REDAKCJA
BARTOSZ NIEŚCIOR

WIELOWYMIAROWOŚĆ NAUKI

INTERDYSCYPLINARNE PODEJŚCIE DO WSPÓŁCZESNYCH PROBLEMÓW BADAWCZYCH



ARCHAEGRAPH
Wydawnictwo Naukowe

WIELOWYMIAROWOŚĆ NAUKI.
INTERDYSCYPLINARNE PODEJŚCIE DO WSPÓŁCZESNYCH PROBLEMÓW BADAWCZYCH

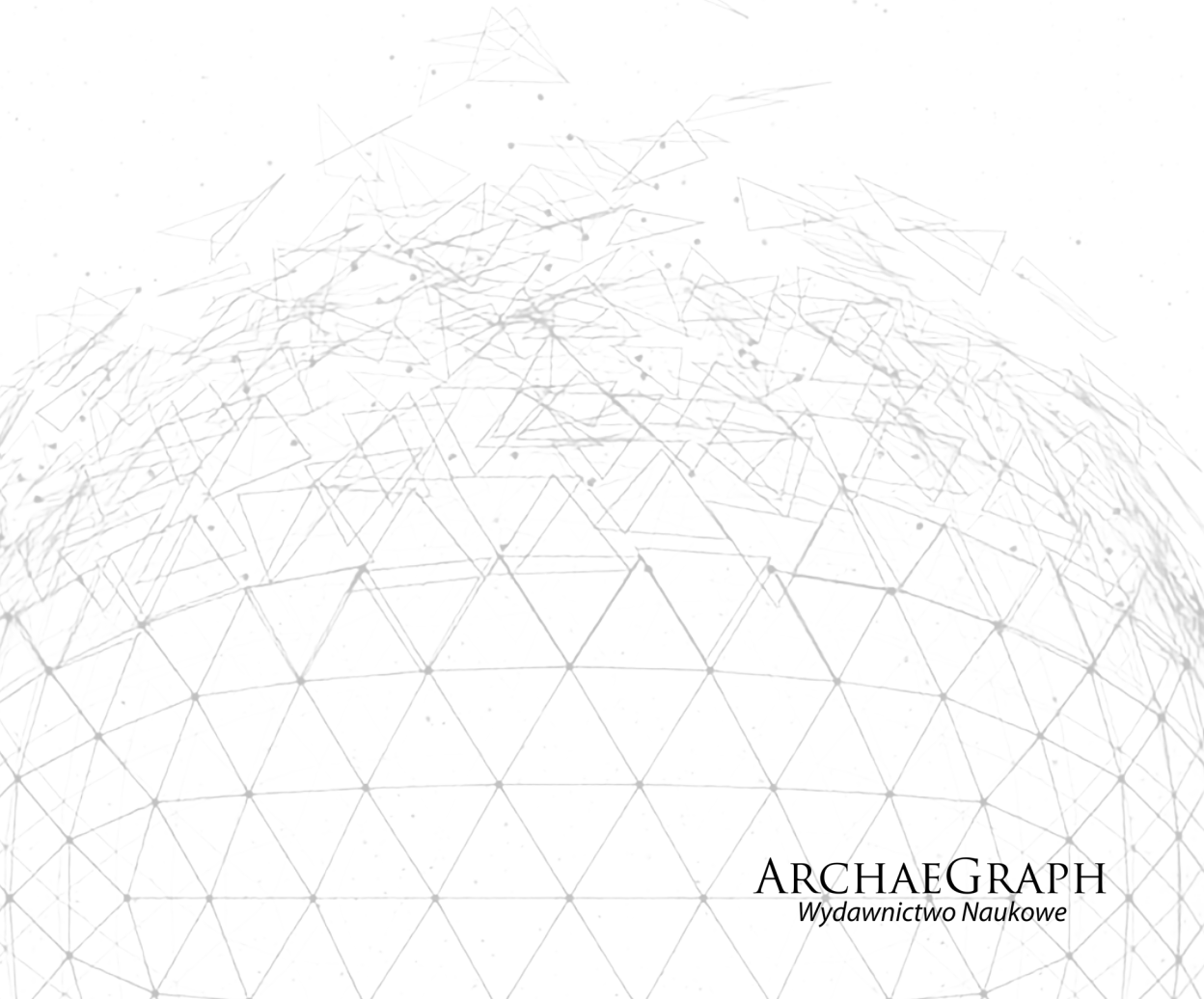
Redakcja naukowa

Bartosz Nieścior

REDAKCJA
BARTOSZ NIEŚCIOR

WIELOWYMIAROWOŚĆ NAUKI

INTERDYSCYPLINARNE PODEJŚCIE DO WSPÓŁCZESNYCH PROBLEMÓW BADAWCZYCH



ARCHAEGRAPH
Wydawnictwo Naukowe

Redakcja
dr Bartosz Nieścior, Szkoła Główna Handlowa.

Recenzja naukowa
Prof. zw. dr hab. Petro Garasyim

Korekta, skład i projekt okładki
Karol Łukomiak

© Copyright by authors & ArchaeGraph

ISBN: 978-83-69024-05-9

Wersja elektroniczna dostępna na stronie internetowej wydawcy:
www.archaegraph.pl

ARCHAEGRAPH
Wydawnictwo Naukowe

ŁÓDŹ-STAROWA GÓRA, SIERPIEŃ 2026

SPIS TREŚCI

40 LAT HODOWLI KOTA BRYTYJSKIEGO W POLSCE 7
Kaja Kierzkowska, Wojciech Wójcik

IDEALNA KUWETA DLA KOTA 18
Iza Mataśka, Wanda Krupa, Milena Głowienka,
Kaja Kierzkowska, Wojciech Wójcik

UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE MODERN WORLD 29
Jacek Krawczyk, Andrzej Wojciechowski

THE LATEST TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF LOGISTICS IN POLAND AND IN THE WORLD 42
Jacek Krawczyk, Andrzej Wojciechowski

ROLA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W ZWIĘKSZANIU DOSTĘPNOŚCI RYNKU INWESTYCYJNEGO DLA PRZECIĘTNEGO KONSUMENTA 58
Janusz Kwaterski

ZNACZENIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W PROCESIE PODEJMOWANIA DECYZJI INWESTYCYJNYCH PRZEZ GOSPODARSTWA DOMOWE 72
Janusz Kwaterski

ROLA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W IDENTYFIKOWANIU NOWYCH MOŻLIWOŚCI INWESTYCYJNYCH PRZEDSIĘBIORSTW 83
Jacek Machnikowski

ZNACZENIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W OGRANICZANIU KOSZTÓW ZWIĄZANYCH Z INWESTYCJAMI PRZEDSIĘBIORSTW 94
Jacek Machnikowski

BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE I INFRASTRUKTURALNE UKRAINY ORAZ PRZEBUDOWA ARCHITEKTURY DOSTAW ENERGII W EUROPIE 106
Jacek Janusz Mrozek

BEZPIECZEŃSTWO HUMANITARNE I SEKTOROWE UKRAINY W WARUNKACH WOJNY: ZDROWIE, ŻYWNOŚĆ, INFRASTRUKTURA KRYTYCZNA 132
Jacek Janusz Mrozek

WOJNA ROSYJSKO-UKRAIŃSKA W DANYCH: OD GOSPODARKI DO ODBUDOWY **159**
Jacek Janusz Mrozek

ROLA SYMULACJI MEDYCZNEJ W PRZYGOTOWANIU STUDENTÓW PIELĘGNIARSTWA DO PRACY Z PACJENTEM **183**
Daniel Ślęzak

STRUKTURALNE ASYMETRIE ROZWOJU E-GOSPODARKI W POLSCE NA TLE UNII EUROPEJSKIEJ: DOJRZAŁOŚĆ E-KONSUMENTÓW, PLATFORMIZACJA PRZEDSIĘBIORSTW I KONCENTRACJA RYNKU HANDLU ELEKTRONICZNEGO **199**
Magdalena Wrońska

SZTUCZNA INTELIGENCJA JAKO CZYNNIK TRANSFORMACJI GOSPODARKI CYFROWEJ. UWARUNKOWANIA I KONSEKWENCJE ABSORPCJI AI W PRZEDSIĘBIORSTWACH W POLSCE NA TLE UNII EUROPEJSKIEJ **217**
Magdalena Wrońska

THE ONTOLOGICAL AND ECONOMIC TRANSFORMATION OF DIGITAL PRODUCTS IN THE CONTEXT OF AN EMERGING INTELLIGENT ECONOMY **232**
Magdalena Wrońska

WSZECHWIDZĄCY ALGORYTM: SZTUCZNA INTELIGENCJA I ARCHITEKTURA NADZORU W CHINACH – OD BEZPIECZEŃSTWA PUBLICZNEGO DO ALGORYTMICZNEJ KONTROLI SPOŁECZNEJ **258**
Michał Lewitowicz

CYFROWE SERCA: CHIŃSKI RYNEK TOWARZYSZY AI W PERSPEKTYWIE BEZPIECZEŃSTWA SPOŁECZNEGO – POWSTANIE, UPADEK I REGULACYJNA REINWENCJA **271**
Michał Lewitowicz

PARADOKS PRYWATNOŚCI: CHIŃSKIE MODELE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI A BEZPIECZEŃSTWO DANYCH UŻYTKOWNIKÓW W ERZE DYNAMICZNEJ INNOWACJI **283**
Michał Lewitowicz

Kaja Kierzkowska

Wydział Hodowli, Bioinżynierii i Ochrony Zwierząt,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Wojciech Wójcik

Katedra Hodowli i Żywienia Zwierząt,
Instytut Nauk o Zwierzętach, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

40 LAT HODOWLI KOTA BRYTYJSKIEGO W POLSCE

Streszczenie: Praca przedstawia rozwój hodowli kota brytyjskiego w Polsce na przestrzeni ostatnich czterdziestu lat. Omówiono pochodzenie rasy oraz jej rozwój w Europie, a także standard rasy według organizacji felinologicznej FIFe. Szczególną uwagę poświęcono początkom hodowli w Polsce w latach 80. i 90. XX wieku, kiedy wraz z transformacją ustrojową nastąpił wzrost importu kotów rasowych i rozwój nowych linii hodowlanych. Przedstawiono znaczenie pierwszych osobników hodowlanych oraz roli wystaw kotów w popularyzacji rasy. Opisano także dynamiczny rozwój hodowli po 2010 roku oraz wzrost liczby hodowli i zarejestrowanych kotów brytyjskich. W pracy uwzględniono również rozwój odmiany długowłosej. Analiza pokazuje, że kot brytyjski stał się jedną z najpopularniejszych ras kotów w Polsce, a jego hodowla odzwierciedla postęp organizacyjny, genetyczny i hodowlany w polskiej felinologii.

Słowa kluczowe: Kot brytyjski, hodowla kotów rasowych, felinologia, hodowla kotów w Polsce, rozwój rasy.

Wstęp

Kot brytyjski należy obecnie do najczęściej hodowanych i rozpoznawalnych kotów rasowych w Polsce. W ciągu ostatnich czterech dekad jego popularność wzrosła od marginalnej obecności w środowisku felinologicznym do jednej z dominujących pozycji zarówno w hodowli, jak i na wystawach. Dynamika tego rozwoju odzwierciedla nie tylko zmiany społeczno-ekonomiczne w Polsce, lecz także proces

profesjonalizacji hodowli zwierząt rasowych oraz rosnącą świadomość genetyczną i zdrowotną hodowców (Szewczyk, 2018; Felis Polonia, 2026).

Rozwój hodowli kotów rasowych, w tym kota brytyjskiego, wiąże się ze wzrostem zainteresowania społeczeństwa zwierzętami towarzyszącymi oraz zmianą ich roli w życiu człowieka. Koty dawniej pełniły głownie funkcje użytkowe, takie jak zwalczanie gryzoni, a obecnie stały się przede wszystkim zwierzętami towarzyszącymi, zaś ich hodowla zaczęła podlegać określonym standardom i regulacjom organizacji felinologicznych (Rixon, 1996; Meadows & Flint, 2005). Wraz z rozwojem wiedzy z zakresu genetyki i weterynarii coraz większą uwagę zaczęto przykładać do zdrowia, dobrostanu oraz zachowania cech fenotypowych dla danej rasy (Szewczyk, 2018; Kehler et al., 2007).

Pochodzenie i rozwój rasy

Kot brytyjski krótkowłosy uznawany jest za jedną z najstarszych ras europejskich. Według najczęściej przywoływanych hipotez jego przodkowie trafili na Wyspy Brytyjskie wraz z legionami rzymskimi, gdzie pełnili funkcję zwierząt użytkowych, zwalczających gryzonie co miało miejsce w II-IV wieku n.e. (Rixon, 1996). W rzymskich kronikach pojawiały się opisy kotów o krępej budowie i okrągłych, żółtych oczach, które przypominają cechy charakterystyczne dla współczesnych kotów brytyjskich krótkowłosych. Rasa kotów brytyjskich krótkowłosych została oficjalnie uznana w 1871 roku. (Grabara, 2024).



Fotografia 1. Kot niebieski krótkowłosy, typ brytyjski
Źródło: Grabara (2024).

Zorganizowana hodowla tej rasy rozpoczęła się w XIX w Wielkiej Brytanii, a pierwsza publiczna prezentacja miała miejsce podczas wystawy w Londynie w 1871 roku, którą wygrała 14-letnia niebieska pręgowana kotka brytyjska krótkowłosa należąca do organizatora wystawy, którym był Harrison Weir (Szewczyk, 2018). Po II wojnie światowej, aby odbudować populację, do hodowli używano kotów perskich oraz kotów kartuskich, co wpłynęło na fenotyp współczesnego kota brytyjskiego (British Cat USA, 2017).

Wzorzec rasy według FIFe

Standard FIFe z 2024 roku określa budowę tych kotów jako średnią do dużej, krępą, z szerokim torsem oraz mocno rozwiniętymi ramionami i grzbietem.



Fotografia 2. Kocur brytyjski krótkowłosy, niebieski BSH a

Źródło: Cat Fanciers' Association (2024).

Standard FIFe kładzie nacisk na masywną i okrągłą głowę, szeroką czaszkę oraz krótki, prosty nos z lekkim wcięciem, jest to jedna z cech odróżniająca tę rasę od kotów egzotycznych, które mają bardziej zaznaczony stop (Rys. 1, 2).



Rysunek 1. Prawidłowa budowa głowy kota brytyjskiego krótkowłosego

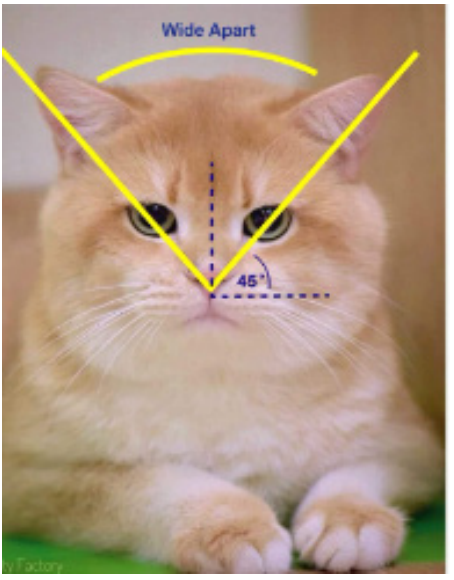
Źródło: Hodowla Zojka (2026).



Rysunek 2. Prawidłowy profil nosa kota brytyjskiego krótkowłosego

Źródło: Livre Officiel des Origines Félines (2026).

Uszy opisano jako małe, lekko zaokrąglone na końcach i szeroko rozstawione, uwydatniając dodatkowo szerokość głowy (Fot. 3).



Fotografia 3. Prawidłowy rozstaw uszu u kota brytyjskiego krótkowłosego

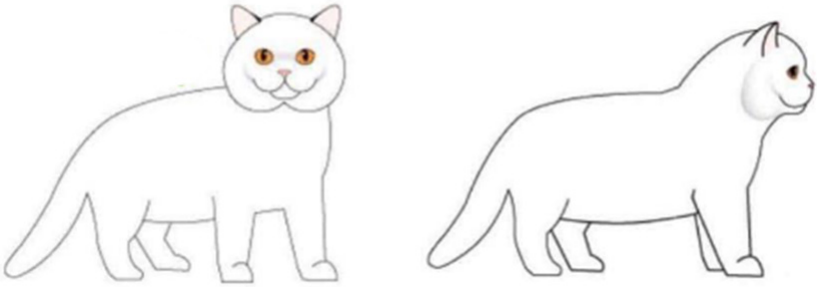
Źródło: Materiał fotograficzny dostępny w serwisie Facebook (https://www.facebook.com/photo.php?fbid=168417881384863&id=106460427580609).

Oczy powinny być duże, okrągłe, szeroko otwarte i szeroko rozstawione. FIFe dopuszcza szeroką gamę kolorów, w tym miedziany, ciemnopomarańczowy, niebieski, różnooki, zielony oraz niebiesko-zielony (Rys. 3).



Rysunek 3. Przykładowe kolory oczu u kotów brytyjskich krótkowłosych
Źródło: Hodowla Zojka (2026).

Szyja powinna być bardzo krótka, dobrze rozwinięta i mocna. Tułów muskularny i krępy, z mocną solidną klatką piersiową i krótkimi, okrągłymi łapami. Ogon powinien być krótki i gruby, lekko zaokrąglony na końcu (Rys. 4).



Rysunek 4. Prawidłowa budowa ciała kota brytyjskiego krótkowłosego
Źródło: Hodowla Zojka (2026).

Sierść opisana jest jako krótką i gęstą, z dobrym podszerstkiem, ale miękką i delikatną w dotyku (Fot. 4).



Fotografia 4. Prawidłowa struktura sierści kota brytyjskiego krótkowłosego
Źródło: Fot. K. Kierzkowska.

Kolor sierści obejmuje szeroką paletę odcieni i wzorów, a także dowolne plamy i łaty, standard FIFe podkreśla, że każdy włos powinien być jednolity aż do nasady, z wyjątkiem odmian pręgowanych i srebrzystych. Każda nieprawidłowość anatomiczna lub deformacja, taka jak przepuklina pępkowa, zez, krzywy zgryz, czy miękka zbyt długa lub puszysta sierść, puchaty ogon, wyrazisty przełom czołowo-nosowy (stop), słabo rozwinięty podbródek, wyraźne poduszki wibrysów, a także niewłaściwe umaszczenie uznawane jest za wadę, są to cechy, które dyskwalifikują kota na wystawach i w hodowli (Meadows & Flint, 2005).

Początki hodowli w Polsce (lata 80. i 90. XX wieku)

Rozwój hodowli kota brytyjskiego krótkowłosego w Polsce rozpoczął się stosunkowo późno w porównaniu z Europą Zachodnią. W okresie PRL dostęp do materiału hodowlanego był ograniczony, a import zwierząt rasowych utrudniony zarówno logistycznie, jak i ekonomicznie (Szewczyk, 2018).

Pierwsze znaczące impulsy rozwoju pojawiły się pod koniec lat 80. iI na początku lat 90., wraz z transformacją ustrojową i otwarciem granic. Wówczas rozpoczęto import kotów głownie z Niemiec, Czech oraz krajów Europy Wschodniej. Początkowe linie hodowlane były często ograniczone genetycznie, co wymagało dalszych

importów Istotnym wydarzeniem była pierwsza międzynarodowa wystawa kotów zorganizowana w Warszawie w 1985 roku przez Stowarzyszenie Hodowców Kotów Rasowych, podczas której zaprezentowana jedynego wówczas przedstawiciela tej rasy w kraju – kocura Oriona (Grabara, 2024).

Przełomowym momentem dla polskiej felinologii w zakresie tej rasy był rok 1994, kiedy Marzena Mroczkowska-Filipowicz, prowadząca hodowlę Happy Star*PL, sprowadziła z Ukrainy kotkę Arabiełłę Big-Ben (Fot. 5). Kotka o niebieskim umaszczeniu (BSH a), stała się jednym z fundamentów wielu późniejszych linii hodowlanych w Polsce (Szewczyk, 2018). Pierwszy miot po tej kotce i perskim kocurze przyszedł na świat 24 czerwca 1995 roku (Grabara, 2024). W tym samym okresie, w 1995 roku, do Polski sprowadzono również niebieskiego kocura Melina van Feijenoord wywodzącego się z linii holenderskich (Fot. 6) (Szewczyk, 2018). Jego genotyp i osiągnięcia hodowlane sprawiły, że do dziś obecny jest on w wielu rodowodach kotów brytyjskich w Polsce (Paturalska-Wrotecka, 2010).

Kolejny etap rozwoju nastąpił w 1996 roku, kiedy Marzena Mroczkowska-Filipowicz importowała z Czech parę kotów: D'Artagnana (BSH as 24) oraz Beatę (BSH ns 24). Wprowadzenie nowych osobników pozwoliło znacząco poszerzyć pulę genetyczną krajowej populacji (Szewczyk, 2018).

Pod koniec lat 90. do środowiska hodowców zaczęli dołączać kolejni pasjonaci rasy. Wzrost zainteresowania rasą przełożył się zarówno na jej popularyzację w kraju, jak i na zwiększenie rozpoznawalności na arenie międzynarodowej. Szczególne sukcesy odnosiły między innymi koty z hodowli Nilfgaard*PL, założonej przez Martynę Patrulską-Wortecką, w której kotka Exquisite of Alamanon zdobyła pierwsze miejsce w rankingu SHKRP Top Cat w 2002 roku (Grabara, 2024).



Fotografia 5. CH Arabiella Big-Ben

Źródło: Bri Cat Club (2026).



Fotografia 6. IC Merilijn van Feijenoord

Źródło: Bri Cat Club (2026).

Po roku 2010 hodowla kota brytyjskiego krótkowłosego w Polsce weszła w fazę dojrzałą. Nastąpił dalszy wzrost liczby hodowli oraz populacji kotów tej rasy.

Ważnym czynnikiem rozwoju hodowli w Polsce było organizowanie wystaw kotów rasowych, które stanowiły nie tylko formę prezentacji zwierząt, lecz także platformę wymiany doświadczeń między hodowcami. Szczególne znaczenie miały wydarzenia organizowane pod patronatem Felis Polonii, która jako członek Federation Internationale Feline zapewniała zgodność z międzynarodowymi regulacjami hodowlanymi. Rozwój struktur organizacyjnych umożliwił również wprowadzenie bardziej sformalizowanych zasad prowadzenia hodowli, w tym rejestracji rodowodów i kontroli rozrodu.

