w przypadku dużych przedsiębiorstw (50,7%) a najmniejszy wśród przedsiębiorstw małych (48,6%). Do składania zamówień przez sieci komputerowe w Polsce firmy wykorzystują dwa narzędzia: stronę WWW oraz wiadomości typu EDI. W Unii Europejskiej w 2025 roku odsetek przedsiębiorstw otrzymujących zamówienia elektroniczne wyłącznie za pośrednictwem stron internetowych lub aplikacji wahał się od 36,89% obrotu na Litwie do 9,09% w Luksemburgu. Natomiast w Polsce odsetek ten wyniósł 16,84% i był mniejszy od średniej w Unii Europejskiej o 3,87%.

Z kolei odsetek przedsiębiorstw korzystających wyłącznie z wiadomości typu EDI do e-sprzedaży wahał się od 8,72% obrotu przedsiębiorstw w Danii i 7,23% w Szwecji do mniej niż 1% w Grecji (0,44%) i na Cyprze (0,87%). W Polsce odsetek ten wyniósł 3,34% i był mniejszy od średniej w Unii Europejskiej o 2,26%.

Odsetek przedsiębiorstw korzystających z obu kanałów był najwyższy w Irlandii (25,15%) i Litwie (12,29%), a najniższy we Francji (4,05%) i Słowenii (4,63%). W Polsce odsetek wyniósł 6,66% i był niższy od średniej w Unii Europejskiej o 1,63% (Eurostat, 2026).

Dominacja stron internetowych i systemów EDI jako narzędzi e-sprzedaży wskazuje, że stopień zaawansowania technologicznego przedsiębiorstwa wpływa na wybór kanału sprzedaży, przy czym rozwiązania EDI są częściej wykorzystywane przez duże podmioty. Wobec tego rozwój zintegrowanych systemów wymiany danych sprzyja profesjonalizacji e-handlu. Niższy w Polsce niż w UE odsetek przedsiębiorstw korzystających wyłącznie ze stron WWW, wyłącznie z EDI oraz z obu kanałów

jednocześnie oznacza relatywnie słabszą integrację wielokanałową, co może ograniczać konkurencyjność polskich firm na rynku europejskim.

Przedsiębiorstwa częściej wykorzystują e-commerce do dokonywania zakupów niż sprzedaży. Aktywność sprzedażowa w e-commerce jest silnie uzależniona od wielkości przedsiębiorstwa – najczęściej zamówienia online otrzymywały przedsiębiorstwa duże, rzadziej średnie i małe. Podobna zależność widoczna jest w zakresie składania zamówień online przez pracowników firm – największy odsetek dotyczył dużych przedsiębiorstw, a najmniejszy małych. W praktyce polskie przedsiębiorstwa korzystają głównie z dwóch narzędzi e-commerce: stron internetowych oraz komunikatów EDI, przy czym te drugie są zdecydowanie częściej wykorzystywane przez duże podmioty.

Jednocześnie dane długookresowe potwierdzają bardzo dynamiczny rozwój rynku e-commerce w Polsce. W latach 2020-2025 jego wartość wzrosła o 183% – w roku 2020 wartość sprzedaży e-commerce wynosiła 83 mld zł, natomiast w roku 2025 osiągnęła poziom 8152 mld zł (Strategy&, 2024). Wysoka dynamika wzrostu rynku e-commerce powoduje zwiększenie presji konkurencyjnej oraz konieczność inwestycji w technologie cyfrowe, ponieważ przedsiębiorstwa, które nie rozwijają sprzedaży online, mogą tracić pozycję na rynku na rzecz podmiotów bardziej zaawansowanych technologicznie.

Podsumowując, rozwój e-commerce w Polsce jest procesem dynamicznym, lecz nadal nie w pełni wykorzystanym w porównaniu z liderami UE. Wielkość przedsiębiorstwa, poziom cyfryzacji oraz zakres wykorzystania narzędzi elektronicznych bezpośrednio determinują skalę obrotów w handlu internetowym, a utrzymujący się wzrost rynku wskazuje na znaczący potencjał dalszej ekspansji e-commerce.

Potencjał rozwoju e-commerce w Polsce

W celu określenia potencjału rozwoju e-commerce w Polsce warto przeanalizować zachowania nabywcze ludzi w Internecie. Konieczne staje się poznanie profilu nabywcy dóbr i usług. Właściciele firm, którzy korzystają z e-commerce jako kanału dystrybucji, powinni mieć pełną informację o tym, kto kupuje online, co kupuje i dlaczego kupuje oraz w jaki sposób zachęcić internautów niekupujących w Internecie do nabywania dóbr w celu zwiększenia sprzedaży online. Gdy ta informacja jest dostępna, przedsiębiorstwo może opracować jasną strategię w celu utrzymania istniejących i pozyskania przyszłych konsumentów.