Dane Felis Polonia wskazują, że: W 2019 roku funkcjonowało ok. 398 aktywnych hodowli, w 2021 roku liczba ta wzrosła do 478, zaś w 2022 roku osiągnęła poziom ponad 500 hodowli.

Równolegle rosła liczba rejestrowanych kotów, osiągając kilka tysięcy rocznie (Felis Polonia, 2024). Kot brytyjski stał się jedną z trzech najpopularniejszych ras w Polsce, obok maine coona i ragdolla (Felis Polonia, 2024), co potwierdzają również dane organizacji międzynarodowych, takich jak The International Cat Association (TICA, 2023).

Charakterystyczne dla współczesnej hodowli są: specjalizacja w określonych umaszczeniach, selekcja pod kątem cech fenotypowych (okrągła głowa, gęsta sierść).

Kot brytyjski długowłosy – rozwój po 2016 roku

Jednym z efektów zmian genetycznych obserwowanych u kotów brytyjskich jest wydłużenie okrywy włosowej. Odmiana ta powstała jako efekt wcześniejszych krzyżowań z kotami perskimi (British Cat USA, 2017). Zjawisko to wynika z mutacji wpływających na cykl wzrostu włosa, w efekcie czego sierść pozostaje w fazie wzrostu przez dłuższy czas i osiąga większą długość niż u osobników krótkowłosych, u kotów brytyjskich jest to mutacja c.475A>C znana jako M4 (Kehler et al., 2007). Co za tym idzie istotnym etapem rozwoju hodowli było uznanie kota brytyjskiego długowłosego. Po 2016 roku została formalnie uznana przez organizacje felinologiczne, takie jak Federation Internationale Feline, co umożliwiło jej udział w wystawach i jeszcze większy rozwój hodowli.

Kot brytyjski odgrywa istotną rolę w polskiej felinologii. Jest jedną z najczęściej prezentowanych ras na wystawach i cieszy się dużym zainteresowaniem wśród nabywców.



Fotografia 7. Kot brytyjski długowłosy
Źródło: Cats.com (2026).

Podsumowanie

Hodowla kota brytyjskiego w Polsce przeszła dynamiczny rozwój na przestrzeni ostatnich czterech dekad. Początkowo ograniczona dostępność materiału hodowlanego oraz trudności organizacyjne sprawiły, że rasa była w kraju mało rozpowszechniona. Przełom nastąpił w latach 90. XX wieku, kiedy otwarcie granic umożliwiło import nowych osobników oraz rozwój krajowych linii hodowlanych. W kolejnych

latach rosło zainteresowanie rasą, zwiększała się liczba hodowli oraz organizowanych wystaw, które odegrały ważną rolę w popularyzacji kota brytyjskiego.

Po 2010 roku hodowla osiągnęła wysoki poziom organizacyjny i genetyczny, a liczba zarejestrowanych hodowli systematycznie wzrastała. Uznanie kota brytyjskiego długowłosego po 2016 roku stanowiło kolejny ważny etap rozwoju rasy.

Obecnie kot brytyjski należy do najpopularniejszych ras w Polsce i odgrywa istotną rolę w krajowej felinologii, będąc przykładem postępu hodowlanego.

Bibliografia

Bri Cat Club. (2026). *Koty brytyjskie w Polsce*. https://www.bricatclub.pl/o-rasie/koty-brytyjskie-w-polsce/

British Cat USA. (2017, May 23). *The history of British Shorthair breed*. https://www.british-catusa.com/single-post/2017/05/23/the-history-of-british-shorthair-breed

Cat Fanciers' Association. (2024). *British Shorthair: Full presentation* [Breed presentation]. https://cfa.org/wp-content/uploads/2024/06/british-shorthair-full-presentation.pdf

Cats.com. (2026). *Brytyjski długowłosy: Charakterystyka, osobowość i informacje o rasie*. https://pl.cats.com/rasy-kotow/brytyjski-dlugowlosy

Fédération Internationale Féline. (2024). *British Longhair/British Shorthair (BLH/BSH)* [Breed standard]. https://fifeweb.org/app/uploads/2023/10/BLH-BSH.pdf

Grabara, R. (2024, June). *Kot brytyjski krótkowłosy w Polsce – początki, autorski punkt widzenia*. Felis Polonia. https://www.felispolonia.eu/1672-2/

Hodowla Zojka. (2026). *Kot brytyjski – standard rasy, charakter*. https://hodowlazojka.pl/kot-brytyjski-standard-rasy-charakter/

Kehler, J. S., David, V. A., Schäffer, A. A., Bajema, K., Eizirik, E., Ryugo, D. K., Hannah, S. S., O'Brien, S. J., & Menotti-Raymond, M. (2007). Four independent mutations in the feline fibroblast growth factor 5 gene determine the long-haired phenotype in domestic cats. *Journal of Heredity, 98*(6), 555–566. https://doi.org/10.1093/jhered/esm072

Livre Officiel des Origines Félines. (2026). *British Shorthair et British Longhair*. https://loof.asso.fr/les-races-de-chat/british-sh-et-lh

Meadows, G., & Flint, E. (2005). *Kot: Poradnik opiekuna*. Wydawnictwo RM.

Paturalska-Wrotecka, M. (2010). Koty brytyjskie w Polsce. *Magazyn dla Miłośników Kotów, 1*(53), 20–22.

Rixon, A. (1996). *Koty rasowe*. Wydawnictwo Elipsa.

Szewczyk, K. (2018). *Kot brytyjski krótkowłosy* (2nd ed.). Agencja Wydawnicza Egros.

The International Cat Association. (2023). *2023 top 25 winning cats & kittens*. https://tica.org/2023-top-25-winning-cats-and-kittens/

FORTY YEARS OF BRITISH CAT BREEDING IN POLAND

Abstract: This chapter presents the development of British cat breeding in Poland over the past forty years. It discusses the origin of the breed, its development in Europe, and the breed standard adopted by the Fédération Internationale Féline (FIFe). Particular attention is given to the beginnings of breeding in Poland in the 1980s and 1990s, when the political and economic transformation facilitated the import of pedigree cats and the establishment of new breeding lines. The importance of the first breeding animals and the role of cat shows in popularizing the breed are also presented. The chapter describes the rapid growth of breeding after 2010, the increase in the number of catteries and registered British cats, and the development of the longhaired variety. The analysis shows that the British cat has become one of the most popular breeds in Poland and that its breeding history reflects organizational, genetic, and professional progress in Polish felinology.

Keywords: British cat, pedigree cat breeding, felinology, cat breeding in Poland, breed development.

Iza Mataśka

Studenckie Koło Naukowe Behawioru Zwierząt,
Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wanda Krupa

Katedra Etologii Zwierząt i Łowiectwa, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Milena Głowienka

Wydział Hodowli, Bioinżynierii i Ochrony Zwierząt,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Kaja Kierzkowska

Wydział Hodowli, Bioinżynierii i Ochrony Zwierząt,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Wojciech Wójcik

Katedra Hodowli i Żywienia Zwierząt, Instytut Nauk o Zwierzętach,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego ul. Ciszewskiego

IDEALNA KUWETA DLA KOTA

Streszczenie: Jednym z niezbędnych akcesoriów w domach, gdzie utrzymywane są koty jest kuweta. Ze względu na fakt, iż stanowi konieczną część wyposażenia mieszkania dla wielu opiekunów ważny jest jej wygląd, co często bywa trudne do pogodzenia z jej podstawową funkcją oraz preferencjami kota. Wybierając kuwetę należy mieć na uwadze, że jej główną funkcją jest zaspokajanie w optymalny sposób gatunkowych potrzeb kota. Preferencje kotów dotyczące kuwet wynikają z gatunkowego wzorca behawioru, a ignorowanie ich zwykle prowadzi do konfliktowych sytuacji, co potwierdza fakt częstego pozbywania się osobników realizujących potrzeby fizjologiczne poza kuwetą. W pracy przeanalizowano informacje dotychczasowych publikacji naukowych na temat kocich preferencji wyboru kuwety. Uwzględniono szczególne aspekty wpływające na możliwość realizowania typowych dla gatunku form behawioru, co ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia dobrostanu.

Słowa kluczowe: kot domowy, kuweta, zachowania eliminacyjne, dobrostan, znakowanie moczem.

Wstęp

Proces udomowienia kota domowego stanowi jeden z najważniejszych etapów w relacji człowieka ze zwierzęciem towarzyszącym. W jego wyniku kot domowy przeszedł istotne zmiany zarówno w zakresie zachowań, jak i adaptacji do środowiska życia człowieka. Mimo tych przekształceń wiele kluczowych cech behawioralnych – takich jak terytorialność, potrzeba kontroli przestrzeni, przebywania na wysokości czy preferencje dotyczące eliminacji pozostało silnie zakorzenionych (Bradshaw, 2013; Turner & Bateson, 2014).

W warunkach naturalnych koty zajmują rozległe terytoria, których wielkość zależy m.in. od dostępności zasobów i zagęszczania populacji. Jednak w środowisku zurbanizowanym, szczególnie w mieszkaniach o ograniczonej powierzchni, dochodzi do znacznego zwężenia przestrzeni życiowej zwierzęcia. Ograniczenie to wpływa na organizację zachowań, w tym wybór miejsc do odpoczynku, aktywności oraz eliminacji. W takich warunkach odpowiednie dostosowanie środowiska, w tym właściwy dobór kuwety, nabiera kluczowego znaczenia dla dobrostanu zwierzęcia (Ellis et al., 2013).

Kuweta jako substytut naturalnych miejsc eliminacji, powinna odpowiadać zarówno biologicznym predyspozycjom gatunku, jak i indywidualnym preferencjom kota. Niewłaściwie dobrana może prowadzić do problemów behawioralnych, takich jak unikanie kuwety czy eliminacja poza wyznaczonym miejscem, co stanowi jedną z najczęstszych przyczyn konfliktów na linii człowiek-zwierzę (Herron & Buffington, 2010). Dlatego analiza czynników determinujących ,,idealną kuwetę" - takich jak rozmiar, lokalizacja, rodzaj podłoża czy dostępność jest istotnym zagadnieniem zarówno z perspektywy nauk o zwierzętach, jak i praktyki opieki nad kotem.

Kocie odchody należy rozpatrywać w trzech kategoriach: medycznego problemu (ang. Medical problems), wydalania (eng. Elimination) i znakowania (ang. Marking) (Neilson, 2004). Niektórzy autorzy analogicznie w trzech kategoriach rozpatrują sam koci mocz: choroby (primary medical disease), wydalania (toileting) i znakowania (marking) (Ellis et al., 2017).

Eliminacja i znakowanie

Eliminacja (oddawanie moczu i kału) ma przede wszystkim charakter fizjologiczny, jednak sposób jej realizacji jest silnie uwarunkowany behawioralnie. W warunkach naturalnych koty preferują podłoże umożliwiające wykopanie dołka oraz zakopanie odchodów, co pełni funkcję maskowania zapachu i ograniczenia

wykrywalności przez drapieżniki lub inne osobniki (Ellis et al., 2013). Mikcja i defekacja odbywają się w pozycji przysiadu wymuszając wybór podłoża sprzyjającego pozycji. Do eliminacji zwierzęta te wybierają poziome powierzchnie, rzadko spotyka się wybór powierzchni pionowej (Neilson, 2004).

Zarówno mocz jak i kał może służyć znakowaniu, lecz zdecydowanie większe znaczenia w tym przypadku ma mocz. Znakowanie pełni funkcję komunikacyjną i jest ściśle związane z organizacją terytorium. Mimo, iż częściej znakują samce, samice również przejawiają takie zachowania (Neilson, 2004). Najczęściej odbywa się poprzez rozpylanie moczu (ang. spraying), pozostawianie śladów zapachowych za pomocą gruczołów policzkowych lub drapanie powierzchni. W przeciwieństwie do eliminacji, znakowanie ma na celu przekazywanie informacji innym osobnikom, która ma wpłynąć na zachowanie odbiorcy (Ellis et al., 2017), nie ma na celu eliminacji (Neilson, 2004). Często sama eliminacja przebiega prawidłowo, w wyznaczonych do tego miejscach (Ramos et al., 2019). Koty w momencie znakowania przybierają charakterystyczną pozycję - unoszą pionowo ogon, który drży i spryskują moczem pionową powierzchnię. Kot w tej chwili może przymknąć do połowy oczy, a w czynności mogą, lecz nie muszą brać udział tylne nogi drepczące w miejscu (Neilson, 2004).



Fotografia 1. Realizacja zachowania eliminacyjnego (mikcja) przez kota domowego (Felis catus) w kuwecie

Źródło: Fotografia K. Kierzkowskiej.



Fotografia 2. Znakowanie terytorium przez kota domowego (Felis catus) moczem nanoszonym na powierzchnię pionową

Źródło: Germapol (2026).

Rozróżnienie eliminacji i znakowania

Eliminacja stanowi podstawowy proces fizjologiczny, związany z usuwaniem produktów przemiany materii, natomiast znakowanie ma charakter komunikacyjny i służy przekazywaniu informacji w obrębie terytorium (Bradshaw, 2013; Turner & Bateson, 2014). Eliminacja najczęściej odbywa się w pozycji kucznej, na powierzchniach poziomych, przy użyciu większej ilości moczu. Zachowanie to jest zazwyczaj poprzedzone wyborem odpowiedniego miejsca oraz może obejmować kopanie i zakopywanie, co ma znaczenie adaptacyjne i wiąże się z ograniczeniem emisji zapachów (Ellis et al., 2013). W warunkach domowych prawidłowa eliminacja zachodzi w kuwecie, pod warunkiem, że spełnia ona wymagania środowiskowe kota.

Znakowanie moczem różni się zarówno funkcją, jak i formą. Kot przyjmuje pozycję stojąca, z uniesionym, często drgającym ogonem, a mocz aplikowany jest w niewielkiej ilości na powierzchnie pionowe. Koty często znakują na przedmioty istotne w kocim społeczeństwie: mające zapach konkretnej osoby lub zwierzęcia oraz okna i drzwi. Znakowanie występuje także częściej w sytuacjach stresowych, przy zmianach środowiskowych lub w obecności innych zwierząt (Neilson, 2004). Jeśli mikcji lub defekacji towarzyszy kopanie w podłożu, a następnie zakopywanie, należy przypuszczać, iż jest to eliminacja, w przypadku znakowania koty nie przejawiają takich form (Herron, 2010).

Cechy atrakcyjnej kuwety

Zapewnienie odpowiednich warunków do realizacji zachowań eliminacyjnych stanowi jeden z podstawowych elementów dobrostanu kota domowego w środowisku domowym. W warunkach ograniczonej przestrzeni, charakterystycznych dla mieszkań o niewielkiej powierzchni, rola kuwety jako kluczowego zasobu środowiskowego ulega szczególnemu nasileniu. Kuweta jest miejscem przeznaczonym eliminacji. Jej właściwe dostosowanie może nie tylko wspierać prawidłowe zachowania eliminacyjne, ale także ograniczyć ryzyko wystąpienia problemów behawioralnych (Ellis et al., 2013; Herron & Buffington, 2010).

Atrakcyjność kuwety z perspektywy kota zależy od szeregu czynników, które wpływają na komfort oraz poczucie bezpieczeństwa zwierzęcia. Do najważniejszych należą: odpowiedni rozmiar, rodzaj podłoża, lokalizacja, liczba dostępnych kuwet oraz poziom ich higieny. Elementy te powinny być analizowane łącznie, ponieważ ich wzajemne oddziaływanie determinuje końcową ocenę środowiska przez zwierzę (Horwitz & Mills, 2009).

Czystość

Utrzymanie czystości stanowi jeden z najważniejszych czynników determinujących korzystanie z kuwety. Wysoka wrażliwość kotów na zapachy sprawia, że nawet niewielkie zaniedbania mogą skutkować unikaniem tego miejsca (Ellis et al., 2013). W przypadku możliwości wyboru między kuwetą czystą i kuwetą zawierającą odchody (mocz, kał, oba te elementy), koty preferują kuwetę czystą (Ellis et al., 2017). Te same badania wykazały również niechęć do mikcji i defekacji w kuwecie, w której znajdowała się podłożona imitacja moczu i kału lub oba te elementy jednocześnie (Ellis et al., 2017). Zaleca się, aby kuwety były czyszczone i myte nie rzadziej niż raz dziennie wodą i mydłem (Neilson, 2004). Używane środki czystości nie powinny być zapachowe.

Zapach

Żwirek zapachowy może potencjalnie zniechęcać kota do prawidłowej mikcji (Grigg et al., 2013). Dodatkowo stosowanie zakrytej kuwety zwiększa problem tworząc efekt pułapki zapachowej przez gorszą cyrkulację powietrza niż w otwartej. Badania sugerują, że stosowanie środków neutralizujących zapachy lub żwirku z węglem aktywnym może zmniejszyć ilość zachowań świadczących

o niezadowoleniu z kuwety (Ellis et al., 2017). Do mycia kuwety nie należy używać środków czystości o zapachu cytrusów, ponieważ mogą mieć działanie odstraszające koty (Heath, 2019).

Wielkość

Podczas wybierania kuwety należy kierować się wielkością kota. Idealna kuweta powinna być prostokątna i mieć długość 1,5 długości zwierzęcia (licząc od nosa do nasady ogona) (Heath, 2019). Zawsze lepiej wybrać kuwetę trochę większą niż za małą, ponieważ niewielki rozmiar może być przyczyną problemów z mikcją. W przypadku kotów ważących 6 kg i więcej warto wybrać większe kuwety niż standardowo dostępne w sklepach (Grigg et al., 2013). Kuweta powinna być wystarczająco głęboka, aby móc zmieścić odpowiednią ilość żwirku i na tyle przestronna, aby kot mógł przybrać naturalną postawę podczas defekacji i mikcji (Herron, 2010). Jednocześnie kot nie powinien dotykać ścianek podczas zakopywania moczu lub odchodów.

Kształt

Wybierając kształt kuwety należy zwrócić szczególną uwagę na cechy osobnicze kota. Zbyt wysokie brzegi kuwety mogą utrudniać wchodzenie kotom geriatrycznym i starszym (Neilson, 2004). W celu zweryfikowania indywidualnych preferencji kota można zaoferować mu zarówno kuwetę zamkniętą jak i otwartą i po czasie wykluczyć tą, z której nie korzysta (Heath, 2019). Większość kotów preferuje kuwety odkryte, ponieważ modele z pokrywami mogą zatrzymywać nieprzyjemne zapachy i przede wszystkim ograniczać pole widzenia kota, co znacząco odbiera mu komfort podczas mikcji (Herron, 2010).

Natomiast w innych badaniach Grigg et al. (2013) zauważono, że istotnym czynnikiem który może mieć wpływ na niechęć wobec kuwet zamkniętych jest częstość jej czyszczenia przez właścicieli. Dowiedziono, że aż 70% badanych kotów nie wykazało preferencji co do kształtu kuwety, a najważniejszą zmienną była czystość (Grigg et al., 2013). Rodzaj kuwety również ma wpływ na częstotliwość jej sprzątania. Właściciele zazwyczaj przywiązują większą wagę do czystości w kuwecie kiedy jest ona odkryta niż kiedy jest zamknięta. Prawdopodobnie wynika to ze względów estetycznych (Grigg et al., 2013).



Fotografia 3. Kuweta otwarta
Źródło: John Dog (2026).



Fotografia 4. Kuweta zamknięta
Źródło: Zooplus (2026).

Podłoże

Zapewnienie odpowiedniego podłoża pełni kluczową rolę przy akceptacji kuwety przez kota. Większość kotów preferuje żwirek bezzapachowy, drobnoziarnisty i zbrylający o teksturze zbliżonej do piasku (Neilson, 2004). Grubość warstwy podłoża powinna stale wynosić 3 – 4 cm (Heath, 2019). Odradza się natomiast żwirku silikonowego, z którego koty nie korzystają tak chętnie jak ze zbrylającego. Koty preferują większą ilość żwirku podczas defekacji, natomiast podczas mikcji nie jest to tak bardzo istotne (Ellis et al., 2017). Badania Mataśka & Krupa (2019) dowiodły, że koty zdecydowanie chętniej eliminowały w kuwetach ze żwirkiem bentonitowym niż z drewnianym pelletem, który swoją strukturą zdecydowanie odbiega od piasku, który jest naturalnym podłożem do defekacji i mikcji.

Ilość

W domu powinna się znajdować przynajmniej jedna kuweta więcej niż jest kotów (zgodnie ze wzorem n + 1, gdzie n to liczba kotów) (Neilson, 2004). Dzięki takiemu systemowi każdy z kotów będzie miał dostęp do czystej kuwety, co jest istotne w redukcji stresu w grupie zwierząt (Ellis et al., 2017). Dodatkowo każda z nich powinna znajdować się w innej lokalizacji, aby każdy z osobników miał możliwość eliminacji w zacisznym miejscu oddalonym od pozostałych kotów (Heath, 2019).

Lokalizacja

Kuweta powinna znajdować się w łatwo dostępnym miejscu. Kot powinien mieć do niej dostęp w dowolnym momencie, co wyklucza również pomieszczenia które bywają zamknięte (Neilson, 2004). Należy ustawić ją z daleka od jedzenia i miski z wodą (Heath, 2019). Dodatkowo powinna być umieszczona w bezpiecznym i w miarę ustronnym miejscu, aby zapewnić zwierzęciu pełen komfort psychiczny. Należy unikać miejsc w których kot może czuć się uwięziony lub być zaatakowany przez innego osobnika podczas korzystania z kuwety lub zaraz po wyjściu z niej (Neilson, 2004). Kot powinien mieć możliwość obserwacji otoczenia (Grigg et al., 2013) co może być niemożliwe w przypadku kuwety zakrytej.

Istotne jest rozmieszczenie kuwet w różnych miejscach w domu. Takie rozproszenie przeciwdziała traktowaniu wszystkich kuwet jak jednego zasobu (Ellis et al., 2017) i minimalizuje ryzyko konfliktów między kotami. W domu wielopoziomowym, w którym znajdują się koty starsze lub cierpiące np. na schorzenia

stawów, warto umieścić co najmniej jedną kuwetę na każdym piętrze (Heath, 2019). W domu z wieloma kotami należy również zwrócić uwagę na grupy społeczne. Dzielenie kuwet przez koty z różnych grup może powodować stres który przyczyni się do unikania kuwety (Heath, 2019).

Podsumowanie

Utrzymywanie kotów w domu wymusza na właścicielach zapewnienie im jak najlepszych warunków bytowych. Istotne jest zwrócenie uwagi na naturalne zachowania oraz potrzeby i umożliwienie zwierzęciu odwzorowanie tego zaciszu domowym. Kuweta pełni bardzo istotną funkcję w życiu kota i jakiekolwiek nieprawidłowości z nią związane mogą skutkować problemami z eliminacją poza kuwetą. Najlepiej sprawdzają się kuwety umożliwiające kotu przybranie pozycji naturalnej podczas eliminacji, obrócenie się i zakopanie moczu lub odchodów.