Analiza zachowań nabywczych polskich internautów wskazuje na wysoki i wciąż rosnący potencjał rozwoju e-commerce w Polsce. Zakupy online deklaruje 78% internautów, przy czym dominują transakcje realizowane w polskich sklepach (76%), a istotna część konsumentów korzysta również z zagranicznych e-sklepów (42%). Dominacja zakupów w polskich e-sklepach skutkuje wzmocnieniem krajowego sektora handlu elektronicznego, natomiast równoczesne korzystanie z zagranicznych platform zwiększa presję konkurencyjną na polskie firmy i wymusza podnoszenie

jakości oferty. Zakupy za pośrednictwem mediów społecznościowych mają natomiast nadal ograniczony zasięg (19%), co oznacza, że social commerce w Polsce znajduje się jeszcze na wczesnym etapie rozwoju. Wskazuje to na istnienie niewykorzystanego potencjału sprzedażowego w tym kanale.

Proces decyzyjny e-konsumentów jest coraz bardziej świadomy i złożony. Przed dokonaniem zakupu internauci najczęściej porównują ceny (72%) i poszukują konkretnych marek (73%). Powoduje to wzrost transparentności rynku, a w konsekwencji nasilenie konkurencji cenowej między sklepami internetowymi. Brak konkurencyjnej ceny lub rozpoznawalnej marki może bezpośrednio ograniczać sprzedaż. Poza tym konsumenci wybierają sklepy, którym ufają (51%). Zaufanie do sklepu jako kryterium wyboru skutkuje koniecznością budowania wiarygodności marki, ponieważ brak reputacji może prowadzić do utraty potencjalnych klientów.

Jednocześnie zauważalny jest wzrost znaczenia nowoczesnych narzędzi cyfrowych, w tym rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji, takich jak chatboty (35%), które coraz częściej wspierają konsumentów w procesie zakupowym. Oznacza to stopniową automatyzację procesu obsługi klienta, co może zwiększać efektywność sprzedaży.

Analiza profilu e-konsumenta wykazuje, że są to osoby młode, w wieku 25-34 lat (83,1%), z wykształceniem wyższym (80,5%), pracownicy najemni (70,8%), mieszkańcy dużych miast (67,5%) (GUS, 2025a). Są to grupy, które w najbliższej przyszłości będą wydawać większe kwoty na zakup dóbr konsumpcyjnych. Określenie profilu e-konsumenta (osoby młode, 25-34 lata, dobrze wykształcone, pracujące, mieszkańcy dużych miast) powoduje koncentrację popytu online w grupach o relatywnie wyższej sile nabywczej, co sprzyja dalszemu wzrostowi wartości rynku.

W opisie zachowań konsumentów dokonujących zakupów w sklepach internetowych istotną rolę odgrywają motywy zakupowe (Zaharia, 2019). Kluczowymi motywami dokonywania zakupów online są korzyści ekonomiczne oraz wygoda – niższe ceny (46%), kody rabatowe (43%), zniżki dla osób kupujących przez Internet (38%), atrakcyjne warunki dostawy i jej szybkość (32%), więcej informacji o produkcie na stronach sklepu (20%), wyższa jakość produktu (30%). Świadczy to o rosnącej wiedzy i świadomości konsumentów w zakresie mechanizmów handlu elektronicznego (Gemius, 2025). Dominacja motywów ekonomicznych (niższe ceny, rabaty, zniżki) oraz wygoda (szybka dostawa) powodują, że konkurencja w e-commerce koncentruje się na cenie i logistyce, co wymusza inwestycje w efektywne łańcuchy dostaw i politykę promocyjną.