Istotne jest zwrócenie uwagi na indywidualne upodobania kota a także uwarunkowania osobnicze (takie jak wiek, stan zdrowia i wielkość zwierzęcia). Dodatkowo poza kształtem i wielkością bardzo istotną rolę odgrywa czystość w kuwecie. Warto również zapewnić podłoże, które strukturą będzie jak najbardziej zbliżone do piasku, który jest naturalnym substratem wykorzystywanym przez koty podczas eliminacji.

Bibliografia

Barcelos, A. M., McPeake, K., Affenzeller, N., & Mills, D. S. (2018). Common risk factors for urinary house soiling (periuria) in cats and its differentiation: The sensitivity and specificity of common diagnostic signs. *Frontiers in Veterinary Science, 5*, Article 108. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00108

Bradshaw, J. W. S. (2013). *Cat sense: How the new feline science can make you a better friend to your pet*. Basic Books.

Bradshaw, J. (2018). Normal feline behaviour: … And why problem behaviours develop. *Journal of Feline Medicine and Surgery, 20*(5), 411–421. https://doi.org/10.1177/1098612X18771203

Cottam, N., & Dodman, N. H. (2007). Effect of an odor eliminator on feline litter box behavior. *Journal of Feline Medicine and Surgery, 9*(1), 44–50. https://doi.org/10.1016/j.jfms.2006.08.004

Ellis, J. J., McGowan, R. T. S., & Martin, F. (2017). Does previous use affect litter box appeal in multi-cat households? *Behavioural Processes, 141*, 284–290. https://doi.org/10.1016/j.beproc.2017.02.008

Ellis, S. L. H., Rodan, I., Carney, H. C., Heath, S., Rochlitz, I., Shearburn, L. D., Sundahl, E., & Westropp, J. L. (2013). AAFP and ISFM feline environmental needs guidelines. *Journal of Feline Medicine and Surgery, 15*(3), 219–230. https://doi.org/10.1177/1098612X13477537

Germapol. (2026). *Znakowanie terenu przez kota – kiedy i po co koty to robią? Jak reagować?* https://germapol.pl/pl/n/40

Grigg, E. K., Pick, L., & Nibblett, B. (2013). Litter box preference in domestic cats: Covered versus uncovered. *Journal of Feline Medicine and Surgery, 15*(4), 280–284. https://doi.org/10.1177/1098612X12465606

Heath, S. (2019). Common feline problem behaviours: Unacceptable indoor elimination. *Journal of Feline Medicine and Surgery, 21*(3), 199–208. https://doi.org/10.1177/1098612X19831202

Herron, M. E. (2010). Advances in understanding and treatment of feline inappropriate elimination. *Topics in Companion Animal Medicine, 25*(4), 195–202. https://doi.org/10.1053/j.tcam.2010.09.005

Herron, M. E., & Buffington, C. A. T. (2010). Environmental enrichment for indoor cats. *Compendium: Continuing Education for Veterinarians, 32*(12), E4.

Horwitz, D. F., & Mills, D. S. (Eds.). (2009). *BSAVA manual of canine and feline behavioural medicine* (2nd ed.). British Small Animal Veterinary Association.

John Dog. (2026). *Otwarta kuweta dla kota*. https://johndog.pl/produkt/otwartakuwetadlakota/

Mataśka, I., & Krupa, W. (2019). Atrakcyjność podłoża w kuwecie dla kotów. *Journal of Animal Science, Biology and Bioeconomy, 37*(2), 15–20. https://doi.org/10.24326/jasbb.2019.2.2

McGowan, R. T. S., Ellis, J. J., Bensky, M. K., & Martin, F. (2017). The ins and outs of the litter box: A detailed ethogram of cat elimination behavior in two contrasting environments. *Applied Animal Behaviour Science, 194*, 67–78. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.05.009

Neilson, J. C. (2004a). Feline house soiling: Elimination and marking behaviors. *Clinical Techniques in Small Animal Practice, 19*(4), 216–224. https://doi.org/10.1053/j.ctsap.2004.10.003

Neilson, J. C. (2004b). Thinking outside the box: Feline elimination. *Journal of Feline Medicine and Surgery, 6*(1), 5–11. https://doi.org/10.1016/j.jfms.2003.09.008

Ramos, D., Reche-Junior, A., Mills, D. S., Fragoso, P. L., Daniel, A. G. T., Freitas, M. F., Cortopassi, S. G., & Patricio, G. (2019). A closer look at the health of cats showing urinary house-soiling (periuria): A case-control study. *Journal of Feline Medicine and Surgery, 21*(8), 772–779. https://doi.org/10.1177/1098612X18801034

Turner, D. C., & Bateson, P. (Eds.). (2014). *The domestic cat: The biology of its behaviour* (3rd ed.). Cambridge University Press.

Zooplus. (2026). *Savic kuweta dla kota Nestor Happy Planet*. https://www.zooplus.pl/shop/koty/kuwety_pielegnacja_kota/kuwety_kryte/klasyczne/1402012

THE IDEAL LITTER BOX FOR A CAT

Abstract: One of the essential accessories in households where cats are kept is the litter box. Due to the fact that it constitutes a necessary part of home equipment for many caregivers, its appearance is important, which is often difficult to reconcile with its primary function and the cat's preferences. When choosing a litter box, it should be kept in mind that is main function is to optimally satisfy the species-specific needs of the cat. Cats' preferences regarding litter boxes stem from their species-specific behavioral patterns, and ignoring them usually leads to conflict situations, as evidenced by the frequent issue of cats eliminating outside the litter box. This paper analyzes information from scientific publications by various authors on cats' preferences in choosing litter boxes. Particular attention was given to aspects influencing the ability to express typical species-specific behaviors, which is crucial from the perspective of animal welfare.

Keywords: domestic cat, litter box, elimination behaviour, animal welfare, urine marking.

Jacek Krawczyk
PhD., Helena Chodkowska University of Technology and Economics in Warsaw
e-mail: jacek.krawczyk@uth.edu.pl
ORCID: 0000-0001-6116-7099

Andrzej Wojciechowski
PhD., Helena Chodkowska University of Technology and Economics in Warsaw
e-mail: andrzej.wojciechowski@uth.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3533-8258

UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE MODERN WORLD

Abstract: The number of aerial operations using unmanned aerial vehicles (UAVs) is steadily increasing because of their considerable technical, operational, and economic capabilities, as well as the challenges posed by technological development and contemporary civil and military requirements. UAVs are used by individuals, companies, institutions, and civil and state organizations. The development of UAV operations began many years ago and will continue, reducing the role of manned aviation, supporting new technologies, expanding their possible uses, and facilitating the automatic and autonomous performance of human activities. Owing to modern technologies, UAVs offer a wide range of applications and can perform flight operations within a radius of a few metres as well as over long distances, including intercontinental operations.

Keywords: UAV, new technologies, airspace, UAV pilot.

1. Introduction

The rapid development of Unmanned Aerial Vehicles has been noticeable in recent years (European Commission, 2019a). Performing flight operations using UAVs compared to flying manned aircraft is cheaper, safer and has less negative impact on the environment. Besides, flight operations using UAVs can be carried out in airspace subject to warfare, terrain that is difficult to access, and in harmful or

dangerous conditions (e.g. contaminated environment, volcanic ash emissions, high temperature). Another advantage of UAVs is that they can perform an operational task for much longer than manned aircraft.

A pilot performing operations on an aircraft is constrained by a number of factors such as working time, passenger safety, performance of flight operations under certain atmospheric conditions pertaining to the pilot, aircraft and airport. The performance of flight operations with the use of UAVs allows the maximum use of the capabilities of the aircraft, under various operational conditions with the maintenance of an appropriate level of safety and efficiency of flight operations.

Flight operations using UAVs can be conducted automatically or autonomously, according to user needs, over short and long distances, in different atmospheric conditions and across time zones, without exposing a pilot to the mental and physical stresses that could negatively affect task performance.

Unmanned technologies are also finding use for surveying and observing airport infrastructure. Air Traffic Management institutions, airports and aviation regulators are paying increasing attention to the potential of unmanned systems. This is a consequence of the need to ensure a high level of safety and efficiency in the execution of flight operations, airport operations and the costs resulting from the difference in the use of UAVs and manned aircraft.

Taking into account the ever-increasing number of flight operations being carried out using UAVs and the prospects for their further development in the context of global trends of automation and digitization of aviation processes, it is necessary to systematically increase the integration of unmanned technologies that will use advanced algorithms and artificial intelligence technologies with traditional flight operations carried out by manned aviation.

2. Materials and Methods

During the development of the article, it used a variety of research methods that enabled a comprehensive analysis of the area of work. The primary sources of information were scientific publications, aviation industry reports, the author's own materials and observation of the development of new unmanned technologies in the area of civil and state aviation and airport operation processes. The analysis of specialized literature made it possible to build the theoretical foundation of the work and identify the most important research areas. In addition, the author conducted observations of activities carried out in the airport environment and analyzed examples of unmanned technology implementations. Interviews with industry

experts were also an important part of the research process, providing practical information on the effectiveness and challenges of using drones and other systems in airport operations. Data available from secondary sources were used for scientific purposes, which were analyzed and interpreted. The results of the simulations supported the evaluation of the effectiveness of using unmanned technologies in selected areas, such as airport space monitoring and infrastructure inspections. These methods enabled a multifaceted approach to the problem under study. The adopted research methods ensured a reliable study of the issues and allowed the formulation of conclusions relating to the content of the article and the hypotheses set forth in the article, which state that the process regarding the performance of flight operations with the use of UAVs has begun and will be carried out due to the fact that UAV operations are cheaper, safer, more efficient and have less negative impact on the environment.

3. Results

3.1 European Union Regulatory Framework

As of December 31, 2020, common drone regulations are in effect in the European Union countries, as well as in Liechtenstein, Norway and Switzerland, based on European Union regulations. The regulations in question have unified pilot certification processes, flight operations procedures and UAV categories.

UAV, also known as drone, means any aircraft operated or intended to be operated without a pilot on board, which can operate autonomously or be piloted (European Commission, 2019a, 2019b).

Regulations have been drafted by the European Union Aviation Safety Agency (EASA) in which European rules have been clarified to ensure free movement of drones and a level playing field for all operators of Unmanned Aircraft Systems (UAS) within the European Union. Thanks to the new rules, UAS pilots are able to perform drone operations seamlessly when traveling within the European Union or when developing their drone business in Europe. The rules described are based on an assessment of the risks of operation and balance the responsibilities of drone manufacturers and operators with regard to safety, privacy, the environment and noise protection (Civil Aviation Authority, 2025).

Unmanned Aircraft Operations are divided into three main categories:

3.1.1 Open category - is a low-risk category, which means that you do not need to make statements or obtain permits from the Civil Aviation Authority. In

this category, operations can be carried out within the visual range of the pilot or with the assistance of an observer (VLOS), with drones weighing less than 25 kg at a distance of no more than 120 meters from the nearest point of the earth's surface. Registration with the System is required for SBSP operators who have drones weighing more than 250g or are equipped with a sensor for data collection (such as a camera).

3.1.2 Special Category - is intended for operations of medium risk, whose flight parameters go beyond the "open" category. Execution of operations will require verification and, in some cases, approval of the Civil Aviation Authority. When performing operations in the special category, SBSP operators must be registered in the System. In the special category, SBSP operations can be performed after meeting the selected option:

- submission of a statement of operation in accordance with the Standard Scenario (STS) or National Standard Scenario (NSTS)
- obtaining a permit for operations in the specific category
- obtaining a Light UAS Operator Certificate (LUC).

3.1.3 Certified Category - is a high-risk category, operations require UAV certification under Regulation (EU) 2019/945. Where appropriate, operator certification and licensing of the UAV pilot may also be required if deemed necessary by the competent authority, based on a risk assessment. Operations shall be classified in the certified category only if the following conditions are met:

- over gatherings of people
- it involves the transportation of persons
- it involves the transportation of hazardous materials that may pose a high risk to third parties in the event of an accident (Civil Aviation Authority, 2025).

3.2 The implementation of aerial missions using UAVs is growing steadily. The largest increase in them occurred in 2020 (Polish Air Navigation Services Agency, 2024).

The use of drones is becoming more and more popular in every possible field of human, environmental and machine activity. Failure to take advantage of its capabilities results in the fact that this area is not developed using modern technological possibilities.

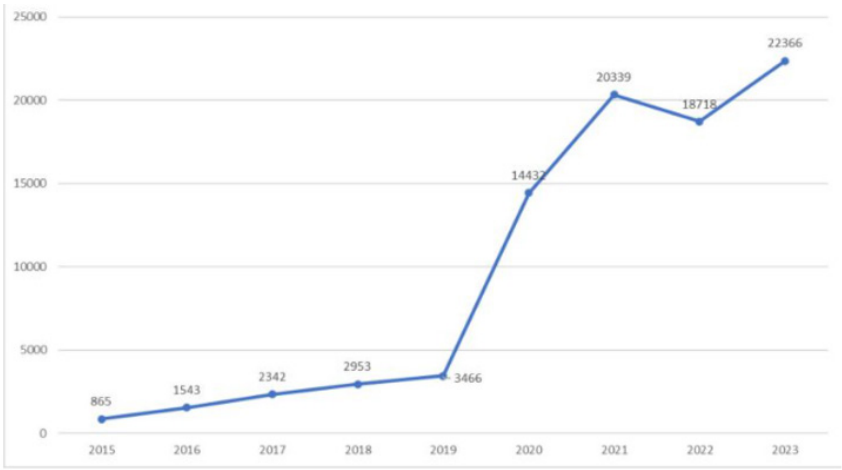


Figure 1. Plans for PANSA-coordinated UAV missions in years to come 2015 – 2023
Source: Based on data from the Polish Air Navigation Services Agency (2024).

Examples of UAV use:

3.2.1 In air transportation.

Drones are being used to transport medical supplies, in logistics, in the food industry and in the delivery of various types of shipments. It reduces the time of material delivery especially in urban areas and in places that are difficult to access and far away.

3.2.2 In rescue.

UAVs are essential equipment for rescue services. Thanks to them, it is possible to provide assistance in hard-to-reach areas, over bodies of water and in mountainous areas. They are used in areas where disasters have occurred to monitor the terrain and provide medicines, rescue materials and information necessary for analysis to develop conclusions on how to carry out the next stages of the rescue operation. UAVs are equipped with thermal imaging cameras and can detect a person in various places, for example, buried in debris, earth or snow.

3.2.3 Fighting smog.

The fight against smog by government services is becoming more intense. Residents of metropolitan areas, cities and villages are exposed to harmful substances.

A properly equipped drone can provide detailed information about the substances coming out of chimneys and about the composition of the air above inhabited spaces. Drone reports can be used for the ongoing fight against polluters, as well as for developing and analyzing air quality maps.

3.2.4 Inspections of power grids, wind farms and photovoltaic farms.

Inspections of power grids, wind farms and photovoltaic farms involve working at great heights and in places difficult to access where it is necessary to check the quality of electrical connections, detect mechanical and operational damage. The above-mentioned activities with the use of a UAV equipped with a camera are much more efficient, accurate, cheaper and faster, and allow for ongoing reporting and archiving of performed inspections. These places are often inaccessible to humans.

3.2.5 Advertising industry photography and film.

The use of UAVs in the entertainment and film industry is extremely wide.

Realization of shots from the so-called bird's eye view, realization of images from heights, pulling various types of banners, transmission of sports spectacles with the use of modern technology has become something natural and indispensable. UAV pilots can be found at every event from the smallest ones like wedding receptions to those of regional or national importance.

Drone operators are increasingly present at weddings, receptions, events and special events of private or public interest.

3.2.6 Surveying and construction industry.

UAVs are used for precise measurements, mapping the terrain and objects on it with 3D modeling capabilities using photogrammetric software. This gives them the ability to determine the size of embankments such as coal or earth piles.

In the construction industry, drones are used, among other things, for documenting and inspecting the stages of construction processes, technical documentation and advertising videos promoting the investment and the surrounding area. They are also used for construction expertise on the progress of corrosion or cracks on buildings.

3.2.7 Agricultural industry.

Drones, due to the limited possibilities of the weight of the cargo carried to perform agricultural spraying, are mostly used in places that are difficult to access and where there is a need for precise application of an agent often with a strong toxic

effect. Aerial operations with the use of a drone are carried out ad hoc and at fixed intervals along planned routes and in places where the action of the agent is needed.

They are also used to survey the condition and growth of crops and to document the emergence of damage caused, for example, by forest animals or caused during severe weather conditions or natural disasters.

3.2.8 Forestry.

Monitor national and scenic parks, wildernesses and forest areas. The materials are used to estimate game numbers, control pests, survey plants, analyze endangered species, observe habitats and animal migrations and movements. They are also used to combat poaching, illegal logging, trash left behind and illegal motor vehicle traffic in closed or restricted zones.

3.2.9 In the space industry.

They are used for planetary exploration, supporting astronauts, i.e. assisting them in carrying out experiments, delivering various types of materials, performing tasks together with astronauts and thus relieving their workload, while monitoring their performance and behavior during the execution of these tasks.

They are also used for inspection of space infrastructure, i.e. inspection of satellites, space stations and objects in orbit.

In addition, they are used to study new materials and technologies that will have applications in space and on the ground. Also important is the use of new algorithms that will allow autonomous processes to be implemented in space.

3.3 A perspective on the use of UAVs at the airport

The performance of aircraft operations (Act of 3 July 2002 – Aviation Law, 2002, Art. 2(1)) at an airport (Act of 3 July 2002 – Aviation Law, 2002, Art. 2(4)) is made possible by the provision of appropriate infrastructure.

Within an airport, one can distinguish the following elements of aviation infrastructure, which are designed to support aircraft during takeoff, landing, and taxiing. The airport infrastructure includes runways, taxiways, aircraft parking aprons, hangars, flight control tower, guidance equipment, and the part for passenger service, i.e. air terminals. In order for air operations to be carried out at an airport, it must undergo a certification process (International Civil Aviation Organization [ICAO], 2018b), which is carried out by the President of the Civil Aviation Authority.

The airport must be managed safely, in accordance with the Airport Operations Manual, and efficiently to bring financial benefits while maintaining an adequate

level of safety. In order to increase the operational efficiency of the airport it is reasonable to introduce the following solutions with the use of Unmanned Aircraft:

3.3.1 Perform inspections of runways and taxiways.

They have the technical capability to inspect all roads in a quick and precise manner, depending on operational needs.

Through the use of high-resolution cameras, lidar and thermal sensors, the drones can detect pavement damage, FOD (Foreign Object Debris), invisible signage, faulty lighting and other malfunctions that can negatively affect the safety of air operations.

3.3.2 Inspections of artificial surfaces.

Inspections of the ground traffic field should be carried out systematically and as often as possible (ICAO, 1983). The following frequency of inspections should be considered, as a minimum.

Runways - Runway inspections should be conducted four times a day, as follows:

- At dawn - detailed inspection of the surface of all runways covering their entire width. Approximately 15 minutes (2 passes) should be allowed for the inspection of each runway
- Before noon - inspection of all runways, with possible interruption due to flight operations, with special attention to the areas between runway edge lights
- In the afternoon - a repeat of the morning inspection
- After dusk - inspection of all runways. Inspections should be performed at fixed intervals, given that the inspection of lights should be performed late in the evening. The entire runway surfaces should be inspected.

These inspections of artificial surfaces are carried out by the Airport Operations Duty Officer or by Airport Operations Department personnel using motor vehicles. They take about 15 minutes and are performed in close cooperation with the air traffic control service.

The implementation of this activity using a UAV will take about 2-3 minutes. It will be operationally and financially advantageous and will have a positive impact on the environment.

3.3.3 Inspection of approach lights.

The approach light system should be inspected every day. In addition, inspections may be performed at the request of the flight operations service or air traffic control service. Inspections should be carried out on all elements of the system, including

side crossbars (red) in the case of a light system for precision approaches of categories II and III (ICAO, 1983).

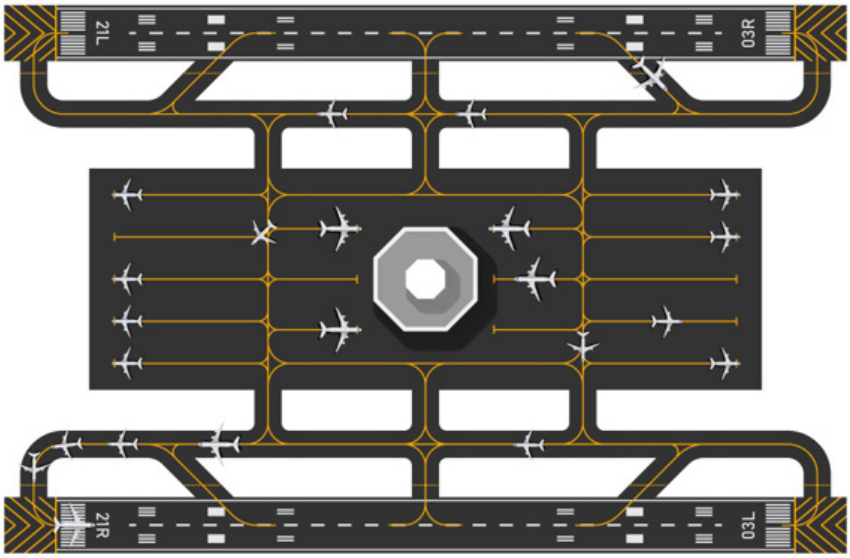


Figure 2. Airport Runway and Taxiway Layout

Source: From "Top View of Airport Runway and Taxi Way," by nokblacksheep (2024), VectorStock.

Before controlling a light approach system, the controlling team should inform the air traffic control service of its intention, usually by telephone. It should obtain, by radio, explicit permission, before entering the runway or securing the end of the runway.

The figure shows the system of category II and III precision approach lights at 300 meters from the threshold of the runway. Regardless of whether the threshold is at the end of the runway or offset, the same geometric layout of the approach light system should be adopted. In both cases, the approach lights should extend all the way to the threshold (ICAO, 2018a).

3.3.4 Inspections of aerial visual aids at the airport

Inspections of aerial visual aids are very important and should be carried out at the required intervals. Air operations service personnel should participate in these inspections. Approach light systems, side red crossbars (if any), visual approach path indicators, runway threshold lights, touchdown zone lights, runway edge lights and runway centerline lights should be checked to reveal damage and disruption. The consistency of the visual approach path indicator and non-visual aids should also

be checked. Intensity control tests shall be carried out. Taxiway and stop bar lights should be checked during the control flight (ICAO, 1983).