Struktura zakupów internetowych ukazuje wyraźne zróżnicowanie preferencji konsumentów. Najczęściej nabywanymi dobrami w Internecie są odzież i obuwie, które wybiera ponad jedna trzecia kupujących online. Dużą popularnością cieszą się również kosmetyki (19%) oraz sprzęt elektroniczny (15%), a w dalszej kolejności książki i inne publikacje cyfrowe (10%) oraz artykuły motoryzacyjne (10%). Zdecydowanie najmniejszym zainteresowaniem wśród internautów objęte są natomiast produkty *stricto* cyfrowe, takie jak programy, aplikacje czy gry komputerowe (4%),

co wskazuje na ograniczony popyt na tego typu dobra w polskim e-commerce (CBOS. Centrum Badań Opinii Społecznej, 2025). Konkludując, struktura zakupów (odzież i obuwiu jako najczęściej kupowane kategorie) skutkuje silnym rozwojem segmentu „fashion” w e-commerce, natomiast niski udział produktów cyfrowych wskazuje na ograniczony popyt w tym obszarze i mniejszy potencjał rozwoju tego segmentu.

Wpływ na ocenę potencjału e-commerce ma również stopień wykorzystania sztucznej inteligencji. Według badań Gemius (2025) sztuczna inteligencja może stać się ważnym narzędziem wspierającym proces zakupów online, jednak jej wykorzystanie w polskim e-commerce pozostaje ograniczone. Ponad połowa internautów deklaruje korzystanie z narzędzi AI i chatbotów, przy czym zdecydowanie najczęściej używanym rozwiązaniem jest ChatGPT. *Dominacja takich narzędzi jak OpenAI czy ChatGPT wśród użytkowników powoduje wzrost oczekiwań wobec jakości cyfrowej obsługi klienta, co skutkuje presją wdrażania bardziej zaawansowanych i intuicyjnych systemów wsparcia przez sklepy internetowe.*

Mimo to jedynie niewielka część konsumentów miała faktyczny kontakt z chatbotem lub wirtualnym asystentem na stronach e-sklepów (31%), co sugeruje, że AI wciąż jest rzadko integrowana z procesem sprzedaży. Niski poziom faktycznego kontaktu konsumentów z chatbotami w e-sklepach oznacza ograniczoną integrację AI z procesem sprzedaży, co w konsekwencji zmniejsza jej bezpośredni wpływ na wzrost konwersji i wartości sprzedaży online.

Doświadczenia użytkowników, którzy zetknęli się z chatbotami w e-commerce, są przeważnie pozytywne (51%), szczególnie w zakresie szybkiego udzielania odpowiedzi na proste pytania. Pozytywne doświadczenia użytkowników w zakresie szybkiego uzyskiwania odpowiedzi powodują wzrost akceptacji chatbotów jako narzędzia obsługi klienta, co może prowadzić do zwiększenia efektywności komunikacji oraz obniżenia kosztów operacyjnych przedsiębiorstw.

Jednocześnie personalizowane rekomendacje, będące jedną z kluczowych funkcji AI, mają umiarkowany wpływ na decyzje zakupowe – istotne są tylko dla części konsumentów (38%), podczas gdy znaczna grupa nie dostrzega ich znaczenia. Wyniki te pokazują, że choć świadomość i akceptacja AI wśród internautów rośnie, jej realny wpływ na sprzedaż online wymaga dalszego rozwoju i lepszego dopasowania do potrzeb konsumentów.

Podsumowując, rosnąca świadomość i pozytywne nastawienie do AI stanowią czynniki sprzyjające rozwojowi e-commerce, jednak ograniczona integracja tych narzędzi z procesem sprzedaży powoduje, że ich realny wpływ na wzrost obrotów pozostaje na razie umiarkowany. Dalszy rozwój i lepsze dopasowanie rozwiązań AI do potrzeb konsumentów mogą stać się jednym z kluczowych motorów wzrostu handlu elektronicznego w Polsce. Wysoka aktywność zakupowa internautów, rosnąca świadomość konsumencka oraz stopniowa integracja narzędzi cyfrowych (w tym AI) stanowią bezpośrednie przyczyny wzrostu potencjału e-commerce w Polsce. Jednocześnie konkurencja cenowa, znaczenie logistyki oraz potrzeba budowania zaufania determinują kierunki dalszego rozwoju rynku.

Bariery rozwoju e-commerce w Polsce

Z analizy stanu rzeczywistego e-commerce w Polsce wynika, że jest to branża szybko rozwijająca się, jednakże dalszy jej rozwój zależy od pokonania licznych barier. Występują one zarówno po stronie oferentów dóbr i usług konsumpcyjnych, jak i konsumentów.