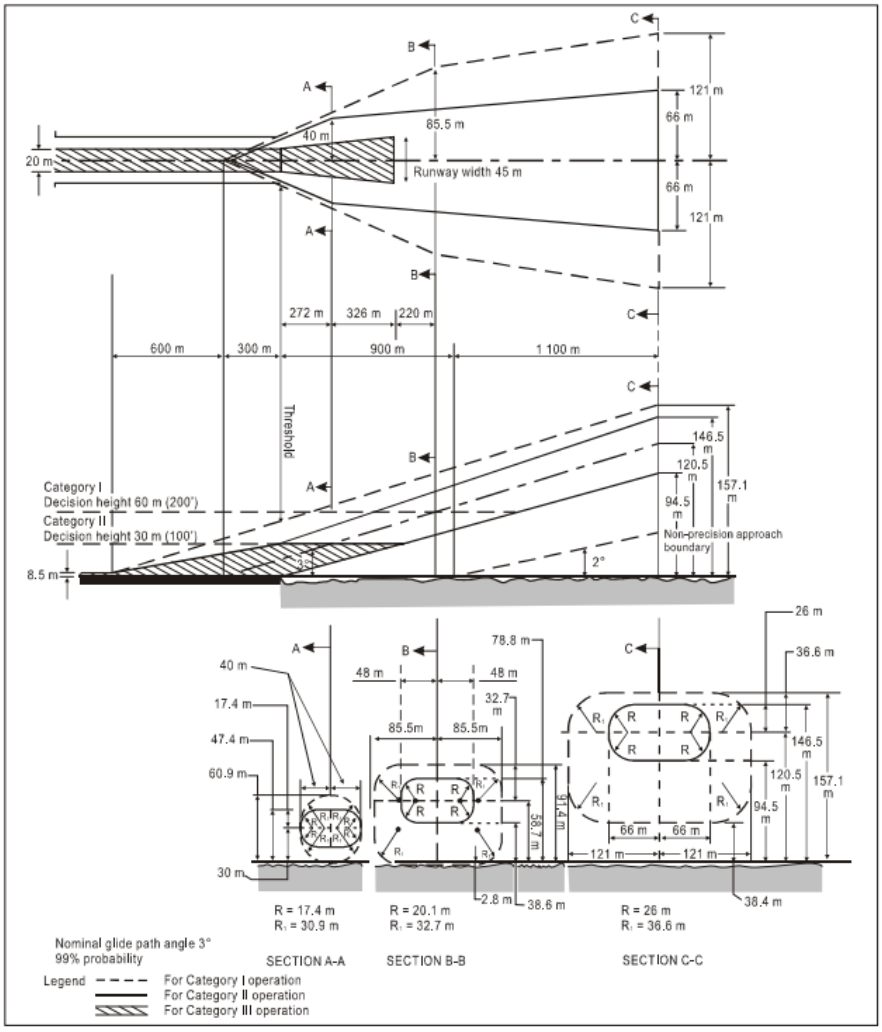


Figure 3. Flight Path Envelopes Used for Lighting Design for Categories I, II, and III Operations

Source: From Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation: Aerodromes: Volume I– Aerodrome Design and Operations, by the International Civil Aviation Organization (2018a).

UAV, thanks to its equipment, performs flight operations stably and, depending on the mode, automatically or autonomously. Thanks to its equipment with cameras and appropriate sensors with the use of algorithms, it can analyze in real time all imperfections in the lights, navigational aids and the condition of the airport

surface. These operations with the use of UAV will be much faster, safer, cheaper, possible in almost any weather conditions and with minimal negative impact on the environment.

4. Discussion

The number of operations using drones will steadily increase. They are used in many areas and currently it is impossible to imagine that drones will stop being used. Their potential will continue to increase and they will be used even more in various areas.

Whether they will replace manned vehicles is another question. It should certainly be said that the process of systematically taking over the role of manned vehicles has taken place and the role of UAVs will be systematically increased.

Could unmanned vehicles completely replace manned vehicles? Technical capabilities allow for such solutions. Legislative issues also accommodate unmanned vehicles on roads, railroads, on water and in airspace. It seems that one of the reasons that air passenger transport is not carried out by drones is the human factor.

The development of new technologies and the demand for new solutions, the need to increase the level of safety will result in passenger and cargo transportation being carried out even more dynamically by unmanned vehicles, and the activities performed by drones will become even more popular, easier to operate and more autonomous.

5. Conclusions

The process of performing flight operations using UAVs has begun, is underway, and it is expected that unmanned aviation will play an increasingly important role in daily services and air transportation. The advantages of performing flights using UAVs over manned aircraft are that they are cheaper, safer, can perform an aerial task for longer, and have minimal negative impact on the environment. Besides, UAV flights can be carried out in hard-to-reach areas, warfare, and dangerous and harmful weather conditions.

In addition, they have a wide range of applications from the entertainment, advertising and tourism industries to the medical, agricultural and space industries. Thanks to the intensive development of technology, drones may find application in almost every field of life in the near future. Thanks to the application of new technologies, operations based on algorithms are becoming increasingly autonomous

and indispensable for the daily needs of humans, the environment, and connecting various social, professional areas and contributing to the growth of new technologies.

Common UAV regulations, introduced on December 31, 2020, within the European Union countries, as well as in Liechtenstein, Norway and Switzerland, have unified regulations on pilot certification processes, flight operations procedures and UAV categories, resulting in easier UAV flights in each country's airspace and crossing national borders. The new base regulation differs from previous legislation introduced by the EC and EASA. According to the new regulation, the division of UAVs is the result of a risk analysis of the flight operation, which takes into account the UAV's weight, speed, noise level and equipment configuration. Missions carried out using UAVs are becoming more efficient, safer, cheaper and more environmentally friendly compared to manned aviation operations. To support this development, unmanned aviation requires regulated access to all classes of airspace (ICAO, 2001; Polish Air Navigation Services Agency, 2025).

There are still many areas in which UAVs can still develop and find application. They can complement human activities, systematically take over the role of cargo and passenger transportation, be used for the benefit of the environment, or be used in space to support astronauts or deliver various types of materials.

Bibliography

Act of 3 July 2002 – Aviation Law, Journal of Laws No. 130, item 1112 (2002) (Pol.). https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20021301112

Civil Aviation Authority. (2025, February 13). *General information*. https://ulc.gov.pl/en/drones/general-information

European Commission. (2019a). *Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 of 12 March 2019 on unmanned aircraft systems and on third-country operators of unmanned aircraft systems*. Official Journal of the European Union, L 152, 1–40. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2019/945/oj/eng

European Commission. (2019b). *Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft*. Official Journal of the European Union, L 152, 45–71. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2019/947/oj/eng

International Civil Aviation Organization. (1983). *Airport services manual: Part 8–Airport operational services* (Doc 9137-AN/898, 1st ed.).

International Civil Aviation Organization. (2001). *Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation: Air traffic services* (13th ed.).

International Civil Aviation Organization. (2018a). *Annex 14 to the Convention on*

International Civil Aviation: Aerodromes: Volume I–Aerodrome design and operations (8th ed.).

International Civil Aviation Organization. (2018b). *Annex 8 to the Convention on International Civil Aviation: Airworthiness of aircraft* (12th ed.).

nokblacksheep. (2024, February). *Top view of airport runway and taxi way* [Vector illustration]. VectorStock. https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/top-view-of-airport-runway-and-taxi-way-vector-50222775

Polish Air Navigation Services Agency. (2024, February 9). *Podsumowanie ruchu bezzałogowych statków powietrznych w 2023 r.* [Summary of unmanned aircraft traffic in 2023]. https://www.pansa.pl/podsumowanie-ruchu-bezzalogowych-statkow-powietrznych-w-2023-r/

Polish Air Navigation Services Agency. (2025, May 16). *AIP Polska – AIP IFR* [Polish AIP – IFR AIP]. https://www.ais.pansa.pl/publikacje/aip-ifr/

BEZZAŁOGOWE STATKI POWIETRZNE WE WSPÓŁCZESNYM ŚWIECIE

Streszczenie: Liczba operacji lotniczych wykonywanych z użyciem bezzałogowych statków powietrznych (BSP) systematycznie wzrasta ze względu na ich duże możliwości techniczne, operacyjne i ekonomiczne, a także potrzeby wynikające z rozwoju cywilizacyjnego oraz współczesnych wymagań cywilnych i wojskowych. BSP są wykorzystywane przez osoby prywatne, przedsiębiorstwa, instytucje oraz organizacje cywilne i państwowe. Rozwój operacji BSP rozpoczął się wiele lat temu i będzie postępował, ograniczając znaczenie lotnictwa załogowego, wspierając rozwój nowych technologii oraz umożliwiając automatyczną i autonomiczną realizację coraz większej liczby zadań. Dzięki nowoczesnym technologiom BSP mają szerokie zastosowanie i mogą wykonywać operacje zarówno na bardzo małych obszarach, jak i na znacznych odległościach, w tym w działaniach międzykontynentalnych.

Słowa kluczowe: BSP, nowe technologie, przestrzeń powietrzna, pilot BSP.

Jacek Krawczyk
PhD., Helena Chodkowska University of Technology and Economics in Warsaw
e-mail: jacek.krawczyk@uth.edu.pl
ORCID: 0000-0001-6116-7099

Andrzej Wojciechowski
PhD., Helena Chodkowska University of Technology and Economics in Warsaw
e-mail: andrzej.wojciechowski@uth.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3533-8258

THE LATEST TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF LOGISTICS IN POLAND AND IN THE WORLD

Abstract: The paper presents selected aspects of logistics management concepts in economic systems and their practical implementation. The main issues considered include the scope of logistics management, the basic principles of identifying and structuring logistics processes, and the principal levels of process rationalization. Contemporary logistics must manage supply chains globally while adapting products and services to individual customer needs. This value enhancement is achieved primarily by reducing the time required for the customer to access the expected goods or logistics services. In this context, logistics adopts the Mass Logistic Customization strategy. The paper also discusses the transfer of network-centric concepts, originating in the military environment, to business logistics and assesses their potential impact on the logistics services market. Particular attention is paid to lean concepts, process reengineering, and the selection of methods and tools needed to build logistics management systems suited to individual organizations.

Keywords: logistics, logistics management, supply chain, Mass Logistic Customization, network-centric management.

Introduction

Logistics as a theory grew out of other and increasingly improved forms of economic management. As a relatively young scientific and research field, it makes a very significant contribution to the management of the national economy, mainly including management in enterprises. The essence of modern logistics is the systemic connection of the processes of moving, storing, and distributing goods in logistics chains, understood i.e. from the moment of acquiring the raw material for a specific good according to needs, through its production and distribution, up to the final consumer. Thanks to this, in a relatively short time, the achievements of modern logistics are successfully implemented into economic practice in the form of integrated logistics management concepts. Modern logistics is considered as the theory and practice of managing the physical flows of material and non-material goods within logistics chains. In terms of theory, logistics should be treated as a science, a research field that provides new tools in managing the flows of material and non-material goods, creating logistics chains.

It therefore becomes the science of organizing the processes of moving and storing raw materials, materials, and finished products in a systemic approach, aiming to optimize logistics chains (from raw material acquisition to the consumer). In pragmatic terms, the logistics approach is understood by managers as an integrated system of managing the physical flow of raw materials (logistics services), materials, goods, and services, as well as the accompanying information streams from the sources of acquisition, through all intermediate links, up to the final recipients. In recent years, this approach has been expanded to include secondary processes understood as utilization and waste management. Logistics activity currently constitutes the basis of the modern market economy; it is implemented within economic entities in the form of logistics systems that deal with the spatio-temporal transformation of goods and information. Using IT systems for its operation, it leads to the integration of logistics processes. This ensures the optimal functioning of logistics chains across their entire scale of operation; modern logistics means integrated systems of action based on knowledge. Logistics knowledge is becoming an indispensable key to solving complex problems related to the flows of materials, goods, and services in logistics chains. All this makes logistics knowledge, in its ultimate form, be treated as a totality of processes enabling creative support for enterprise management, through creation, dissemination, and utilization for achieving the enterprise's goals. Without it, the efficient functioning of an enterprise is impossible; thus, it becomes the creator of ever newer logistics management concepts (Hejduk, 2004).

Knowledge and the Creative Development of Logistics Management Concepts

The development of science and its connection with practical activity can only occur through continuous expansion and improvement of various areas of knowledge, which include logistics, among others. Investing in knowledge is today becoming the best path to achieving all kinds of success in various fields of life. Changes in the business environment at the end of the 20th century forced scientists and managers to seek new challenges for enterprises and companies that want to occupy a significant place in the increasingly competitive market in the new century. The dynamics of changes that have occurred and are occurring in enterprise management have meant that their scope has also encompassed logistics activities (Wojciechowski, 2003). Logistics in the activities of enterprises has undergone transformations in the last fifty years of its activity. The directions of changes in logistics activities were primarily determined by technical innovations that are entering our daily lives. They are directly related to novelties that aim to improve and more efficiently operate the company in all areas of its activity; the phenomenon of the so-called knowledge growth, combined with economic development, triggered in entrepreneurs the need to use and adapt it to market conditions. Knowledge transfer in the aspect of its practical use has become the driving force behind the development of new management concepts. These changes caused knowledge, competencies, and information to become closely linked with the relevant departments of enterprises. Particular attention to organizational improvements was paid to the processes of supply, warehousing, transport, and distribution. This caused logistics activity to change over recent years.

Among traditional logistics management concepts, which include: Just in Time, KAN BAN, new ones are emerging. Total Quality Management, Lean Production, Lean Management, Lean Manufacturing, Outsourcing, Reengineering, Benchmarking, Time Compression Management, Fast Cycle Response, Just for you - JFY, Make or Buy, Mass Logistic Customization, and others enforce the creation of a single-criterion interdependence between management and logistics (Wojciechowski, 2005a). The popularity of the above terms is probably related to the fact that they are synonyms for integrated economic activities often directly referring to logistics, which is responsible for ensuring the unity of place and time of all resources necessary in the process of producing services and material goods (Ficoń, 2001). Management concepts defined as "lean" mean in the activity of companies the so-called lean (slimmed-down) structures, selected production, and

efficient management. In practice, this is something more than just slimming down; in practice, it is rather about achieving high efficiency, which makes the company's activities rational, resilient, and through this, production costs decrease significantly. An enterprise with a so-called lean structure builds its organization and manages the process in such a way that the customer ordering the product actually pays for its manufacturing, and not for the functioning of a huge organizational structure, warehouses, huge halls, transport means, bureaucracy, etc. Concepts belonging to this group in practice are characterized by the decentralization of responsibility and task competencies of the managerial staff, which practically means prioritizing the human factor. A characteristic feature of these concepts is, among other things, imparting flexibility in supply chain management. This requires the creation and organization of complex activities in accordance with the Just in Time Production, Just in Time Management principles. This phenomenon thus integrates the creation of the value chain within the logistics system. A necessary condition for the implementation of the above concepts is high quality in the company's operations. It becomes necessary to use outsourcing, reengineering, and benchmarking in logistics; applying the above concepts requires modern IT technologies from logistics. The currently used enterprise information systems operating for logistics and supported by solutions enabling the planning of the enterprise's logistics resources of the ERP (Enterprise Resources Planning) class most often fulfill the following role: initiating, which comes down to preparing an order, automatically creating logistics documentation, transport planning, etc.; planning and coordinating, which consists of forecasting dependent and independent demands, controlling material turnover, supply quality, etc.; reporting and control, which consists of comparing results with assumed customer service standards; coordinating, which includes planning: sales, material requirements, production scheduling, controlling handling activities, inventory management; integrating, which boils down to the aggregation of the enterprise system with the external systems of recipients, suppliers, service providers, e.g., EDT systems. On the domestic IT market, one can find more and more systems that are said to be integrated systems. Integrated systems for managing logistics resources in an enterprise allow meeting the requirements of companies of various sizes. In their structure, they are characterized by modularity, which allows them to be expanded with any modules, thanks to which they find application for a wide group of enterprises. Such systems provide a range of information for production planning, distribution control, and monitor and share data regarding the current state in warehouses, enabling insight into the global supply chain. An alternative to them could be more perfect systems utilizing network-centric technologies (Władyka

& Wojciechowski, 2005). In practice, the phenomenon of the emergence of new concepts triggers the need to migrate theoretical knowledge to practice. This creates the necessity to work out a new approach and develop new logistics concepts taking into account rational ways of knowledge management. This requires the connection of all links of the logistics chain; logistics from micro through meso, macro, euro has achieved the name of global logistics (Ficoń, 2001).

The presented division of logistics is not a rigid and unambiguous division. The free-market economy principles operating in the world develop and put into practice increasingly new classifications and divisions of logistics. In practice, an in-depth analysis indicates that justified divisions of logistics should be classified according to the degree of aggregation of economic processes. Obviously, in many cases, such a division is contractual and defines certain directions of integration of logistics processes in enterprises. Reversing the logistics pyramid clearly indicates that the length of the logistics chain at individual classification levels changes. This proves that along with the classification level, the number of logistics processes increases and their scope expands. This also causes a lengthening of the logistics chain; thus, the proper configuration of events that occur in it is hindered. In practice, this requires the application of systems integrating and supporting logistics management.

The development and application of modern IT techniques have opened a new era for logistics, which has allowed controlling flows in supply chains using virtual networks. Integrated computer networks are used today to make logistics decisions; simulation methods preceding the taken decisions are commonly utilized. The virtualization of logistics processes has enabled the creation of a supply chain management system; tracking logistics resources has become possible thanks to the application of appropriate systems, which include, among others, GPS. Improvement in management was also obtained thanks to the use of barcodes for automatic identification. The huge amount of goods flowing through various streams in logistics chains caused the use of magnetic cards on which information about the cargo is recorded (Władyka & Wojciechowski, 2004). Global logistics has utilized the latest technological achievements applied in the leading armies of the world. Logistics systematically adapts network-centric technologies for its needs, which allow for real-time control of streams (flows) in logistics chains. The emergence of the Supply Chain Management concept has become a hit of recent years. In this way, over the space of about fifty years, logistics transformed from classic materials management associated with purchasing, inventory, and distribution using the Just in Time principle into network logistics, and then hybrid logistics. The interdisciplinary nature of logistics has caused it to increasingly draw upon other fields of science. One of the most

useful became systems theory; Knowledge, logistics, and the theory and design of logistics systems; Systems theory is the foundation of systems sciences. It was created over many decades as a consequence of the noticed complexity of reality – the nature of objects created by man. The systems approach focuses on the interactions between elements of a system; it is based on a general, holistic view, leading to goal-oriented action. Thereby it leads to defining the rules of action, the aim of which is to change a given system or create a new one. This is particularly important in logistics activities, where we deal with a number of phenomena concerning the control of flows in the logistics chain. Problems related to the systems approach, general systems theory, and various specialized systems theories largely shape and determine the intellectual and scientific climate of our times. Moreover, a major stimulus for developing systems research in many countries around the world has been the rapid development of technical thought. Solving increasingly complicated tasks from various scopes and fields requires designers and users to operate with an arsenal of systems approach tools. Contemporary systems research is multifaceted enough that each of its individual parts has transformed (or offers the possibility of transforming) into a separate scientific discipline e.g. general systems theory, mathematical systems theory, etc; they often represent a distinct direction in other sciences e.g. systems approach in biology, linguistics, psychology, sociology, etc; they thus allow for conducting research and the possibility of considering the solved problem from different points of view. Systems and systemic nature are noticed everywhere today; theoretically, every object can be a system, and every science, field of knowledge, or direction can be characterized by systemic nature. Systems theory is the foundation of systems sciences; it arose over many decades as a consequence of the noticed complexity of reality – the nature of objects created by man. The systems approach focuses on the interactions between elements of a system; it is based on a general, holistic view, leading to action oriented towards the goal of the action. Thus, it leads to defining rules of action, the aim of which is to change a given system or create a new one. This is especially important in logistics activities, where we deal with a number of phenomena concerning flow control in the logistics chain. The use of elements of systems theory and systems in logistics results from the character and tasks that logistics systems realize. Logistics systems implement logistics processes that form the structure of the system in the form of elements and relations between them. In logistics systems, time and space are overcome by the flow of goods between sending and receiving points. These flows can be interrupted at points where additional storage and movement processes must take place. Their continuation always occurs by meshing, creating a continuation of the process;

in every logistics system, there are two spheres: physical and information flows. In the sphere of physical flows, the basic elements are the processes of transport, warehousing, packaging, labeling, handling operations, transshipment, and quality control. The sphere of information flow is associated with the processes of managing the entire logistics system, i.e., planning, organizing, controlling, and monitoring. The enterprise's logistics system is the ordered organism of the company, which is created by the logistics infrastructure and people managing inventory, order fulfillment, transport, and warehousing. Within this system, processes of transfer, transactions, supply, production, and distribution are most frequently carried out. The company's logistics infrastructure consists of universal means of internal transport, depots and warehouses maintaining appropriate inventory levels, and information streams that function inside and outside the enterprise. The proper functioning of the logistics infrastructure ensures the continuity and rhythm of supply, production, and distribution processes, as well as the maintenance of high quality of manufactured products, inventory optimization, etc. (Ciesielski, 1999).

The term logistics system has significant meaning in practice, because the basic logistics assumptions in a company are: a systemic approach to the analysis and design of the enterprise's logistics activities; identification of the physical flows of raw materials, materials, goods, and services; knowledge of information and decision-making streams controlling these flows of goods and services, optimal level of material inventory; logistics infrastructure of the enterprise; a comprehensive approach to logistics costs (within the recording system and in analytical work); aiming at uniform management of logistics activities; other undertakings depending on the needs and character of the company. In every enterprise, therefore, a logistics system can be distinguished; the scope of logistics tasks in enterprises is diverse, and this implies the degree of complexity of logistics processes. The enterprise's logistics processes are an integral component of every company; they define the sequences of activities related to the flow of goods, encompassing the physical movement and storage of raw materials, materials, and products. They integrate non-material flows related to the flow of information through successive phases of various types of economic processes (starting from raw materials, ending with consumers). They are created so that their implementation is efficient and economically justified (optimal). Among them, one should distinguish: streams and resources of information, which on the one hand reflect the flow and condition of material resources, while on the other hand they are used to control the flow processes. We thus distinguish two types of information: controlling and regulating physical flows, and reporting and control ones. The first ones run in the opposite direction to the physical flows. They

originate in the market and take the form of demand forecasts or customer orders. In turn, reporting and control information runs in accordance with the direction of the flow of physical processes. They reflect the implementation of earlier planning decisions in terms of assortments, quantities, time, etc. The integration of the above processes into a single system allows for comprehensive management of the flow of goods and information through all spheres of the enterprise's activity.

The Logistics Chain and Systems Theory

In logistics, logistics processes form the structure of the system in the form of elements and the relations occurring between them. This structure is most often a static or dynamic structure; in the case of static structures, we refer to the company's organization. Meanwhile, the dynamic structure in logistics is the logistics supply chain, which is the basis of logistics activity, becoming logistics chains, which are. The explication of the processes that take place in them is possible thanks to the systemic approach; it focuses on isolating the relations between system elements. It is based on a holistic (general) view of the considered problem and leads to "directional" action focused on a goal. It defines rules of action whose aim is to change a given system or create a new one. A characteristic feature of this approach is the comprehensive nature of considering all issues. This means that to explain a certain entirety, such as the behavior of logistics processes - explaining its elements is not enough. Also required are explanations of the dependencies that occur between them. In the logistics supply chain, the phenomenon occurs of overcoming time and space through the flow of goods between sending and receiving points. These flows are interrupted at points where additional storage and movement processes must take place. However, meshing of these processes always occurs; the place of meshing is the connection of links in the logistics chain. In every logistics chain, there are two spheres: physical flows and information management. In the sphere of physical flows, the processes of transport, storage, packaging, labeling, handling operations, transshipment, quality control, etc. are distinguished. In the sphere of information management, meanwhile, processes related to the flows of managerial staff decisions, information, and cooperation with the external environment of the logistics system are distinguished. The proper identification of system elements has a key impact and translates into mutual dependencies between these elements, projecting onto the efficiency of the entire system. In such an arrangement, it is possible to properly identify the logistics processes taking place in the enterprise's logistics system (Materowska, 2004). Distinguishing and then aggregating logistics processes in an

enterprise allows for analyzing it as a whole. This approach foregrounds learning the relationships between elements of the logistics system and evaluating their impact on the level of operational efficiency of the entire system. However, in the event of specific disruptions in one of the subsystems, their causes should be sought within them, but also in the others. A systemic approach to logistics avoids suboptimization, and thereby achieves a rational solution within the analysis of the entire system. Considering logistics processes on a wider scale than the enterprise is only of a model character and focuses mainly on the analysis of the logistics supply chain. Its analysis should be conducted from a functional, supply, logistics-transport, informational, and enterprise restructuring process perspective; perceiving the chain in the above-mentioned aspects must be conducted in a comprehensive manner; during the conducted research, all the presented determinants should be evaluated in all areas of logistics activity. The logistics supply chain is one of the most dynamically developing logistics concepts. Its dynamic development over the last few years has become the subject of intensive research in both the theory and practice of the economic activity of enterprises. The objective scope and palette of logistics services is undergoing transformations; current changes in supply chains indicate that they are being replaced by chains of a multidimensional character. Most often, these are network chains in which the order fulfillment process is increasingly oriented toward the customer. In a network arrangement, the capacity of partners within the created network increases. Thereby the structure, character, and dimension of the modern supply chain change.

Through the linear, internal, bilateral, and external logistics chain in enterprises, it has transformed into a multidimensional one referred to as a network supply chain. This is the effect of many factors that directly or indirectly contributed to its new shape. Among the most important, one should mention the globalization of production and trade, which caused the development of logistics services and led to the extraction – from a wide palette of services – of comprehensive logistics services. Their essence is directing the entirety of activities related to the rational management of processes in the logistics supply chain (Supply Chain Management). The concept of a network supply chain extends beyond the boundaries of traditional interpretations of supply chains, in which, according to definitions, the value of specific goods is increased by performing specific undertakings (e.g.: acquisition, assembly, packaging, transport and distribution, and waste utilization). In the classically understood supply chain, we deal with elementarily cooperating links. In reality, these are: production, commercial, service, distribution enterprises, etc., whose main goal is to gain a competitive advantage. The integration and coordination of flows is mainly carried

out at the level of flows of specific types of final product flows. Furthermore, in a conventional chain, independent economic entities characterized by a limited flow of market information are forced to create inventories constituting security against unexpected demand fluctuations. Consequently, inventories are accumulated, which as a result reduces the company's profit. Accumulated inventories become a ballast, which in market economy conditions becomes a big problem. A helpful solution can be the introduction of a network system into the supply chain. The network supply chain is therefore an integrator managing the sequence of events occurring in individual links. It integrates within its internal structure information management and physical goods flows.

The growth in the number of network connections (chain links) has a consequent significance for competitive strategy. With the application of modern IT techniques, it allows for having insight into the market situation. It is an undeniable fact that in the future, competitive advantage will result rather from the knowledge of events in individual links of the logistics chain. Managing supply chains within the framework of developing a general enterprise strategy is becoming a fundamental challenge in logistics today. For logistics fulfills a subservient character in the company; however, it is becoming increasingly visible. Through its activity, it brings additional benefits that can be obtained from actively directing the logistics chain comprehended as a network. Building a logistics network in the form of a supply chain allows for distinguishing in its network a group of independent enterprises that compete and cooperate with each other. Its action is directed towards improving and increasing the efficiency of product flows and accompanying information in accordance with the expectations of potential recipients (customers). Fully meeting needs in the supply chain (Total Supply Quality – TQS) becomes possible thanks to the virtualization of processes. Managing virtual delivery processes in logistics is becoming increasingly common. The introduction of an additional element to the supply chain, which is a virtual recipient of logistics services, strengthens the logistics potential component in the enterprise. Making logistics decisions in the case of using NCW technology introduces the concept of added value to the supply chain, and thus the selective logistics information about the supply chain is strengthened by the informational component of logistics management. Added value is realized by: introducing processed logistics knowledge into the service: logistics potential + potential of processed logistics data + resource of logistics information); reductions of logistics time and costs associated with organizing the delivery process, which as a result optimizes the supply chain; it collects and monitors all possible demands for logistics activities; it monitors the state of the supply chain: warehouse inventory levels, state of logistics

infrastructure, etc.; it maintains a system of electronic logistics documents. A Center created in this way can provide its services by: constantly monitoring events in individual links of the chain; maintaining permanent relationships via appropriately personalized portals with entities requiring temporary or systematic provision of logistics services; maintaining constant contact, a profile of services with wholesale suppliers; aggregating demands for specific services according to the logistics service profile; acquiring new independent contractors; expanding the logistics network. Modern logistics centers do not have their own logistics infrastructure and rely on the resources of other enterprises constituting an integral part of logistics chains. Such a solution enables offering its clients the possibility to participate in a logistics network in which there is access to current information about events in the supply chain. Co-participation in the network allows for increasing the value of products located within it. Thus, added value to the real price of the product is created. The complexity of the problem and the observed tendencies towards virtualization and networking of supply chains in logistics make development directions hard to predict and burdened with a high level of uncertainty. The current inclination towards informatization, virtualization, and network-centric management may lead to a complete reconfiguration of today's supply chain. These phenomena cause a search for newer, more perfect techniques away from the classic platform-centric method of management. An example of this can be the increasingly popular network-centric method of management. The network-centric management concept assumes that information sharing by all network members is a potential source of increasing its value. In the commercial sector, this value can be measured or evaluated in terms of four attributes of competitiveness: Enterprise functionality, operational reliability, accessibility to information sources, and costs. Underlying the above concept is the generally accepted logistics principle "the right information should be provided to the right subscribers, in this case, supply chain users, in the right content and at the right time." This rule corresponds closely with the widely known Just-in-Time principle. The proper implementation of this rule requires combining into appropriate information complexes data received from territorially dispersed sources, which are suppliers and other users of the supply chain. The network created in this way forms a network-centric architecture of the logistics system. It enables efficient identification of logistics processes and affects quality increases in logistics. In combination with TQM management, a very high synergistic effect is obtained; a big drawback of this management method is large financial outlays.

Logistics and Total Quality Management

Essential elements shaping the development of logistics management, including the image of logistics chains, is the necessity of raising quality standards. This phenomenon is expressed in the general concept of Total Quality Management (TQM); quality issues have become the subject of constant interest among modern managers. In recent decades, interest in process management problems has particularly increased; this problem has also touched upon logistics issues. Good quality, alongside price and customer service standard (customer satisfaction), are the final elements of competitive strategy. Modern managers devote much attention to the factors conditioning product or service quality. The interdisciplinary nature of the quality problem conditions the use in recent years of the universal term Total Quality Management (TQM). TQM is today becoming a pillar based on the assertion that product and service quality is created throughout its entire life cycle. TQM is a management philosophy, and at the same time a set of methods and tools allowing for optimal process control. A basic feature of this set of concepts and methods is that they are not fixed once and for all, but are subject to changes introduced by enterprises applying this philosophy. Therefore, the philosophy of change is subject to continuous development and improvement. TQM in logistics activities is implemented throughout the entire logistics supply chain in accordance with the Just in Time philosophy.

The enterprise's logistics system can be shaped by the comprehensive quality management strategy in the enterprise through implementing: a quality management system compliant with ISO standards in the logistics supply chain; a logistics system management strategy based on "Lean" concepts; designing and managing processes in logistics activities; a philosophy of thinking in categories of the ECR (Efficient Consumer Response) process chain, a concept of full integration of TCQ elements: time, costs, quality (Time-Cost-Quality-Leadership), selection of appropriate rules, methods, and tools for creating a quality system; skillful change management in company logistics; appropriate pragmatics and conducting training. In the light of such adopted assumptions, TQM logistics should be comprehended as an influence on the processes occurring in and around the logistics system from the perspective of raising quality; ordering the flow of information and goods streams in the logistics chain rationalizes logistics activity in the firm; comprehensive quality management in supply chains, starting from raw materials, through semi-finished products often manufactured by a numerous group of cooperators, and ending with good assembly of the final product and its distribution – can only then guarantee

quality constituting competition against other market participants; especially in a situation when Poland found itself in the European Union.

Mass Logistic Customization – A Modern Knowledge-Based Business Strategy

A traditional and material view of modern logistics focuses on optimizing tasks that are a consequence of the "flow of logistics streams", which takes place in space and time. Such a phenomenon in logistics is called a logistics process; the optimization of logistics processes therefore becomes the main task that a logistician must fulfill in an enterprise. Logistics processes in an enterprise should be perceived as moving goods and services within the firm and moving goods and services outside the firm. Modern logistics must manage the supply chain both globally and for the needs of individual customers. Such actions must be carried out in such a way as to enrich the product or service with a specific feature that adds value to it. This adding of value to the product primarily consists in shortening delivery times and increasing the offer of proposed logistics services. In this sense, logistics enters a new action strategy which is Mass Logistic Customization (Wojciechowski, 2005b).

Such a strategy allows a logistics firm to adapt to individual customer needs. A firm providing logistics services in the 21st century should go into comprehensive customer service - for the enterprise and the individual client. Such a method frees customers of logistics firms from absorbing tasks related to delivery and guarantees high operational efficiency in the logistics chain. Implementing Mass Logistic Customization will require from firms the skill of integrating many participants of the supply chain. This will mainly concern orderers, suppliers, and logistics operators, not infrequently providing services as lead logistics (transl: conducting services of an exclusively logistics character) and direct recipients who are customers of logistics services. Looking at the problem long-term, it is to be expected that firms which implemented quality management systems compliant with ISO will in the near future (a 3-4 year perspective) begin implementing the Mass Logistic Customization strategy.

Conclusion

Managing the event configuration and information flow in logistics chains has always constituted a vital element of activity for logistics managers. Transport and forwarding activity fulfills an essential role in the logistics processes of firms. However,

along with the development of computer technologies, the issue of optimization, the issue of spatio-temporal transformation of goods gained in importance. Modern firms in their current operations use increasingly newer technologies allowing them to monitor material and information flows in supply chains. Used for this are IT and telematics technologies, which are becoming increasingly popular. Currently on global markets, it happens that the possibility of interactive information transmission between supply chain participants is equally valued with the modernity of the fleet available to companies providing services. Tracking logistics resources participating in the transformation of goods using a phone, fax, or SMS is slowly becoming a thing of the past. In modern logistics, tracking the phenomena that occur in logistics chains makes knowledge and the ability to use it necessary. Global market consolidation causes the emergence of new logistics strategies; thus, the demand for logistics knowledge grows, and it generates ever newer logistics solutions. In the wide palette of logistics services, one of the essential ones affecting the company's financial result is the rational management of event configuration in the logistics chain. Chain management is becoming an increasingly difficult issue; logistics chains have transformed from linear through internal, bilateral, external into logistics networks that today must be analyzed on a global scale. Regardless of the changes and new concepts occurring in logistics management, knowledge will be the driving force developing logistics concepts. Logistics as the theory and practice of managing flows of materials, goods, and services constitutes the basis of the modern market economy. Formally fulfilling a subservient role, it will always deal with efficient and effective management of logistics processes in all phases and at all levels of economic activity. The emergence of new concepts in management forces logistics to search for new, increasingly effective solutions that will improve logistics management. Given the multi-level character of logistics, it should be assumed that in the future, logistics activities will be dominated by the application of network-centric technologies, and current business strategies will be displaced by concepts bearing the names lean and mass customization. In the opinion of the article's author, Mass Logistic Customization will cause a revolution in providing logistics services. The use of Mass Logistic Customization tools will provide many benefits related to, among others, transport optimization in logistics, decreasing the number of inefficient logistics services, reducing warehousing costs, improving satisfaction, and building customer loyalty. The author realizes that the entry of the Mass Logistic Customization strategy will not happen overnight. However, implementing it into life for logistics companies in the coming years will be a necessity. To conclude, the enterprise of the future is an enterprise operating on the market based on knowledge,

which today is an indispensable tool in company management.

Bibliography

Ciesielski, M. (1999). *Logistyka w strategiach firm* [Logistics in company strategies]. Wydawnictwo Naukowe PWN.

Ficoń, K. (2001). *Procesy logistyczne w przedsiębiorstwie* [Logistics processes in an enterprise]. Impuls Plus Consulting.

Ficoń, K. (2004). *Zarys mikrologistyki* [Outline of micrologistics]. BEL Studio.

Hejduk, I. K. (Ed.). (2004). *Teoria i praktyka modelowania systemów logistycznych* [Theory and practice of logistics systems modelling]. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej.

Materowska, M. (2004). Łańcuch dostaw – zagadnienia wybrane [Supply chain – selected issues]. *Logistyka*, (3), 21–23.

Władyka, S., & Wojciechowski, A. (2004). Koncepcja sieciocentrycznego zarządzania w logistyce [The concept of network-centric management in logistics]. *Logistyka*, (3), 49–51.

Władyka, S., & Wojciechowski, A. (2005). Konsolidacja procesów w łańcuchach logistycznych [Consolidation of processes in logistics chains]. In *Nowe technologie i osiągnięcia w metalurgii i inżynierii materiałowej: VI Międzynarodowa Konferencja Naukowa* (pp. 731–734). Politechnika Częstochowska.

Wojciechowski, A. (2003). System śledzenia zasobów logistycznych w NATO [NATO logistics resource tracking system]. *Logistyka*, (5), 41–43.

Wojciechowski, A. (2005a). Ewolucja koncepcji zarządzania wyzwaniem dla logistyków [The evolution of management concepts as a challenge for logisticians]. In *Perspektywy rozwoju lokalnego i regionalnego po wejściu do Unii Europejskiej: Zmiany w dostosowaniu Polski do standardów unijnych* [Proceedings of the 2nd International Conference]. Akademia Techniczno-Humanistyczna.

Wojciechowski, A. (2005b). Mass Logistic Customization – przyszłość zarządzania łańcuchem dostaw? [Mass Logistic Customization – the future of supply chain management?]. *Logistyka*, (1), 10–11.

NAJNOWSZE TRENDY W ROZWOJU LOGISTYKI W POLSCE I NA ŚWIECIE

Streszczenie: Artykuł przedstawia wybrane aspekty koncepcji zarządzania logistycznego systemami gospodarczymi oraz możliwości ich praktycznego zastosowania. Analizie poddano przedmiot zarządzania logistycznego, podstawowe zasady identyfikowania i strukturyzowania procesów logistycznych oraz główne poziomy ich racjonalizacji. Współczesna logistyka musi zarządzać łańcuchami dostaw w skali globalnej, jednocześnie dostosowując produkty i usługi do indywidualnych potrzeb klientów. Wartość dodana jest tworzona przede wszystkim dzięki skracaniu czasu dostępu klienta do oczekiwanego dobra lub usługi logistycznej. W tym ujęciu logistyka wykorzystuje strategię Mass Logistic Customization. Omówiono również możliwości zastosowania koncepcji sieciocentrycznych, wywodzących się ze środowiska militarnego, w logistyce biznesowej. Szczególną uwagę poświęcono koncepcjom lean, reinżynierii procesów oraz doborowi metod i narzędzi niezbędnych do budowy systemów zarządzania logistycznego odpowiadających potrzebom konkretnych organizacji.

Słowa kluczowe: logistyka, zarządzanie logistyczne, łańcuch dostaw, Mass Logistic Customization, zarządzanie sieciocentryczne.

Janusz Kwaterski

Nowe Media sp. z o.o., Prezes Zarządu

ROLA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W ZWIĘKSZANIU DOSTĘPNOŚCI RYNKU INWESTYCYJNEGO DLA PRZECIĘTNEGO KONSUMENTA

Streszczenie: Celem rozdziału jest ocena rzeczywistej roli sztucznej inteligencji (AI) w zwiększaniu dostępności rynku inwestycyjnego dla przeciętnego konsumenta usług finansowych. Problem badawczy sprowadza się do pytania, czy (i w jakim zakresie) automatyzacja doradztwa inwestycyjnego oparta na algorytmach i uczeniu maszynowym usuwa bariery, które historycznie ograniczały dostęp gospodarstw domowych o przeciętnych zasobach do profesjonalnego zarządzania majątkiem. Zastosowano krytyczny przegląd literatury oraz wtórną analizę wyników badań empirycznych obejmujących quasi-eksperymenty na danych rynkowych, eksperymenty ekonomiczne, reprezentatywne badania ankietowe i przeglądy literatury z lat 2017–2026. Oceniono pięć hipotez dotyczących bariery kosztowo-majątkowej, strukturalnej, kompetencyjnej i decyzyjnej oraz perspektywy modelu hybrydowego. Zebrane dowody wskazują, że AI skutecznie obniża przede wszystkim barierę kosztowo-majątkową: redukcja progów wejścia i opłat wiąże się ze wzrostem uczestnictwa klasy średniej oraz z umiarkowanymi korzyściami dobrobytowymi. Nie usuwa jednak bariery strukturalnej ani kompetencyjnej. Osoby o niskiej wiedzy finansowej i nadmiernej pewności siebie mogą częściej sięgać po robodoradztwo, podczas gdy większe korzyści ekonomiczne osiągają inwestorzy doświadczeni. Dostępność narzędzia nie musi też zwiększać początkowego wejścia na rynek, choć może sprzyjać trwałości uczestnictwa i poprawie decyzji portfelowych. Wyniki wspierają tezę o przesunięciu, a nie całkowitym zniesieniu bariery dostępu, oraz uzasadniają rozwój wyjaśnialnej AI i hybrydowego modelu doradztwa.

Słowa kluczowe: Sztuczna inteligencja, robodoradztwo, inkluzja finansowa, kompetencje cyfrowo-finansowe, rynek inwestycyjny.

Wstęp

Rynek zarządzania majątkiem przez dziesięciolecia funkcjonował na zasadzie selekcji majątkowej. Tradycyjny doradca inwestycyjny, obciążony wysokim kosztem stałym własnej pracy, opłacał się wyłącznie przy obsłudze klientów zamożnych, przez co profesjonalna porada finansowa była dostępna dla tych, którzy potrzebowali jej najmniej. Pojawienie się technologii finansowych opartych na algorytmach zrodziło obietnicę odwrócenia tej logiki: skoro koszt krańcowy obsługi kolejnego klienta przez oprogramowanie jest bliski zeru, profesjonalne zarządzanie portfelem miałoby przestać być dobrem luksusowym.

Celem rozdziału jest krytyczna ocena tej obietnicy, a więc ustalenie, w jakim stopniu sztuczna inteligencja – rozumiana jako zbiór metod uczenia maszynowego, uczenia głębokiego i AI generatywnej wykorzystywanych w usługach doradczo-inwestycyjnych – realnie zwiększa dostępność rynku inwestycyjnego dla przeciętnego konsumenta. Problem badawczy można ująć w pytaniu: czy obniżenie kosztów i progów wejścia przekłada się na rzeczywiste poszerzenie kręgu uczestników rynku kapitałowego, czy też bariera dostępu jedynie zmienia charakter – z majątkowej na kompetencyjną i behawioralną? Pytanie to nabiera wagi wobec ustaleń, zgodnie z którymi ograniczenia po stronie popytu na doradztwo mają naturę nie tylko cenową, lecz także poznawczą i związaną z zaufaniem.

Na potrzeby analizy sformułowano pięć hipotez:

H1: Sztuczna inteligencja skutecznie znosi barierę kosztowo-majątkową dostępu do rynku inwestycyjnego, prowadząc do mierzalnego wzrostu uczestnictwa gospodarstw domowych o przeciętnym poziomie majątku.

H2: Zniesienie bariery kosztowo-majątkowej nie obejmuje gospodarstw domowych o najniższych zasobach – demokratyzacja dostępu ma charakter niepełny.

H3: Sztuczna inteligencja nie usuwa bariery kompetencyjnej; przeciwnie, poziom wiedzy finansowej i cyfrowo-finansowej pozostaje istotnym predyktorem korzystania z automatycznego doradztwa oraz osiąganych z niego korzyści.

H4: Dostępność robodoradztwa nie zwiększa samego prawdopodobieństwa wejścia na rynek inwestycyjny, wpływa natomiast pozytywnie na jakość decyzji i trwałość uczestnictwa już podjętego.

H5: Ze względu na ograniczenia skalowalności personalizacji oraz problem nieprzejrzystości algorytmów, w perspektywie średnioterminowej dominować będzie hybrydowy model świadczenia usług doradczych, łączący automatyzację z udziałem człowieka.