Jedną z ważnych barier jest niesymetryczna struktura przedsiębiorstw prowadzących działalność handlową w Internecie. Branża ta jest domeną małych przedsiębiorstw. Większość firm sprzedających swoje produkty i usługi poprzez strony internetowe, aplikacje mobilne lub internetowe platformy handlowe to duże przedsiębiorstwa (41%), następnie w kolejności są przedsiębiorstwa średnie (29,8%) i przedsiębiorstwa małe (25,9%) (GUS, 2025b). Dysproporcja między przedsiębiorstwami dużymi a małymi powoduje koncentrację sprzedaży internetowej w rękach większych podmiotów, co ogranicza równomierny rozwój branży. Dominacja dużych przedsiębiorstw w zakresie otrzymywania zamówień online powoduje asymetrię rynkową, która może prowadzić do marginalizacji części małych podmiotów w długim okresie.

Przedsiębiorstwa małe najczęściej nie mają kapitału inwestycyjnego, co skutkuje niższym poziomem innowacyjności, słabszą infrastrukturą technologiczną i mniej rozwiniętym marketingiem cyfrowym, co bezpośrednio zmniejsza ich konkurencyjność wobec dużych przedsiębiorstw oraz podmiotów zagranicznych.

Bariery rozwoju e-commerce możemy podzielić na te, które są po stronie przedsiębiorstw, i na te, które są po stronie konsumentów.

Do najważniejszych barier po stronie przedsiębiorstw można zaliczyć przede wszystkim system dostaw produktów do klientów. Z badań wynika, że najważniejszymi problemami, z jakimi spotkali się klienci w sklepach internetowych, były długie oczekiwanie na dostawę produktu (28%), wysokie koszty dostawy (26%), otrzymanie uszkodzonej przesyłki (18%), niezadowolenie z otrzymanych produktów związane z innymi oczekiwaniami wobec nich (17%), trudności w poszukiwaniu zakupionego produktu (14%), problemy związane z płatnością (10%) (Gemius, 2025). Problemy z dostawą (długi czas oczekiwania, wysokie koszty, uszkodzenia przesyłek) powodują spadek satysfakcji klientów, co bezpośrednio ogranicza skłonność do ponownych zakupów online. Z kolei wysokie koszty dostawy zmniejszają atrakcyjność cenową oferty internetowej, co osłabia jedną z kluczowych przewag konkurencyjnych e-commerce, jaką są korzyści ekonomiczne.

Kolejną barierą jest sposób funkcjonowania sklepów internetowych. Przy wyborze e-sklepu istotne znaczenie ma jakość komunikacji odnosząca się do terminowego udostępniania konsumentowi istotnych informacji za pomocą kanałów formalnych, np. *chat rooms*, *instant messages*, *e-mail*, *audio and video*. Badania własne wykazały, że komunikację z witrynami internetowymi respondenci oceniają stosunkowo nisko, przy czym najwyżej ocenili dostarczanie aktualnych informacji, a najniżej dostarczanie informacji o nowych możliwościach strony internetowej. Na utrzymanie długoterminowych relacji witryny internetowej z konsumentem wpływ ma jakość

produktów i usług. Badani respondenci oceniają jakość usług oferowanych przez witryny internetowe na średnim poziomie, przy czym najwyżej oceniają spełnienie obietnic, które zaproponowano klientom, natomiast najniżej intencje sprzedawców w kwestii zapewniania optymalnego dobra klientom (Byłok, 2022). Niska jakość komunikacji sklepów internetowych z klientami skutkuje osłabieniem relacji długoterminowych, a w konsekwencji ograniczeniem lojalności konsumenckiej.

Istotnymi czynnikami wpływającymi na zaufanie konsumenta są dotychczasowe pozytywne doświadczenia związane z danym sklepem internetowym oraz przeświadczenie, że sprzedawca dotrzyma obietnic i wywiąże się ze zobowiązań (Byłok, 2022). Średnia ocena jakości usług oraz niska ocena intencji sprzedawców w zakresie dbania o dobro klienta powodują deficyt zaufania, co bezpośrednio wpływa na decyzje zakupowe.

Istotnymi barierami po stronie konsumentów są ograniczone zaufanie i kompetencje cyfrowe. W Polsce poziom zaufania do marek sprzedawanych online jest niski – aż 68,9% klientów boi się być oszukany przez personel sklepów internetowych (Ceneo.pl, 2010). Niski poziom zaufania do marek internetowych powoduje ograniczoną skłonność części konsumentów do zakupów online, co spowalnia tempo wzrostu rynku.