Sztuczna inteligencja w usługach inwestycyjnych – ujęcie pojęciowe

W praktyce sektora finansowego wyróżnia się trzy obszary AI o przełomowym znaczeniu: uczenie maszynowe, polegające na wykrywaniu wzorców w dużych zbiorach danych; uczenie głębokie, w którym sieć neuronowa samodzielnie decyduje, które wzorce są istotne; oraz wielkie modele językowe, zdolne generować tekst i prowadzić konwersację. Z punktu widzenia doradztwa dla konsumenta praktyczne znaczenie ma tzw. wąska sztuczna inteligencja, obejmująca systemy zaprojektowane do wykonania jednego, choćby złożonego zadania – przy czym systemy planowania finansowego gospodarstwa domowego należą do jej najbardziej rozwiniętych form (Jajuga et al., 2025).

Kluczowe dla dalszych rozważań jest rozstrzygnięcie, ile faktycznie sztucznej inteligencji zawiera dzisiejsze robodoradztwo. Analiza dwustu dziewiętnastu robodoradców z dwudziestu ośmiu krajów wykazała, że dominującym rozwiązaniem pozostaje klasyczna teoria portfela: optymalizacja średniej i wariancji lub jej warianty (w tym model Blacka-Littermana) stosowane są przez około 40% podmiotów, portfele wzorcowe oparte na predefiniowanej siatce przez 27%, a stałe wagi portfelowe przez 14%. Sztuczna inteligencja sensu stricto występuje zatem w tej branży rzadziej niż sugeruje jej retoryka marketingowa (Beketov et al., 2018).

Konsekwencją powyższego jest konieczność rozwarstwienia przedmiotu badania na trzy poziomy: (a) automatyzację algorytmiczną opartą na regułach wywiedzionych z teorii Markowitza, stanowiącą trzon dzisiejszego robodoradztwa; (b) właściwe zastosowania uczenia maszynowego, głównie w profilowaniu ryzyka; oraz (c) generatywną AI opartą na wielkich modelach językowych, dopiero wchodzącą do praktyki. Badania nad ostatnią warstwą przynoszą wyniki umiarkowanie optymistyczne – porównanie rekomendacji ChatGPT z rekomendacjami siedemnastu robodoradców wykazało, że porada modelu językowego w znacznym stopniu odwzorowuje wzorzec wywiedziony z literatury naukowej, podczas gdy jedynie trzy platformy dostarczały porównywalnych rekomendacji (Oehler & Horn, 2024).

Bariery dostępu, mechanizm ich obniżania i ramy regulacyjne

Katalog barier napotykanych przez przeciętnego konsumenta obejmuje przede wszystkim barierę kosztową – tradycyjni doradcy pobierają opłaty rzędu 1% wartości aktywów rocznie, nieznajdujące potwierdzenia w ponadprzeciętnych wynikach – oraz progi minimalnej kwoty inwestycji, sięgające w segmencie tradycyjnego wealth management od stu tysięcy do miliona dolarów. Bariery podażowe uzupełniane są

przez bariery popytowe o charakterze poznawczym: uczestnictwo w rynku akcji jest silnie skorelowane z poziomem wiedzy finansowej, przez co powstaje mechanizm samowzmacniający, w którym najbardziej potrzebujący przewodnictwa najrzadziej go poszukują (Bhattacharjee, 2026).

Teoretyczny mechanizm znoszenia tych barier jest z pozoru prosty. Robodoradcy oszczędzają na kosztach stałych, dzięki czemu mogą obniżyć wymóg minimalnej inwestycji i pobierać niższe opłaty: podczas gdy w pełni zautomatyzowany robodoradca pobiera około 0,25% zarządzanych aktywów, opłaty doradców ludzkich rzadko schodzą poniżej 0,75% i sięgają nawet 1,5%. Drugim filarem obietnicy jest zdolność algorytmów do redukcji błędów behawioralnych – przekazanie procesu decyzyjnego z człowieka na algorytm ma ograniczać subiektywizm doradcy, preferowanie produktów prowizyjnych oraz koncentrację na papierach krajowych, choć autorzy przestrzegają, że uprzedzenia mogą zostać wbudowane w system na etapie projektowania (Abraham et al., 2019).

Teoretyczny potencjał personalizacji zderza się jednak z fundamentalnym ograniczeniem ekonomicznym. System AI przeznaczony dla konsumenta powinien być jednocześnie kreatywny i maksymalnie dostosowany do jego indywidualnej sytuacji, a spełnienie obu warunków łącznie oznacza brak skalowalności, czyli konieczność poniesienia bardzo wysokich nakładów jednostkowych. W konsekwencji stworzenie profesjonalnego systemu „pełnego" robodoradztwa, całkowicie pozbawionego udziału człowieka, jest na obecnym etapie rozwoju technologii bardzo trudne, o ile w ogóle możliwe (Jajuga et al., 2025).

Ramy prawne dodatkowo warunkują kształt usługi. Regulacje dotyczące usług inwestycyjnych są co do zasady neutralne technologicznie, dlatego wykorzystanie zautomatyzowanego lub półautomatycznego narzędzia nie zwalnia firmy inwestycyjnej z obowiązków wobec klienta. Wytyczne ESMA dotyczące oceny odpowiedniości oraz stanowisko UKNF wymagają m.in. przejrzystego wyjaśnienia zakresu udziału człowieka, znaczenia informacji przekazywanych przez klienta i sposobu generowania rekomendacji (European Securities and Markets Authority [ESMA], 2023; Urząd Komisji Nadzoru Finansowego [UKNF], 2020; Ustawa z dnia 29 lipca 2005 r. o obrocie instrumentami finansowymi, 2005).

Warto odnotować przesunięcie akcentów umykające wielu komentatorom: unijne rozporządzenie w sprawie sztucznej inteligencji, stosowane co do zasady od 2 sierpnia 2026 r., nie zalicza robodoradztwa jako takiego do katalogu systemów wysokiego ryzyka; katalog ten obejmuje natomiast określone systemy oceny zdolności kredytowej oraz ryzyka w ubezpieczeniach na życie i zdrowotnych. Niezależnie od tej klasyfikacji art. 22 RODO ustanawia ochronę przed decyzjami opartymi wyłącznie

na zautomatyzowanym przetwarzaniu, które wywołują skutki prawne lub w podobny sposób istotnie wpływają na osobę. W przypadkach objętych wyjątkami przewidzianymi w tym przepisie należy zapewnić odpowiednie zabezpieczenia, w tym możliwość interwencji człowieka, przedstawienia własnego stanowiska i zakwestionowania decyzji (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679, 2016; Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1689, 2024).

Bariera kosztowo-majątkowa – dowody empiryczne

Najmocniejszego dowodu dostarcza quasi-eksperyment wykorzystujący nagłą decyzję jednego z największych amerykańskich robodoradców, który w lipcu 2015 roku obniżył minimalną wartość rachunku z pięciu tysięcy do pięciuset dolarów. Rozkład majątku uczestników przesunął się gwałtownie w lewo bezpośrednio po tej zmianie, przy braku wcześniejszego trendu: udział uczestników z drugiego i trzeciego kwintala amerykańskiego rozkładu majątku, a więc z szeroko rozumianej klasy średniej, wzrósł o 107% (16 punktów procentowych), podczas gdy liczba uczestników z dwóch najwyższych kwintali nie uległa zmianie (Reher & Sokolinski, 2024).

Analiza różnicy w różnicach potwierdziła, że mechanizmem sprawczym było rozluźnienie ograniczenia minimalnej kwoty rachunku: inwestorzy z klasy średniej okazali się po obniżce o 14 punktów procentowych bardziej skłonni do przystąpienia do platformy niż klasa wyższa, przy odporności wyniku na kontrolę reklamy i cech demograficznych. Wsparcia dostarcza obserwacja kumulacji – przed obniżką ponad połowa dotychczasowych uczestników z klasy średniej wpłacała dokładnie pięć tysięcy dolarów, co stanowi klasyczną sygnaturę wiążącego ograniczenia; po obniżce kumulacja natychmiast zanikła. Kluczowe jest jednak ustalenie negatywne: w najniższym kwintalu, obejmującym gospodarstwa o aktywach płynnych poniżej tysiąca dolarów, nie odnotowano żadnego wzrostu uczestnictwa – demokratyzacja okazała się niepełna (Reher & Sokolinski, 2024).

Źródłem wartości, jaką inwestorzy o przeciętnym majątku przypisują automatycznemu zarządzaniu, są trzy przewagi portfeli robodoradczych: wyższa ekspozycja na wycenione czynniki ryzyka, przekładająca się na oczekiwaną stopę zwrotu wyższą o 2 punkty procentowe; istotnie lepsza dywersyfikacja; oraz personalizacja równocześnie według wieku i majątku, określana mianem „podwójnej ścieżki schodzenia". Skalibrowany model cyklu życia wykazał, że obniżenie progu podnosi dobrobyt nowych uczestników o 0,8% dożywotniej konsumpcji, przy czym usunięcie korzyści z dywersyfikacji obniża ten zysk aż o 70%. Wbrew obiegowemu

wyobrażeniu inwestorzy powyżej 55. roku życia zyskują niemal trzykrotnie więcej (1,7%) niż inwestorzy poniżej 35. roku życia (0,6%), co podważa marketingowy wizerunek robodoradztwa jako produktu dla milenialsów (Reher & Sokolinski, 2024).

Bariera kompetencyjna i behawioralna

Ustalenia dotyczące roli wiedzy finansowej układają się w obraz paradoksalny. Badanie na reprezentatywnej próbie blisko pięciu tysięcy dorosłych Włochów, oparte na danych Banku Włoch z 2023 roku, wykazało, że osoby o wyższej obiektywnej wiedzy finansowej są mniej skłonne korzystać z platform automatycznego doradztwa – wzrost o jedną poprawną odpowiedź w teście wiedzy obniża prawdopodobieństwo korzystania o 3,41 punktu procentowego, a po uwzględnieniu endogeniczności efekt rośnie do przedziału 7,86-11,29 punktu. Jednocześnie osoby cechujące się nieuzasadnioną pewnością siebie są istotnie bardziej skłonne sięgać po robodoradcę, co potwierdza tezę, iż to inwestorzy słabo poinformowani i nadmiernie pewni siebie napędzają dyfuzję innowacji finansowej obarczonej nieprzejrzystością informacyjną (Aristei & Gallo, 2025).

Nowym i doniosłym ustaleniem jest wykazanie odrębnej roli kompetencji cyfrowo-finansowych: wzrost o jednostkę w indeksie wiedzy o cyfrowych pojęciach i produktach finansowych – obejmującym rozumienie cyfrowych umów, wykorzystania danych osobowych oraz kryptoaktywów – podnosi prawdopodobieństwo korzystania z robodoradztwa o 1,43 punktu procentowego. Jest to pierwszy dowód empiryczny, że brak zrozumienia cyfrowych pojęć finansowych stanowi barierę adopcji odrębną od awersji algorytmicznej czy gotowości technologicznej (Aristei & Gallo, 2025).

Dopełnieniem tego obrazu są wyniki badania przeprowadzonego we współpracy z zespołem inwestycyjnym Ant Group na danych dotyczących wdrożenia opartego na AI konsultanta inwestycyjnego. Dostarczyło ono pierwszych dowodów empirycznych, że narzędzia tego typu pozytywnie wpływają na decyzje inwestycyjne i zyski, podważyło jednak przekonanie, iż najwięcej korzystają inwestorzy początkujący – istotnie większe korzyści odnoszą inwestorzy doświadczeni, a wpływ platformy na zyski jest silniejszy wśród osób skłonnych do ryzyka. Nowicjusze i osoby awersyjne wobec ryzyka, mimo większej aktywności transakcyjnej, osiągają niższe zyski, co skłania autorów do wniosku o kluczowym znaczeniu edukacji finansowej jako warunku wykorzystania korzyści z AI (Guo et al., 2025).

Literatura nie jest w tej kwestii jednomyślna – analiza kontrfaktyczna, w której każdemu inwestorowi przypisano „algorytmiczne alter ego" realizujące strategię

typową dla robodoradcy, wykazała, że największy potencjał korzyści mają inwestorzy o niskich dochodach i niskim wykształceniu. Sprzeczność ta jest jednak pozorna i daje się rozstrzygnąć przez rozróżnienie dwóch pytań: kto mógłby najwięcej zyskać, a kto faktycznie z usługi korzysta (D'Hondt et al., 2020).

Synteza pięćdziesięciu artykułów z czasopism finansowych rozstrzyga ten spór jednoznacznie: użytkownicy robodoradztwa są przeciętnie bardziej kompetentni finansowo lub dysponują lepszą wiedzą statystyczną niż pozostali inwestorzy, wobec czego kluczowym pytaniem badawczym pozostaje, dlaczego robodoradcy nie przemawiają do osób słabiej wykształconych finansowo – a więc do tych, którzy zyskaliby najwięcej. Przegląd identyfikuje przy tym ograniczenia projektowe utrwalające tę barierę: platformy opierają się na wąskim zestawie danych wejściowych, w praktyce jedynie awersja do ryzyka i horyzont inwestycyjny odgrywają istotną rolę w generowaniu rekomendacji, przez co inwestorzy są raczej przypisywani do gotowych portfeli, niż obsługiwani portfelami konstruowanymi indywidualnie (Nourallah et al., 2025).

Bariera decyzyjna, zaufanie i problem czarnej skrzynki

Najbardziej rygorystyczną metodologicznie odpowiedź na pytanie o wpływ robodoradztwa na samo uczestnictwo w rynku przynosi dziesięciotygodniowy eksperyment ekonomiczny, w którym uczestnicy przydzielani byli losowo do jednego z trzech warunków: otrzymywania rekomendacji algorytmu dostrojonego do ich preferencji ryzyka, funkcjonowania robota wdrażającego rekomendacje domyślnie, albo samodzielnego inwestowania. Rezultat okazał się dla tezy o demokratyzacji rozczarowujący: obecność robodoradztwa nie wpłynęła na decyzję o przystąpieniu do rynku – w każdym z trzech warunków przystąpiło do badania właściwego niemal 80% zaproszonych (Lambrecht et al., 2026).

Obraz zmienia się radykalnie po przejściu od uczestnictwa początkowego do kontynuowanego. Odsetek inwestorów, którzy w ostatniej rundzie ulokowali całość środków w bezpiecznym, gotówkopodobnym aktywie – a więc faktycznie wycofali się z rynku – wyniósł około 38% w grupie kontrolnej, około 25% w grupie otrzymującej rekomendacje i zaledwie 0,4% w grupie, w której robot wdrażał rekomendacje domyślnie. Robodoradcy prowadzą ponadto do bardziej optymalnego rebalansowania, lepszego zabezpieczania ryzyka oraz ograniczenia środków lokowanych w aktywa zdominowane, przy czym domyślne wdrażanie rekomendacji przewyższa samo doradztwo niemal we wszystkich wymiarach. Wniosek porządkujący dla debaty jest następujący: AI nie tyle otwiera rynek osobom dotąd wykluczonym,

ile pomaga utrzymać na nim tych, którzy już zdecydowali się weń wejść (Lambrecht et al., 2026).

Przyczyną niskiego wejścia jest przede wszystkim deficyt zaufania. Badania ankietowe wskazują, że jedynie 19% respondentów zadeklarowało, iż zaufałoby robodoradcy w kwestii wyborów inwestycyjnych, przy ogromnych różnicach międzykrajowych – od 44% w Chinach i 39% w Indiach do zaledwie 9% we Francji i 6% w Niemczech. Zjawisko to opisywane jest jako awersja algorytmiczna, czyli nieracjonalne dyskontowanie porady wygenerowanej przez algorytm (Bianchi & Brière, 2023).

Wbrew intuicji, więcej sztucznej inteligencji niekoniecznie oznacza większą dostępność. Włączenie złożonych modeli uczyniłoby robota w znacznym stopniu czarną skrzynką i utrudniłoby przedstawienie inwestorowi jasnego uzasadnienia rekomendacji, przy czym złożoność algorytmiczna jest szczególnie szkodliwa dla osób o niskich kompetencjach finansowych. Istnieje więc ryzyko, że innowacja nie dotrze do tych, którzy najbardziej jej potrzebują – a kluczowe obietnice robodoradztwa, czyli inkluzja finansowa i rozliczalność, zostaną podważone przez upowszechnienie modeli nieprzejrzystych. Odpowiedzią, jaką proponuje literatura, jest zwrot ku wyjaśnialnej sztucznej inteligencji (XAI) i architekturze „human-in-the-loop" (Bianchi & Brière, 2023).

Ostatnią kwestią wymagającą omówienia jest relacja między robodoradztwem a doradztwem ludzkim. Rozróżnienie doradców niezależnych i niesamodzielnych ujawnia dwa przeciwstawne efekty: użytkownicy robodoradztwa są o 10,80 punktu procentowego bardziej skłonni korzystać z niezależnego doradcy ludzkiego, co świadczy o komplementarności, a jednocześnie o 5,81 punktu mniej skłonni korzystać z porad pracowników dostawcy produktu, co świadczy o substytucji wobec doradztwa obarczonego konfliktem interesów. Symptomatyczne jest przy tym, że osoby, które w ciągu ostatnich dwudziestu czterech miesięcy padły ofiarą oszustwa inwestycyjnego, są o 20,62 punktu bardziej skłonne sięgnąć po robodoradztwo – algorytm bywa zatem dla konsumenta ucieczką przed nieuczciwym człowiekiem (Aristei & Gallo, 2025).

Perspektywa polska

Rynek polski od początku charakteryzował się głębokim zapóźnieniem. Analiza porównawcza czterdziestu dziewięciu firm robodoradczych z rynków USA, Kanady, UE i Szwajcarii, przeprowadzona w 2017 roku, wykazała, że oferowane platformy mają ograniczoną funkcjonalność, a do zbudowania bardziej zaawansowanego

modelu portfela nadal niezbędny jest człowiek. Autor określił ówczesną fazę mianem „świtu ery wirtualnych doradców finansowych", a w Polsce zidentyfikował jedynie nieliczne i mało znane podmioty (Rogowski, 2017).

Trzy lata później diagnoza pozostawała zbliżona: pierwszym podmiotem oferującym usługę był Dom Maklerski Efix (platforma Exeria), drugim licencjonowany słowacki dom maklerski Finax, działający w Polsce od października 2019 roku. Aktywa w zarządzaniu w segmencie robodoradztwa wyniosły w 2020 roku 184 mln USD, liczba użytkowników blisko 30 tysięcy, a wskaźnik penetracji rynku zaledwie 0,08% (Waliszewski, 2020).

Pierwsze polskie badanie użytkowników automatycznego doradztwa, przeprowadzone metodą CAWI na próbie 114 klientów Finaxu, przyniosło wyniki instruktywne dla oceny dostępności. Profil respondenta okazał się bowiem daleki od profilu „przeciętnego konsumenta": 87,72% badanych stanowili mężczyźni, 85,09% legitymowało się wyższym wykształceniem, a 48,25% zamieszkiwało miasta powyżej 500 tysięcy mieszkańców. Respondenci sami wskazali obniżenie bariery wejścia jako kluczową zaletę – do największych korzyści zaliczyli inwestowanie pasywne (85,96%), niskie koszty doradztwa (73,68%) oraz niską minimalną kwotę inwestycji (68,42%), a analiza korelacji wykazała, że im wyższy poziom wykształcenia, tym wyższa kwota powierzonych aktywów (Warchlewska & Waliszewski, 2020).

Kolejne polskie badanie potwierdziło, że oferta usług robodoradztwa w Polsce jest bardzo wąska, a znajomość i doświadczenie respondentów w tym obszarze niewielkie; ankietowani mający doświadczenie zarówno z doradcą tradycyjnym, jak i z robodoradcą, ocenili tego drugiego wyżej o 0,62 punktu w pięciostopniowej skali, a autor konkluduje, że usługę należy traktować jako uzupełnienie, nie zagrożenie dla doradców (Kujawa, 2021).

Najnowsze polskie opracowanie eksperckie porządkuje katalog zalet i wad robodoradztwa. Do zalet zaliczono: upowszechnienie usługi wśród osób, które nigdy nie skorzystałyby z porady finansowej; obniżenie minimalnej kwoty inwestycji do poziomu rzędu 100 zł, czyli faktyczne zniesienie bariery wejścia; obniżenie kosztów; możliwość zakupu ułamka jednostki ETF; uniezależnienie decyzji od czynników psychologicznych. Do wad – dostęp do ograniczonej liczby portfeli mogących nie pasować do indywidualnego profilu, ograniczenie kontaktu z pracownikiem, ryzyko modelu oraz niską elastyczność. Odnotowano też dysproporcję kosztową: w USA roczne koszty zarządzania wynoszą ok. 0,25%, w Europie przeważnie 0,5-1% (Jajuga et al., 2025).

Dyskusja i weryfikacja hipotez

Zgromadzony materiał pozwala sformułować model czterowarstwowej bariery dostępu, którego zastosowanie porządkuje pozorne sprzeczności w literaturze. Dostępne dowody wspierają H1: barierę kosztowo-majątkową technologia rzeczywiście obniża, czego przejawem są zarówno ponadstuprocentowy wzrost udziału klasy średniej po redukcji progu wejścia, jak i spadek opłat oraz minimalnej kwoty inwestycji do poziomu rzędu 100 zł na rynku polskim (Jajuga et al., 2025; Reher & Sokolinski, 2024).

Barierę strukturalną, wynikającą z braku nadwyżki dochodowej i zadłużenia, AI nie znosi i znieść nie może, co potwierdza H2. Do przeszkody popytowej dochodzi przeszkoda podażowa: opłata 0,25% od rachunku o wartości tysiąca dolarów generuje przychód rzędu 2,5 dolara rocznie, a więc kwotę niewystarczającą na pokrycie kosztu pozyskania klienta. Model przychodowy oparty na procencie od aktywów staje się dla najuboższych nieopłacalny, co tworzy zawodność rynku wymagającą interwencji publicznej lub wdrożeń non-profit (Bhattacharjee, 2026).

Barierę kompetencyjną technologia utrzymuje, a częściowo reprodukuje na nowym poziomie, co wspiera H3. Wyższa obiektywna wiedza finansowa wiąże się z mniejszym prawdopodobieństwem korzystania z robodoradztwa, wyższa wiedza cyfrowo-finansowa je zwiększa, nadmierna pewność siebie sprzyja adopcji, a większe korzyści ekonomiczne odnoszą inwestorzy doświadczeni. Zestawienie tych ustaleń prowadzi do paradoksalnego wniosku: technologia może przyciągać osoby, którym pomaga mniej, i skuteczniej wspierać tych, którzy są lepiej przygotowani do samodzielnego inwestowania (Aristei & Gallo, 2025; Guo et al., 2025).

Barierę decyzyjną AI również pozostawia nienaruszoną, co potwierdza H4 – eksperyment nie wykazał żadnego wpływu dostępności robodoradztwa na początkowe uczestnictwo, ujawnił natomiast bardzo silny wpływ na uczestnictwo kontynuowane i jakość decyzji portfelowych (Lambrecht et al., 2024).

Hipoteza H5 znajduje wsparcie w trzech niezależnych porządkach argumentacji: ekonomicznym (ograniczona skalowalność pełnej personalizacji), regulacyjnym (gwarancje związane z interwencją człowieka w przypadkach określonych w art. 22 RODO) oraz empirycznym (komplementarność wobec niezależnego doradztwa ludzkiego) (Aristei & Gallo, 2025; Jajuga et al., 2025; Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679, 2016). Wyniki wymagają jednocześnie osadzenia w ramie krytycznej: wizja demokratyzacji finansów przez technologię opiera się bowiem często na ujęciu dostępowym, sprowadzającym demokratyzację

do możliwości wejścia na rynki finansowe, z pominięciem szerszych relacji władzy i odpowiedzialności (Bernards, 2023).

Zakończenie

Sztuczna inteligencja odgrywa realną i mierzalną rolę w zwiększaniu dostępności rynku inwestycyjnego dla przeciętnego konsumenta, lecz rola ta jest węższa, niż sugeruje retoryka branżowa. Technologia skutecznie obniża przede wszystkim jedną z czterech zidentyfikowanych warstw bariery dostępu – warstwę kosztowo-majątkową. Trzy pozostałe: strukturalna, kompetencyjna i decyzyjna, pozostają w znacznym stopniu nienaruszone, przy czym bariera kompetencyjna może być reprodukowana na nowym, cyfrowym poziomie. Zebrany materiał wspiera wszystkie pięć hipotez, jednak ze względu na przeglądowy charakter opracowania nie stanowi podstawy do uznania ich za uniwersalnie potwierdzone. Najtrafniejszym podsumowaniem wyników pozostaje formuła o przesunięciu, a nie całkowitym zniesieniu bariery dostępu.

Z powyższego wynikają trzy rekomendacje praktyczne. Po pierwsze, polityki publicznej nie należy koncentrować wyłącznie na obniżaniu kosztów, ponieważ ten instrument osiągnął już granice skuteczności – kluczowe znaczenie mają interwencje w zakresie kompetencji cyfrowo-finansowych. Po drugie, projektowanie robodoradców powinno wyjść poza wąską optymalizację portfela i uwzględniać zmienność dochodów, zadłużenie oraz stan funduszu awaryjnego. Po trzecie, regulacja powinna celować w przejrzystość i wyjaśnialność algorytmów, co jednocześnie chroni konsumenta i łagodzi awersję algorytmiczną hamującą adopcję.

Za najbardziej obiecujące kierunki dalszych badań należy uznać: eksperymenty terenowe z randomizacją, oferujące dostęp do robodoradztwa populacjom o niskich dochodach; badania nad wykorzystaniem dużych modeli językowych jako narzędzia przełamującego barierę braku kontaktu ludzkiego; badania nad stronniczością algorytmiczną; oraz badania longitudinalne obejmujące okresy załamań rynkowych, których dotychczasowe analizy – prowadzone niemal wyłącznie w warunkach hossy – nie obejmują.

Bibliografia

Abraham, F., Schmukler, S. L., & Tessada, J. (2019). *Robo-advisors: Investing through machines* (Research & Policy Brief No. 21). World Bank. https://documents1.worldbank.org/curated/en/275041551196836758/pdf/Robo-Advisors-Investing-through-Machines.pdf

Aristei, D., & Gallo, M. (2025). *Financial literacy, robo-advising, and the demand for human financial advice: Evidence from Italy* (arXiv:2505.20527). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.20527

Beketov, M., Lehmann, K., & Wittke, M. (2018). Robo advisors: Quantitative methods inside the robots. *Journal of Asset Management, 19*(6), 363–370. https://doi.org/10.1057/s41260-018-0092-9

Bernards, N. (2023). Can technology democratize finance? *Ethics & International Affairs, 37*(1), 81–95. https://doi.org/10.1017/S0892679423000096

Bhattacharjee, K. (2026). Closing the wealth gap: How robo-advisors could reduce financial inequality. *International Journal of Advanced Research, 14*(1), 953–965. https://doi.org/10.21474/IJAR01/22627

Bianchi, M., & Brière, M. (2023). Robo-advising: Less AI and more XAI? Augmenting algorithms with humans-in-the-loop. In A. Capponi & C.-A. Lehalle (Eds.), *Machine learning and data sciences for financial markets: A guide to contemporary practices* (pp. 33–59). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009028943.004

D'Hondt, C., De Winne, R., Ghysels, E., & Raymond, S. (2020). Artificial intelligence alter egos: Who might benefit from robo-investing? *Journal of Empirical Finance, 59*, 278–299. https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2020.10.002

European Securities and Markets Authority. (2023). *Guidelines on certain aspects of the MiFID II suitability requirements* (ESMA35-43-3172). https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/2023-04/ESMA35-43-3172_Guidelines_on_certain_aspects_of_the_MiFID_II_suitability_requirements.pdf

Guo, Y., Tong, S., Chen, T., Kumar, S., & Ouyang, S. (2025). *The impact of artificial intelligence on individual manual investment decisions: Empirical evidence from mutual funds* (HKIMR Applied Research Paper No. 02/2025). SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.5252043

Jajuga, K., Karpińska-Bielec, M., Nowakowski, M., Sas, M., Sawczuk, I., & Waliszewski, K. (2025). *AI w finansach: Zastosowanie i ryzyko dla konsumentów oraz uprawnienia wobec instytucji finansowych*. Rzecznik Finansowy. https://rf.gov.pl/wp-content/uploads/2025/10/251015-Raport-AI-FIN.pdf

Kujawa, S. (2021). Robo-doradztwo: Profesjonalna budowa i zarządzanie portfelem inwestycyjnym. *Studia Prawno-Ekonomiczne, 121*, 201–226. https://doi.org/10.26485/SPE/2021/121/12

Lambrecht, M., Oechssler, J., & Weidenholzer, S. (2026). On the benefits of robo-advice in financial markets. *The Economic Journal*. Advance online publication. https://doi.org/10.1093/ej/ueag076

Nourallah, M., Öhman, P., Walther, T., & Nguyen, D. K. (2025). *Financial robo-advisors: A comprehensive review and future directions*. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.5215748

Oehler, A., & Horn, M. (2024). Does ChatGPT provide better advice than robo-advisors? *Finance Research Letters, 60*, Article 104898. https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104898

Reher, M., & Sokolinski, S. (2024). Robo advisors and access to wealth management. *Journal of Financial Economics, 155*, Article 103829. https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2024.103829

Rogowski, W. (2017). Świt wirtualnego doradztwa finansowego (robo-advisor). *e-mentor, 4*(71), 53–63. https://doi.org/10.15219/em71.1315

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE. (2016). *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 119*, 1–88. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1689 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie ustanowienia zharmonizowanych przepisów dotyczących sztucznej inteligencji. (2024). *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 2024/1689*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

Urząd Komisji Nadzoru Finansowego. (2020). *Stanowisko Urzędu Komisji Nadzoru Finansowego w sprawie świadczenia usługi robo-doradztwa*. https://www.knf.gov.pl/knf/pl/komponenty/img/Stanowisko_UKNF_ws_swiadczenia_uslugi_robo_doradztwa_71303.pdf

Ustawa z dnia 29 lipca 2005 r. o obrocie instrumentami finansowymi, Dz.U. 2005 Nr 183 poz. 1538 z późn. zm. (2005). https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20051831538

Waliszewski, K. (2020). Robo-doradztwo jako przykład fin-techu – problem regulacji i funkcjonowania. *Przegląd Ustawodawstwa Gospodarczego, 2020*(7), 12–20. https://doi.org/10.33226/0137-5490.2020.7.2

Warchlewska, A., & Waliszewski, K. (2020). Who uses robo-advisors? The Polish case. *European Research Studies Journal, 23*(Special Issue 1), 97–114. https://doi.org/10.35808/ersj/1748

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EXPANDING ACCESS TO THE INVESTMENT MARKET FOR THE AVERAGE CONSUMER

Abstract: The aim of this chapter is to assess the real role of artificial intelligence (AI) in increasing investment market accessibility for the average consumer of financial services. The research problem comes down to whether (and to what extent) the automation of investment advice based on algorithms and machine learning removes barriers that historically limited access of households with average resources to professional wealth management. A critical literature review and secondary analysis of empirical research findings were used, including quasi-experiments on market data, economic experiments, representative survey studies, and literature reviews from 2017 to 2026. Five hypotheses were assessed concerning the cost-wealth, structural, competency, and decision-making barriers, as well as the prospects of a hybrid model. The evidence gathered shows that AI effectively reduces mainly the cost-wealth barrier: lower entry thresholds and fees are associated with increased participation among the middle class and moderate welfare gains. However, it does not remove the structural or competency barrier. People with low financial literacy and excessive self-confidence may turn to robo-advisory more often, while experienced investors achieve greater economic benefits. Tool accessibility also does not necessarily increase initial market entry, although it may support participation persistence and improved portfolio decisions. The results support the thesis of a shift, rather than a complete removal, of the access barrier, and justify the development of explainable AI and a hybrid advisory model.

Keywords: Artificial intelligence, robo-advice, financial inclusion, digital financial literacy, investment market.

Janusz Kwaterski

Nowe Media sp. z o.o., Prezes Zarządu

ZNACZENIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W PROCESIE PODEJMOWANIA DECYZJI INWESTYCYJNYCH PRZEZ GOSPODARSTWA DOMOWE

Streszczenie: Celem rozdziału jest ocena znaczenia sztucznej inteligencji (AI) w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych przez gospodarstwa domowe oraz identyfikacja mechanizmów, za pośrednictwem których narzędzia oparte na AI kształtują zachowania inwestorów indywidualnych. Problem badawczy dotyczy tego, w jaki sposób i pod jakimi warunkami wdrażanie rozwiązań AI – w szczególności robo-doradców, analityki predykcyjnej i platform personalizujących – wiąże się z uczestnictwem w rynku, alokacją aktywów oraz jakością decyzji inwestycyjnych. Zastosowano przegląd literatury i krytyczną analizę wyników badań empirycznych obejmujących dane ankietowe, modelowanie równań strukturalnych oraz modele ekonometryczne oparte na danych mikroekonomicznych. Zebrane dowody wskazują, że rozwój i wykorzystanie AI mogą zwiększać skłonność gospodarstw domowych do inwestowania i dywersyfikacji portfela, lecz zależności te nie są bezwarunkowe. Wiedza finansowa pełni ważną funkcję pośredniczącą, a percepcja ryzyka moderuje relację między kompetencjami inwestora a wynikami. Relatywnie duże korzyści z automatyzacji doradztwa odnoszą inwestorzy wcześniej niezdywersyfikowani oraz osoby o niższych dochodach, co wskazuje na potencjał AI w zwiększaniu inkluzji finansowej. Jednocześnie stronniczość algorytmiczna, ryzyka dla prywatności i ograniczone zaufanie uzasadniają model augmentacji, łączący algorytmy z nadzorem człowieka. Technologia nie gwarantuje zatem optymalnych decyzji bez odpowiedniej edukacji finansowej, transparentności systemów i wyważonego podejścia do ryzyka.

Słowa kluczowe: Sztuczna inteligencja, decyzje inwestycyjne, gospodarstwa domowe, robo-doradcy, wiedza finansowa.

Wstęp

Rozwój sztucznej inteligencji w ostatniej dekadzie w sposób zasadniczy zmienił krajobraz usług finansowych, wprowadzając do codziennej praktyki inwestorów indywidualnych narzędzia, które jeszcze niedawno pozostawały domeną wyłącznie inwestorów instytucjonalnych. Analityka predykcyjna, handel algorytmiczny oraz systemy robo-doradcze umożliwiły przetwarzanie ogromnych zbiorów danych i formułowanie rekomendacji inwestycyjnych na masową skalę, co przekształciło sposób, w jaki gospodarstwa domowe postrzegają ryzyko finansowe i nim zarządzają. Celem rozdziału jest usystematyzowanie wiedzy na temat znaczenia AI w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych przez gospodarstwa domowe oraz krytyczna ocena dowodów empirycznych wskazujących na kierunek i uwarunkowania tego wpływu.

Problem badawczy sformułowano wokół pytania o to, w jaki sposób i pod jakimi warunkami wdrożenie narzędzi opartych na sztucznej inteligencji poprawia efektywność decyzji inwestycyjnych na poziomie indywidualnego gospodarstwa domowego. Punktem wyjścia jest obserwacja, że mimo znaczącego potencjału AI do wspierania analizy danych i usprawniania procesu decyzyjnego, nie wszyscy inwestorzy czerpią z niej równe korzyści, co wynika z różnic w poziomie wiedzy finansowej i postaw wobec ryzyka.

W związku z powyższym postawiono trzy hipotezy badawcze. Hipoteza pierwsza (H1) zakłada, że adopcja narzędzi opartych na AI wywiera dodatni wpływ na decyzje i wyniki inwestycyjne gospodarstw domowych. Hipoteza druga (H2) stanowi, że wiedza finansowa pełni funkcję mediatora w relacji między wykorzystaniem AI a rezultatami inwestycyjnymi. Hipoteza trzecia (H3) głosi, że percepcja ryzyka moderuje siłę związku między wiedzą finansową a jakością decyzji inwestycyjnych, osłabiając korzyści z narzędzi AI u osób o wysokiej awersji do ryzyka.

Struktura rozdziału została podporządkowana logice przejścia od rozważań teoretycznych do analizy empirycznej. W części teoretycznej przedstawiono genezę i zakres pojęcia AI w finansach osobistych, ramy teoretyczne decyzji inwestycyjnych gospodarstw domowych oraz koncepcję robo-doradztwa i personalizacji. W dalszej części omówiono kolejno dowody dotyczące wpływu AI na uczestnictwo w rynku i alokację aktywów, rolę wiedzy finansowej i percepcji ryzyka, a także ograniczenia i etyczne wyzwania związane z automatyzacją doradztwa. Całość zamyka podsumowanie wraz z propozycją kierunków dalszych badań.

Sztuczna inteligencja w finansach osobistych – geneza i zakres pojęcia

Sztuczna inteligencja w kontekście finansowym rozumiana jest jako zdolność systemów informatycznych do wykonywania zadań analitycznych i decyzyjnych, które tradycyjnie wymagały ludzkiej wiedzy i osądu, w tym rozpoznawania wzorców, prognozowania oraz optymalizacji portfela. W ostatnich latach technologie te – oparte na uczeniu maszynowym, przetwarzaniu języka naturalnego i uczeniu głębokim – umożliwiły automatyzację zarządzania portfelem, usług robo-doradczych oraz handlu algorytmicznego, zwiększając szybkość i dokładność decyzji opartych na danych (Jamal et al., 2025). Warto przy tym zaznaczyć, że mimo tych osiągnięć systemy AI napotykają ograniczenia związane z wyjaśnialnością, ryzykiem modelu oraz kwestiami etycznymi (Daube, 2024).

Przechodząc do klasyfikacji technologii, użyteczne okazuje się rozróżnienie trzech typów sztucznej inteligencji o rosnącym stopniu złożoności: AI mechanicznej, ukierunkowanej na powtarzalne i regułowe zadania; AI myślącej, zdolnej do analizy danych i formułowania prognoz na podstawie danych historycznych; oraz AI odczuwającej, obejmującej elementy inteligencji emocjonalnej i zdolność oceny preferencji wykraczających poza dane liczbowe. W obszarze inwestycji to właśnie AI myśląca umożliwia dostosowywanie rekomendacji do historycznych preferencji, celów finansowych i tolerancji ryzyka inwestora (Falsetti, 2025).

Kontynuując rozważania nad zakresem pojęcia, należy podkreślić, że sztuczna inteligencja przenika obecnie wszystkie sfery gospodarki i społeczeństwa, przekształcając nie tylko modele operacyjne przedsiębiorstw, lecz także mechanizmy zaufania i interakcji między jednostkami a instytucjami finansowymi. W efekcie punkty styku między konsumentami a dostawcami usług finansowych coraz częściej charakteryzują się większą inteligencją, oparciem na danych i personalizacją, co stopniowo zmienia tradycyjne podejścia decyzyjne (Liu, 2025).

Kolejnym istotnym aspektem jest szeroki obszar zastosowań technologii finansowych, w ramach których AI stanowi jeden z kluczowych filarów. Fintech, definiowany jako technologicznie wspierana innowacja finansowa, obejmuje płatności mobilne, pożyczki społecznościowe, robo-doradztwo, technologię blockchain i kryptowaluty, a jego rozwój napędzają start-upy i firmy technologiczne rzucające wyzwanie tradycyjnym podmiotom sektora finansowego. To właśnie w tym ekosystemie AI zrewolucjonizowała sposób, w jaki konsumenci uzyskują dostęp do produktów i usług finansowych (Agarwal & Mannil, 2023).

Decyzje inwestycyjne gospodarstw domowych w świetle teorii ekonomii i finansów behawioralnych

Klasyczne modele finansów zakładały, że gospodarstwa domowe podejmują decyzje w sposób racjonalny i zmierzają do maksymalizacji użyteczności, co implikowało, iż wszystkie powinny uczestniczyć w rynku aktywów ryzykownych, ponieważ inwestycje w akcje generują wyższe stopy zwrotu niż depozyty. Rzeczywistość okazała się jednak odmienna – znaczna część gospodarstw domowych nie posiada aktywów ryzykownych lub posiada je w minimalnym zakresie, co w literaturze określa się mianem „zagadki nieuczestnictwa" (stock-holding puzzle) (Agarwal & Mannil, 2023).

Warto również poruszyć kwestię przyczyn owej rozbieżności między teorią a obserwacją. Do najważniejszych barier ograniczających uczestnictwo w rynku należą awersja do ryzyka, koszty stałe uczestnictwa, brak zaufania do systemu finansowego oraz wpływ otoczenia społecznego. Szczególnie istotne są koszty pośrednie w postaci czasu i wysiłku niezbędnych do zdobycia wiedzy oraz selekcji instrumentów, które są tym wyższe, im niższy jest poziom wiedzy finansowej inwestora (Agarwal & Mannil, 2023).

Rozwijając wątek behawioralny, należy zauważyć, że gospodarstwa domowe systematycznie odchodzą od wzorca racjonalności wskutek błędów poznawczych. Do najczęściej dokumentowanych zjawisk należą nadmierna pewność siebie prowadząca do nadmiernego obrotu portfelem, efekt dyspozycji polegający na zbyt wczesnej sprzedaży zyskownych aktywów przy jednoczesnym przetrzymywaniu stratnych, a także inercja i bierność w rebalansowaniu portfela emerytalnego. Te odchylenia stanowią naturalny obszar, w którym zautomatyzowane doradztwo może korygować ludzkie decyzje (Agarwal & Mannil, 2023).

Nawiązując do teorii podejmowania decyzji, warto podkreślić, że percepcja ryzyka – rozumiana jako subiektywna ocena możliwej straty finansowej – stanowi ważny czynnik warunkujący zachowania inwestycyjne. Badania z nurtu finansów behawioralnych wskazują, że postrzegany poziom ryzyka determinuje stopień zależności od rekomendacji algorytmicznych, przy czym inwestorzy o wyższej awersji do ryzyka wykazują mniejszą skłonność do korzystania z automatycznych porad inwestycyjnych (Jamal et al., 2025).

Robo-doradcy i personalizacja jako operacyjne wcielenie AI

Robo-doradcy stanowią najbardziej rozpowszechnione operacyjne wcielenie sztucznej inteligencji w obszarze decyzji inwestycyjnych gospodarstw domowych.

Usługi te wykorzystują algorytmy analizujące profil inwestycyjny klienta w celu rekomendowania określonej ścieżki inwestycyjnej, usprawniając proces onboardingu, określania profilu ryzyka oraz umożliwiając podejmowanie świadomych decyzji bez konieczności bezpośredniej interakcji z doradcą-człowiekiem (Falsetti, 2025). Kluczową cechą tych rozwiązań jest przy tym oferowanie przystępnego cenowo doradztwa, które poszerza bazę klientów o inwestorów detalicznych dotychczas wykluczonych z profesjonalnego zarządzania majątkiem – badania wskazują, że robo-doradcy szczególnie zwiększają dostęp do zarządzania majątkiem dla inwestorów mniej zamożnych (Reher & Sokolinski, 2024).

Przechodząc do mechanizmu personalizacji, należy zaznaczyć, że AI umożliwia gromadzenie i analizę danych o wcześniejszych interakcjach, historii transakcji oraz preferencjach klienta, co pozwala budować szczegółowe profile inwestorów i dostosowywać do nich rekomendacje. Personalizacja oparta na profilowaniu i utrzymaniu relacji z klientem sprzyja budowaniu zaufania i lojalności wobec instytucji finansowych, jednocześnie zwiększając zaangażowanie inwestora w proces decyzyjny (Falsetti, 2025).

Istotnym elementem procesu rekomendacyjnego jest zaawansowana obróbka danych, obejmująca ich gromadzenie, przygotowanie oraz kurację, a także zastosowanie zróżnicowanych strategii rekomendacji – od filtrowania kolaboracyjnego, przez predyktory kluczowych wskaźników efektywności, po systemy hybrydowe. Wśród metod optymalizacji portfela na szczególną uwagę zasługują algorytmy genetyczne, inspirowane teorią doboru naturalnego, które umożliwiają równoważenie ryzyka i zwrotu przy uwzględnieniu wielu spersonalizowanych ograniczeń (Falsetti, 2025).

Warto również odnieść się do szerszego znaczenia robo-doradztwa dla kompetencji inwestorów. Zautomatyzowane platformy nie tylko formułują rekomendacje, lecz także pełnią funkcję edukacyjną, zwiększając poziom wiedzy finansowej użytkowników poprzez przejrzyste prezentowanie informacji o rynku, ryzyku i strukturze portfela. W ten sposób robo-doradcy mogą wzmacniać zdolność gospodarstw domowych do samodzielnego podejmowania trafniejszych decyzji finansowych (Anwar, 2025).

Wpływ AI na uczestnictwo w rynku i alokację aktywów – przegląd badań empirycznych

Dowody empiryczne wskazują, że rozwój sztucznej inteligencji istotnie zwiększa udział aktywów finansowych w strukturze majątku gospodarstw domowych.