Kolejną barierą są kompetencje cyfrowe Polaków. Wykorzystanie Internetu jako środka konsumpcji zależy od poziomu kompetencji cyfrowych, które pozwalają użytkownikowi wyszukiwarki internetowe, brać udział w czatach, forach dyskusyjnych, używać programów do wymiany plików filmowych, muzycznych, kupować lub sprzedawać przez Internet. Z badań nad kompetencjami cyfrowymi wynika, że ogólne kompetencje cyfrowe posiada 42,9% Polaków, przy czym podstawowy poziom takich umiejętności posiadało 22,3%, a ponadpodstawowy 20,6%. Niewystarczający poziom kompetencji cyfrowych społeczeństwa ogranicza wykorzystanie Internetu jako kanału konsumpcji, ponieważ osoby o niskich umiejętnościach cyfrowych rzadziej korzystają z zaawansowanych usług e-commerce. Osoby posiadające niskie ogólne umiejętności cyfrowe stanowiły 18,8% tej populacji, a najmniej liczną grupę tworzyły osoby nieposiadające takich umiejętności (4,9%) (Gov.pl, 2020). Istnienie grupy osób o niskich lub zerowych kompetencjach cyfrowych powoduje utrzymywanie się zjawiska wykluczenia cyfrowego, co zmniejsza potencjalną bazę klientów handlu internetowego.

Konkludując, z analizy barier wynikają określone wnioski. Po pierwsze: niedoskonałości w logistyce, komunikacji i jakości obsługi powodują obniżenie satysfakcji klientów, co bezpośrednio ogranicza dynamikę wzrostu e-commerce. Po drugie: niski poziom zaufania i kompetencji cyfrowych po stronie konsumentów skutkuje ostrożnością zakupową, a tym samym ogranicza pełne wykorzystanie potencjału rynku. Po trzecie: w miarę zdobywania doświadczenia przez przedsiębiorców oraz rozwoju infrastruktury logistycznej i kompetencji cyfrowych społeczeństwa bariery te będą stopniowo ulegały redukcji, co w konsekwencji powinno prowadzić do dalszego, stabilnego wzrostu e-commerce w Polsce.

Podsumowanie

W Polsce handel elektroniczny jest atrakcyjną formą e-biznesu z uwagi na istotny potencjał tkwiący w nim. Analiza empiryczna potwierdza, że e-commerce w Polsce znajduje się w fazie dynamicznego rozwoju wspieranego przez korzystne uwarunkowania infrastrukturalne, technologiczne i społeczne. Kluczową determinantą rozwoju handlu elektronicznego jest niemal powszechny dostęp do Internetu w gospodarstwach domowych oraz bardzo wysoki poziom wyposażenia przedsiębiorstw w infrastrukturę informatyczną. Równocześnie obserwuje się silną dyfuzję technologii mobilnych – smartfony stały się jednym z podstawowych narzędzi realizacji zakupów online, co sprzyja rozwojowi m-commerce.

Profil polskiego e-konsumenta wskazuje, że e-konsumentami są przede wszystkim osoby młode, dobrze wykształcone, aktywne zawodowo i mieszkające w dużych miastach, charakteryzujące się rosnącą świadomością zakupową. Decyzje zakupowe podejmowane są coraz częściej w sposób racjonalny i porównawczy, z uwzględnieniem cen, marek, poziomu zaufania do sprzedawcy oraz warunków dostawy. Istotnym motywem zakupów online pozostają korzyści ekonomiczne oraz wygoda, co potwierdza ugruntowanie się e-commerce jako trwałego kanału dystrybucji.

Z perspektywy przedsiębiorstw e-commerce jest wykorzystywany częściej jako narzędzie zakupowe niż sprzedażowe, przy czym aktywność w tym obszarze jest silnie uzależniona od wielkości podmiotu. Największe znaczenie w handlu elektronicznym mają przedsiębiorstwa duże, natomiast firmy małe i średnie napotykają bariery kapitałowe i organizacyjne ograniczające ich konkurencyjność. Rynek e-commerce w Polsce charakteryzuje się jednak bardzo wysoką dynamiką wzrostu wartości sprzedaży, co świadczy o jego dużym potencjale rozwojowym.

Jednocześnie identyfikowane są istotne bariery dalszego rozwoju e-commerce, zarówno ze względu na podaż, jak i popyt. Po stronie przedsiębiorstw należą do nich problemy logistyczne, jakość obsługi klienta oraz niedostateczne wykorzystanie narzędzi cyfrowych, w tym sztucznej inteligencji. Po stronie konsumentów kluczowe znaczenie mają niski poziom zaufania do sklepów internetowych oraz ograniczone kompetencje cyfrowe. Bariery te nie hamują jednak rozwoju rynku, lecz wskazują obszary wymagające dalszych działań modernizacyjnych i edukacyjnych.

Na podstawie przeprowadzonej analizy empirycznej można prognozować, że e-commerce w Polsce będzie w najbliższych latach nadal rozwijał się w szybkim tempie, choć jego dynamika może stopniowo ulegać stabilizacji wraz z osiągnięciem kolejnych etapów dojrzałości rynku. Wzrost ten będzie determinowany przede wszystkim przez dalszą cyfryzację konsumpcji, rozwój technologii mobilnych oraz zmiany stylu życia konsumentów, dla których zakupy online staną się standardowym elementem codziennych praktyk zakupowych.

Istotnym kierunkiem rozwoju będzie dalsza ekspansja m-commerce, zwłaszcza wśród konsumentów z mniejszych miejscowości i obszarów wiejskich, gdzie urządzenia mobilne często pełnią funkcję podstawowego narzędzia dostępu do Internetu. Równocześnie można oczekiwać wzrostu znaczenia dóbr trwałego użytku, takich jak

sprzęt RTV/AGD, meble czy wyposażenie wnętrz, które charakteryzują się wysoką wartością koszyka zakupowego i dużym potencjałem wzrostu sprzedaży online.

W perspektywie średniookresowej coraz większą rolę w e-commerce będzie odgrywać sztuczna inteligencja, w szczególności w obszarze obsługi klienta, personalizacji oferty oraz automatyzacji procesów sprzedażowych. Warunkiem efektywnego wykorzystania tych technologii będzie jednak ich lepsze dopasowanie do realnych potrzeb konsumentów oraz budowanie zaufania do rozwiązań opartych na AI.

Dalszy rozwój e-commerce w Polsce będzie również zależny od zdolności przedsiębiorstw, zwłaszcza małych i średnich, do przewyższania barier organizacyjnych i finansowych. Wsparcie w zakresie logistyki, cyfryzacji procesów oraz podnoszenia kompetencji cyfrowych może przyczynić się do zmniejszenia dysproporcji pomiędzy dużymi podmiotami a mniejszymi firmami. Z kolei po stronie konsumentów kluczowe znaczenie będzie mieć wzrost kompetencji cyfrowych oraz stopniowe budowanie zaufania do kanałów online.

Podsumowując, e-commerce w Polsce posiada bardzo wysoki potencjał dalszego rozwoju i będzie jednym z kluczowych segmentów handlu w gospodarce cyfrowej. Jego przyszłość zależy jednak nie tylko od czynników technologicznych, lecz także od jakości relacji przedsiębiorstwo–konsument, poziomu zaufania oraz zdolności rynku do adaptacji do zmieniających się potrzeb i oczekiwań nabywców.

Literatura

1. Achiando, H. A. (2019). E-commerce strategy adoption and performance of micro and small enterprises: A case of private security firms in Nairobi County, Kenya. *IOSR Journal of Business and Management*, 21(7), 35-64.
2. Almahadeen, L., Rathod, M. K., Sulaiman, S. F., Deepika, K., Teltumbade, G. R., & Saravankumar, R. (2025). Artificial Intelligence and Dynamic Pricing Strategies: Enhancing Competitiveness in E-Commerce. W *2025 3rd International Conference on Smart Systems for applications in Electrical Sciences (ICSSSES)* (s. 1-5). IEEE.
3. Barska, A. (2013). Stan i perspektywy rozwoju e-handlu w Polsce. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu*, 31, 11-22.
4. Bawack, R. E., Wamba, S. F., Carillo, K. D. A., & Akter, S. (2022). Artificial intelligence in e-commerce: A bibliometric study and literature review. *Electronic Markets*, 32(1), 297-338. <https://doi.org/10.1007/s12525-022-00537-z>
5. Bylok, F. (2022). Examining the impact of trust on the e-commerce purchase intentions of young consumers in Poland. *Journal of Internet Commerce*, 21(3), 364-391.
6. CBOS. Centrum Badań Opinii Społecznej. (2025). Korzystanie z internetu w 2025 roku. *Komunikat z badań*, 60.
7. Ceneo.pl. (2010). *Zaufanie jako podstawa w e-commerce. Raport Ceneo.pl i Bankier.pl*. http://ranking.ceneo.pl/wp-content/uploads/zaufanie_jako_podstawa_w_ecommerce.pdf (dostęp: 15.12.2025).
8. Chaffey, D., & Patron, M. (2012). From web analytics to digital marketing optimization: Increasing the commercial value of digital analytics. *Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice*, 14(1), 30-45.

9. Chakranarayan, V. (2025). Hyper-personalization in e-commerce through AI and Big Data. W I. Qasem (Ed.), *Data-driven decision making for sustainable business growth*. Springer Nature Switzerland.
10. DataReportal. (b.r.). *Global Digital Insights*. <https://datareportal.com/reports/?tag=Global> (dostęp: 19.12.2025).
11. Dąbrowska, A. (2010). Konsument na rynku e-handlu w wybranych krajach Unii Europejskiej (w świetle wyników badań). *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług*, 55, 501-511.
12. de Ruyter, K., Wetzels, M., & Kleijnen, M. (2001). Customer adoption of e-service: An experimental study. *International Journal of Service Industry Management*, 12(2), 184-207. <https://doi.org/10.1108/09564230110387542>
13. DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9-30. <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748>
14. ECDB. (2025). *E-Commerce in Europe 2025*. <https://ecdb.com/whitepaper/ecommerce-europe-2025> (dostęp: 18.12.2025).
15. e-Izba Gospodarki Elektronicznej. (2025). *Raport e-Izby: Omni-commerce. Kupuję wygodnie 2025*. <https://eizba.pl/dla-czlonkow-e-izby/dokumenty-strefy-dla-firm/raport-e-izby-omni-commerce-kupuje-wygodnie-2025/> (dostęp: 18.12.2025).
16. Eurostat. (2025). *Database*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp: 18.12.2025).
17. Eurostat. (2026). *Value of e-commerce sales by size class of enterprise*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ec_evals/default/table?lang=en&category=isoc.isoc_e.isoc_ec (dostęp: 23.02.2026).
18. Featherman, M. S., & Pavlou, P. A. (2003). Predicting e-services adoption: A perceived risk facets perspective. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(4), 451-474. [https://doi.org/10.1016/S1071-5819\(03\)00111-3](https://doi.org/10.1016/S1071-5819(03)00111-3)
19. Garcia, F., & Ahmed, S. (2019). Privacy and security in hyper-personalized e-commerce applications. *Journal of Computer Information Systems*, 59(2), 105-114. <https://doi.org/10.1080/08874417.2019.1568821>
20. Gemius. (2025). *E-commerce w Polsce*. https://gemius.com/documents/81/RAPORT_E-COMMERCE_2025.pdf
21. Gov.pl. (2020). *Kompetencje cyfrowe*. <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/kompetencje-cyfrowe>
22. GUS. (2024). *Spoleczeństwo informacyjne w Polsce 2024 roku*. Główny Urząd Statystyczny. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne-w-polsce-w-2024-roku,1,18.html>
23. GUS. (2025a). *Budżety gospodarstw domowych w 2024 r.* Główny Urząd Statystyczny. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/warunki-zycia/dochody-wydatki-i-warunki-zycia-ludnosci/budzety-gospodarstw-domowych-w-2024-r,9,23.html>
24. GUS. (2025b). *Spoleczeństwo informacyjne w Polsce w 2025 r.* Główny Urząd Statystyczny. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne-w-polsce-w-2025-r,2,15.html>
25. Islek, I., & Oguducu, S. G. (2022). A hierarchical recommendation system for E-commerce using online user reviews. *Electronic Commerce Research and Applications*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2022.101131>
26. Izba Gospodarki Elektronicznej. (2025). *Omni-commerce. Kupuję wygodnie. Raport Inzby Gospodarki Elektronicznej opracowany przez Mobile Institute*. <https://eizba.pl/wp-content/uploads/2025/07/Omni-commerce-Kupuje-wygodnie-2025-skrot.pdf>

27. Kartiwi, M., & MacGregor, R. C. (2007). Electronic commerce adoption barriers in small to medium-sized enterprises (SMEs) in developed and developing countries: A cross-country comparison. *Journal of Electronic Commerce in Organizations*, 5(3), 35-51. <https://doi.org/10.4018/jeco.2007070103>
28. Kelvin, K., & Novani, S. (2023). Strategic Decision Analysis To Manage Competitive Advantage For Shopee Indonesia. *Jurnal Studi Manajemen dan Bisnis*, 10(1), 32-41. <https://doi.org/10.21107/jsmb.v10i1.20479>
29. Lim, K. Y., Sa'uadi, A. N., Idros, N. A. N. M., & Jamil, N. S. (2024). Optimizing personalized recommendation in e-services platforms using AI. W *2024 5th International Conference on Artificial Intelligence and Data Sciences (AiDAS 2024)* (s. 422-429). IEEE.
30. Lin, Y. (2025). *Global ecommerce sales growth report (2026)*. https://www.shopify.com/blog/global-ecommerce-sales?utm_source=chatgpt.com
31. Loo, M. K., Ramachandran, S., & Raja Yusof, R. N. (2025). Systematic review of factors and barriers influencing E-commerce adoption among SMEs over the last decade: A TOE framework perspective. *Journal of the Knowledge Economy*, 16(2), 9624-9648. <https://doi.org/10.1007/s13132-024-02257-5>
32. Mahesh, K. M., Aithal, P. S., & Sharma, K. R. S. (2022). Open network for Digital Commerce-ONDC (E-Commerce) infrastructure: To promote SME/MSME sector for inclusive and sustainable digital economic growth. *International Journal of Management, Technology and Social Sciences (IJMITS)*, 7(2), 320-340. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7141841>
33. Market Research Future. (b.r.). *E commerce Market*. https://www.marketresearchfuture.com/reports/e-commerce-market-18845/?utm_term=&utm_campaign=&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=2893753364&hsa_cam=23142126899&hsa_grp=190076757034&hsa_ad=779362100611&hsa_src=g&hsa_tgt=dsa-2449887080332&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gad_source=1 (dostęp: 18.12.2025).
34. OECD. (2025). *The 2025 OECD definition of e-commerce and guidelines for interpretation*. OECD Publishing.
35. Prałat, E. (2013). M-commerce – rozwój na świecie i w Polsce. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 36, 168-179.
36. Research and Markets. (2025). *e-Commerce in the Mattress Industry, 2025*. <https://www.researchandmarkets.com/reports/5504556/e-commerce-in-the-mattress-industry-2025#cat-pos-1>
37. Rohden, S. F., & Zeferino, D. G. (2023). Recommendation agents: An analysis of consumers' risk perceptions toward artificial intelligence. *Electronic Commerce Research*, 23(4), 2035-2050.
38. Rosário, A., & Raimundo, R. (2021). Consumer marketing strategy and E-commerce in the last decade: A literature review. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 16(7), 3003-3024. <https://doi.org/10.3390/jtaer16070164>
39. Rowley, J. (2006). An analysis of the e-service literature: Towards a research agenda. *Internet Research*, 16(3), 339-359. <https://doi.org/10.1108/10662240610673736>
40. Saha, E., & Rathore, P. (2025). *Quality of e-services and e-commerce marketing strategies impact consumers' purchase behavior: Mediating role of consumers' attitude and experiences*. W *2025 6th International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT)* (s. 1-5). IEEE.
41. Statista. (2025). *Internet penetration worldwide from 2014 to October 2025*. https://www.statista.com/statistics/325706/global-internet-user-penetration/?utm_source (dostęp: 15.12.2025).
42. Stephen, A. T., & Toubia, O. (2010). Driving value from social commerce networks. *Journal of Marketing Research*, 47(2), 215-228. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1150995>

43. Strategy&. (2024). *E-commerce w Polsce*. <https://www.strategyand.pwc.com/pl/pl/publikacje/2024/e-commerce-w-polsce.html> (dostęp: 18.12.2025).
44. Subramaniam, S. K. (2025). AI-based e-commerce search optimization. *Sarcouncil Journal of Engineering and Computer Sciences*, 4, 307-315.
45. The World Bank (b.r.). *World Development Report 2021: Data for Better Lives*. <https://wdr2021.worldbank.org/> (dostęp: 15.02.2026).
46. Turban, E., Whiteside, J., King, D., & Outland, J. (2017). *Introduction to Electronic Commerce and Social Commerce* (4th ed.). Springer.
47. Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
48. Vis, D. (2025). *Ecommerce in Poland*. <https://ecommercenews.eu/ecommerce-in-europe/ecommerce-poland/>
49. Zaharia, S. (2019). Online shopping motives-an empirical investigation of consumer buying behavior in Germany's main online retail segments. W F. F.-H. Nah & K. Siau (Eds.), *6th International Conference, HCIBGO 2019, Held as Part of the 21st HCI International Conference, HCII 2019, Orlando, FL, USA, July 26-31, 2019, Proceedings, Part I* (s. 333-349). Springer International Publishing.