Badanie oparte na danych z chińskiego badania finansów gospodarstw domowych (CHFS 2019) i modelu Tobita wykazało, że wyższy poziom rozwoju AI na poziomie regionalnym znacząco podnosi proporcję aktywów finansowych alokowanych przez gospodarstwa domowe, a wynik ten pozostaje odporny na testy z użyciem modeli Probit i Logit oraz analizę zmiennych instrumentalnych. Mechanizmami przenoszącymi ten wpływ są przy tym poprawa jakości zatrudnienia oraz wysokiej jakości rozwój gospodarczy, które łącznie zwiększają zdolność i skłonność gospodarstw domowych do inwestowania (Liu, 2025).

Analiza heterogeniczności ujawnia jednak, że korzyści z rozwoju AI nie rozkładają się równomiernie. Wpływ ten jest silniejszy w miastach o bardziej dojrzałej infrastrukturze finansowej oraz w regionach o wysokim poziomie zaufania społecznego, natomiast w obszarach mniej rozwiniętych finansowo pozostaje słabszy lub nieistotny. Co więcej, w gospodarstwach posiadających liczne nieruchomości rozwój AI może wręcz obniżać udział aktywów finansowych ze względu na efekt wypierania inwestycji finansowych przez nieruchomości (Liu, 2025).

Kolejnym istotnym wątkiem jest wpływ robo-doradztwa na jakość decyzji inwestycyjnych i redukcję błędów behawioralnych. Badania wykazały, że robo-doradcy poprawiają wyniki inwestorów, którzy uprzednio byli niezdywersyfikowani, nie przynosząc przy tym istotnej poprawy tym, którzy już wcześniej posiadali dobrze zdywersyfikowane portfele. Automatyzacja doradztwa pomaga zatem inwestorom osiągnąć lepszą dywersyfikację i obniżyć zmienność portfela, jednocześnie łagodząc takie skłonności jak efekt dyspozycji czy podążanie za trendem (Agarwal & Mannil, 2023; D'Acunto et al., 2019).

Warto w tym miejscu przywołać wyniki dotyczące grup najbardziej narażonych na wykluczenie finansowe. Analizy empiryczne wskazują, że relatywnie największe korzyści z robo-inwestowania odnoszą inwestorzy dotychczas niezdywersyfikowani oraz osoby o niższych dochodach, co sugeruje potencjał robo-doradców w zakresie wspierania grup finansowo wrażliwych (Falsetti, 2025).

Rozszerzając perspektywę na uczestnictwo w rynku, należy zauważyć, że innowacje fintech w platformach transakcyjnych obniżyły bariery wejścia i ułatwiły udział szerszych grup inwestorów detalicznych, których aktywność szczególnie wzrosła w okresie pandemii (Agarwal & Mannil, 2023). Badania nad wdrażaniem robo-doradców wskazują ponadto na ich związek ze wzrostem uczestnictwa w rynku akcji i zmianą wzorców inwestycyjnych gospodarstw domowych (Skiera, 2021).

Wiedza finansowa i percepcja ryzyka jako mechanizmy pośredniczące

Centralnym ustaleniem badań nad AI w decyzjach inwestycyjnych jest to, że wpływ technologii na wyniki nie ma charakteru bezwarunkowego, lecz jest pośredniczony przez wiedzę finansową. W badaniu przeprowadzonym metodą kwestionariuszową na próbie 350 indywidualnych inwestorów, z wykorzystaniem modelowania równań strukturalnych (SEM), wykazano, że adopcja AI istotnie poprawia wyniki inwestycyjne, przy czym relacja ta jest silnie mediowana przez wiedzę finansową. Oznacza to, że inwestorzy dysponujący wyższą wiedzą finansową efektywniej wykorzystują narzędzia AI (Jamal et al., 2025).

Odnosząc się do roli percepcji ryzyka, przywołane badanie potwierdziło, że zmienna ta moderuje związek między wiedzą finansową a wynikami inwestycyjnymi, wskazując, że osoby o wyższej awersji do ryzyka czerpią mniejsze korzyści z rekomendacji wspieranych przez AI, nawet dysponując odpowiednimi kompetencjami finansowymi (Jamal et al., 2025).

Kontynuując, warto podkreślić, że powyższe wyniki wpisują się w szerszy dorobek wskazujący na dwukierunkową relację między AI a wiedzą finansową. Z jednej strony wiedza finansowa warunkuje efektywność wykorzystania narzędzi AI, z drugiej zaś same platformy oparte na AI demokratyzują dostęp do wiedzy finansowej i zwiększają interakcję użytkowników z informacją finansową, co następnie sprzyja poprawie zachowań inwestycyjnych (Anwar, 2025).

Uzupełniając ten obraz, należy zwrócić uwagę na znaczenie kompetencji poznawczych dla samego uczestnictwa w rynku. Literatura dokumentuje, że uczestnictwo w rynku akcji jest wyższe wśród osób o wysokiej wiedzy finansowej, wyższym wykształceniu oraz wyższych zdolnościach poznawczych, ponieważ ponoszą one niższe koszty pośrednie związane z inwestowaniem. AI, obniżając te koszty, może zatem częściowo niwelować barierę kompetencyjną, choć nie zastępuje jej całkowicie (Agarwal & Mannil, 2023).

Warto również odnotować, że skuteczność wsparcia AI zależy od profilu inwestora i kontekstu decyzyjnego. Wyniki badań nad promesami i pułapkami robo-doradztwa wskazują, że automatyczne doradztwo przynosi wymierną wartość przede wszystkim tam, gdzie koryguje wyjściowe niedostatki portfela, natomiast jego wpływ maleje w przypadku inwestorów już dysponujących racjonalnie skonstruowanym portfelem (D'Acunto et al., 2019).

Ograniczenia, ryzyka i model augmentacji – od automatyzacji do współpracy człowiek–algorytm

Mimo licznych korzyści, wdrażanie sztucznej inteligencji w decyzjach inwestycyjnych gospodarstw domowych wiąże się z istotnymi ograniczeniami natury etycznej i technicznej. Do najważniejszych z nich należą kwestie prywatności danych oraz stronniczości algorytmicznej, która może prowadzić do błędnej interpretacji danych i formułowania nietrafnych lub wręcz szkodliwych rekomendacji, zwłaszcza gdy dane wejściowe nie zostały właściwie wyselekcjonowane i przygotowane (Falsetti, 2025).

Rozwijając wątek stronniczości, warto odwołać się do dowodów z rynku kredytowego, które pokazują, że mechanizmy algorytmiczne mogą powielać istniejące wzorce dyskryminacyjne obecne w danych historycznych, choć eliminacja bezpośredniej interakcji „twarzą w twarz" może w pewnych warunkach ograniczać skalę tego zjawiska. Nie usuwa to jednak problemu całkowicie, co stanowi ważną przesłankę dla projektowania sprawiedliwych systemów AI (Agarwal & Mannil, 2023).

Kolejnym istotnym zagadnieniem jest problem zaufania i wyjaśnialności algorytmów. W odpowiedzi na ryzyka związane z „czarną skrzynką" modeli AI coraz częściej postuluje się podejście oparte na wyjaśnialnej sztucznej inteligencji (XAI) oraz na włączeniu człowieka w pętlę decyzyjną, co pozwala łączyć wydajność algorytmów z ludzkim osądem i zwiększać transparentność rekomendacji (Bianchi & Brière, 2023).

Przechodząc do modelu docelowego, w literaturze coraz wyraźniej akcentuje się przejście od paradygmatu pełnej automatyzacji ku augmentacji, w której AI wspiera, a nie zastępuje decydenta. Największą wartość może generować współpraca człowieka i algorytmu, łącząca szybkość oraz moc analityczną maszyn z kontekstową wiedzą i odpowiedzialnością inwestora. Badania nad robo-doradztwem wskazują, że wzbogacenie procesu decyzyjnego o rekomendacje algorytmiczne może poprawiać rezultaty przy zachowaniu roli człowieka jako ostatecznego decydenta (Bianchi & Brière, 2021, 2023).

Wreszcie, należy podkreślić praktyczne implikacje płynące z powyższych ustaleń. Skuteczne wdrożenie AI wymaga równoległego inwestowania w edukację finansową użytkowników, budowanie zaufania poprzez transparentność i wyjaśnialność algorytmów oraz ostrożne zarządzanie percepcją ryzyka inwestorów detalicznych. Bez tych elementów potencjał technologii pozostaje niewykorzystany, co uzasadnia integrację wdrożeń technologicznych z programami szkoleniowymi i mechanizmami budowania zaufania (Jamal et al., 2025).

Zakończenie

Przeprowadzony przegląd literatury i analiza dowodów empirycznych pozwalają stwierdzić, że sztuczna inteligencja odgrywa coraz istotniejszą rolę w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych przez gospodarstwa domowe, choć jej wpływ ma charakter warunkowy, a nie automatyczny. Cel rozdziału zrealizowano przez usystematyzowanie tego wpływu i wskazanie mechanizmów, które go kształtują, przy jednoczesnym uwzględnieniu ograniczeń technologii.

Odnosząc się do postawionych hipotez, należy uznać, że dostępne dowody wspierają hipotezę pierwszą (H1) o dodatnim wpływie adopcji AI na decyzje i wyniki inwestycyjne: wskazują na to zarówno analizy alokacji aktywów, jak i badania nad robo-doradztwem redukującym błędy behawioralne. Hipoteza druga (H2), dotycząca mediacyjnej roli wiedzy finansowej, znajduje wsparcie w wynikach modelowania równań strukturalnych, według których narzędzia AI przynoszą większe korzyści inwestorom dysponującym odpowiednią wiedzą. Dowody wspierają również hipotezę trzecią (H3) o moderującej roli percepcji ryzyka, ponieważ wysoka awersja do ryzyka może osłabiać korzyści płynące z kompetencji finansowych i narzędzi AI. Ze względu na zakres przeglądu wnioski te nie przesądzają jednak o uniwersalnych zależnościach przyczynowych.

Z przeprowadzonej analizy płynie wniosek o dwoistym charakterze znaczenia AI dla gospodarstw domowych. Z jednej strony technologia obniża bariery wejścia na rynek, sprzyja dywersyfikacji i inkluzji finansowej, przynosząc relatywnie największe korzyści grupom o niższych dochodach i inwestorom dotychczas niezdywersyfikowanym. Z drugiej strony jej efektywność pozostaje uzależniona od poziomu wiedzy finansowej inwestorów, ich postaw wobec ryzyka oraz jakości i przejrzystości samych algorytmów.

W zakresie kierunków dalszych badań zasadne wydaje się prowadzenie badań podłużnych i eksperymentalnych, które pozwoliłyby ustalić związki przyczynowo-skutkowe między adopcją AI a wynikami inwestycyjnymi w dłuższym horyzoncie czasowym, a także analiz porównawczych między krajami o zróżnicowanym poziomie rozwoju technologicznego i inkluzji finansowej. Wartościowe byłoby również pogłębienie badań nad rolą zaufania, inteligencji emocjonalnej oraz etyki algorytmicznej w kształtowaniu reakcji gospodarstw domowych na rekomendacje AI. Uzupełniająco, przyszłe prace powinny w większym stopniu uwzględniać modele augmentacji łączące algorytmy z nadzorem człowieka, które wydają się najlepiej odpowiadać na zidentyfikowane ograniczenia.

Bibliografia

Agarwal, S., & Mannil, N. (2023). Household financial decision making. In G. Hilary & D. McLean (Eds.), *Handbook of financial decision making* (pp. 375–410). Edward Elgar. https://doi.org/10.4337/9781802204179.00033

Anwar, S. (2025). The role of robo-advisors in enhancing investor literacy and financial decision-making. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies, 8*(4), 2747–2754. https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i4.8552

Bianchi, M., & Brière, M. (2021). *Augmenting investment decisions with robo-advice* (Université Paris-Dauphine Research Paper No. 3751620). SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.3751620

Bianchi, M., & Brière, M. (2023). Robo-advising: Less AI and more XAI? Augmenting algorithms with humans-in-the-loop. In A. Capponi & C.-A. Lehalle (Eds.), *Machine learning and data sciences for financial markets: A guide to contemporary practices* (pp. 33–59). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009028943.004

D'Acunto, F., Prabhala, N., & Rossi, A. G. (2019). The promises and pitfalls of robo-advising. *The Review of Financial Studies, 32*(5), 1983–2020. https://doi.org/10.1093/rfs/hhz014

Daube, C. H. (2024). *Artificial intelligence in financial and investment decision-making* (Working Papers des IUCF No. 2/2024). ZBW – Leibniz Information Centre for Economics. https://hdl.handle.net/10419/280899

Falsetti, G. (2025). *The impact of AI-driven robo-advisors on decision-making process and personalization of investors* [Bachelor's thesis, University of Twente]. University of Twente Student Theses. https://essay.utwente.nl/105120/

Jamal, S., Zeb, A., & Mustafa, S. N. (2025). Artificial intelligence in financial decision-making: Unveiling the mediating role of financial literacy and the moderating influence of risk perception on investment outcomes. *Advance Journal of Econometrics and Finance, 3*(4), 56–67. https://doi.org/10.63075/xm23j910

Liu, H. (2025). Artificial intelligence development and household financial asset allocation. *International Review of Economics & Finance, 102*, Article 104365. https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104365

Reher, M., & Sokolinski, S. (2024). Robo advisors and access to wealth management. *Journal of Financial Economics, 155*, Article 103829. https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2024.103829

Skiera, V. (2021). *The effects of robo-advisers on stock market participation and household investment behavior* [Technical report]. Think Forward Initiative. https://cepr.org/system/files/2022-08/Skiera-Robo-Advisers-Final-Report.pdf

THE IMPORTANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HOUSEHOLD INVESTMENT DECISION-MAKING

Abstract: The chapter evaluates the importance of artificial intelligence (AI) in household investment decision-making and identifies the mechanisms through which AI-based tools shape the behaviour of individual investors. The research problem concerns how and under what conditions the adoption of AI solutions–particularly robo-advisors, predictive analytics, and personalisation platforms–is associated with market participation, asset allocation, and the quality of investment decisions. The study uses a literature review and a critical analysis of empirical evidence based on surveys, structural equation modelling, and econometric models using microeconomic data. The evidence indicates that AI development and adoption may increase households' propensity to invest and diversify their portfolios, but these relationships are conditional. Financial literacy plays an important mediating role, while risk perception moderates the relationship between investor competence and investment outcomes. Previously undiversified and lower-income investors derive relatively large benefits from automated advice, suggesting that AI can foster financial inclusion. At the same time, algorithmic bias, privacy risks, and limited trust support an augmentation model that combines algorithms with human oversight. Technology alone therefore does not guarantee optimal decisions without adequate financial education, system transparency, and a balanced approach to risk.

Keywords: Artificial intelligence, investment decisions, households, robo-advisors, financial literacy.

Jacek Machnikowski

Europlastic Holding Inc. CEO & Founder, President

ROLA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W IDENTYFIKOWANIU NOWYCH MOŻLIWOŚCI INWESTYCYJNYCH PRZEDSIĘBIORSTW

Streszczenie: Celem artykułu jest ocena roli sztucznej inteligencji (AI) w identyfikowaniu nowych możliwości inwestycyjnych przedsiębiorstw, rozumianym jako etap poprzedzający właściwą decyzję inwestycyjną i obejmujący przeszukiwanie, generowanie oraz wstępną selekcję alternatyw. Problem badawczy ujęto w formie pytania: czy AI realnie poszerza zbiór rozpoznawanych okazji, czy jedynie usprawnia obsługę alternatyw wskazanych wcześniej przez człowieka? Zweryfikowano cztery hipotezy dotyczące poszerzenia przestrzeni przeszukiwania, jakości maszynowej oceny okazji, wpływu AI na skłonność do inwestycji eksploracyjnych oraz charakteru barier wdrożeniowych. Zastosowano metodę krytycznego przeglądu literatury i analizy wtórnej wyników badań eksperymentalnych, ekonometrycznych i jakościowych z lat 2016-2026. Wyniki wskazują, że AI istotnie zwiększa szybkość i skalę przeszukiwania, a jej oceny planów biznesowych są zgodne z ocenami doświadczonych inwestorów w stopniu wyższym niż zgodność między samymi inwestorami. Wdrożenie AI wiąże się z podejmowaniem przez przedsiębiorstwa inwestycji eksploracyjnych – w nowe technologie, rynki i startupy – przy jednoczesnej poprawie efektywności inwestycyjnej. Nie potwierdza się natomiast teza o wzroście różnorodności identyfikowanych okazji: literatura sygnalizuje ryzyko homogenizacji strategii oraz nowe, specyficzne dla AI zniekształcenia decyzyjne. Kluczowe bariery mają charakter organizacyjny, kompetencyjny i regulacyjny, nie technologiczny. Rekomendowanym rozwiązaniem jest hybrydowy model decyzyjny z zachowanym nadzorem człowieka.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, możliwości inwestycyjne, decyzje inwestycyjne przedsiębiorstw, dane alternatywne, ograniczona racjonalność.

Wstęp

Zdolność przedsiębiorstwa do rozpoznania okazji inwestycyjnej wcześniej niż konkurencja stanowi jeden z fundamentów przewagi konkurencyjnej. Przez dekady proces ten opierał się na doświadczeniu, intuicji i sieciach relacji menedżerów, co czyniło go kosztownym, powolnym i podatnym na zniekształcenia poznawcze. Technologie sztucznej inteligencji – od klasycznego uczenia maszynowego po duże modele językowe – zaczynają jednak wkraczać w obszary decyzyjne uznawane dotąd za wyłączną domenę człowieka, w tym w generowanie i ocenę strategii oraz alternatyw inwestycyjnych.

Celem artykułu jest analiza i ocena roli AI w identyfikowaniu nowych możliwości inwestycyjnych przedsiębiorstw, z rozróżnieniem trzech jej funkcji: poszerzania przestrzeni przeszukiwania, wstępnej selekcji oraz wsparcia oceny wartości okazji. Problem badawczy sformułowano jako pytanie: czy sztuczna inteligencja realnie poszerza zbiór możliwości inwestycyjnych rozpoznawanych przez przedsiębiorstwa, czy też jedynie zwiększa efektywność przetwarzania alternatyw generowanych w sposób tradycyjny? Pytanie to nie jest retoryczne – obszar strategicznych decyzji inwestycyjnych wspieranych AI pozostaje jednym z sześciu głównych, lecz najsłabiej ustrukturyzowanych nurtów badawczych w tej dziedzinie.

Przyjęto cztery hipotezy badawcze:

H1: AI poszerza przestrzeń przeszukiwania okazji poprzez włączenie danych nieustrukturyzowanych i alternatywnych;
H2: zdolność dużych modeli językowych do oceny okazji jest porównywalna ze zdolnością doświadczonych inwestorów, co umożliwia skrining na nieosiągalną wcześniej skalę;
H3: wykorzystanie AI zwiększa skłonność przedsiębiorstw do inwestycji eksploracyjnych przy jednoczesnej poprawie efektywności inwestycyjnej;
H4: zasadnicze ograniczenia mają charakter organizacyjny, kompetencyjny i regulacyjny, a sama AI generuje nowe zniekształcenia decyzyjne.

Metoda badawcza ma charakter jakościowy: obejmuje krytyczny przegląd literatury oraz analizę wtórną wyników badań empirycznych z lat 2016-2026, z uwzględnieniem trzech typów dowodów – eksperymentalnych, ekonometrycznych i jakościowych – co ogranicza ryzyko wnioskowania w oparciu o jeden paradygmat. Struktura artykułu obejmuje: ujęcie pojęciowe i technologiczne (sekcje 1-2), ramę teoretyczną ograniczonej racjonalności (sekcja 3), trzy części badawcze (sekcje 4-6), analizę barier i regulacji (sekcja 7) oraz zakończenie z weryfikacją hipotez.

Możliwość inwestycyjna jako kategoria badawcza

Punktem wyjścia musi być rozgraniczenie decyzji inwestycyjnej – wyboru wariantu o najwyższej oczekiwanej stopie zwrotu ze zbioru już zdefiniowanych alternatyw – od identyfikacji możliwości, która polega na skonstruowaniu samego tego zbioru, a zatem stanowi warunek konieczny jakiejkolwiek racjonalnej decyzji. Klasyczna teoria finansów przedsiębiorstwa milcząco zakłada, że zbiór projektów jest dany egzogenicznie, co praktyka gospodarcza wyraźnie podważa (Hezil, 2025).

Skalę problemu obrazują badania nad branżą private equity: na sto rozważanych okazji przeciętny inwestor pogłębionej analizie poddaje piętnaście, podpisuje umowę wstępną z około ośmioma, a finalizuje mniej niż cztery transakcje. Zdecydowana większość zasobów analitycznych jest więc konsumowana przez okazje, które nigdy nie zostaną zrealizowane, co czyni etap wstępnej identyfikacji i selekcji najkosztowniejszym ogniwem całego procesu (Gompers et al., 2016).

Rozwijając tę myśl, w środowisku venture capital ciężar problemu przesuwa się jeszcze wyraźniej w stronę selekcji: 86% funduszy uznaje wybór projektów inwestycyjnych za czynnik istotny, a 49% za ważniejszy niż samo pozyskiwanie transakcji. Równolegle pojawia się koncepcja sourcingu ilościowego – systematycznej analizy wielu źródeł danych w celu wykrycia spółek o ponadprzeciętnym potencjale – stanowiąca bezpośredni pomost między teorią rozpoznawania okazji a zastosowaniami AI (Gompers et al., 2020).

Warto podkreślić, że możliwość inwestycyjna przedsiębiorstwa ma charakter dwuwymiarowy: obejmuje inwestycje finansowe (portfelowe, kapitałowe, przejęcia) oraz rzeczowe i rozwojowe (wejście na nowy rynek, nowa linia produktowa, akwizycja technologii). AI oddziałuje na oba wymiary, lecz odmiennymi mechanizmami – w pierwszym dominuje analityka predykcyjna i optymalizacja portfela, w drugim rozpoznawanie wzorców w danych rynkowych i technologicznych. W literaturze polskiej wątek AI jako narzędzia odkrywania kierunków inwestowania pozostaje przy tym marginalny, co stanowi lukę badawczą uzasadniającą podjęcie tematu (Ratajczak, 2025).

Technologie AI wykorzystywane w identyfikacji okazji

W literaturze przedmiotu wyodrębnia się cztery filary narzędziowe stosowane w procesach inwestycyjnych: uczenie maszynowe (metody zespołowe, lasy losowe (*Random Forests*), XGBoost), uczenie głębokie (LSTM, GRU, sieci konwolucyjne), przetwarzanie języka naturalnego oraz analitykę predykcyjną jako pojęcie parasolowe.

Pierwsze dwa odpowiadają za wykrywanie nieliniowych zależności i wzorców czasowych, dwa kolejne – za ekstrakcję sygnałów z danych niestrukturalnych i budowę scenariuszy (Mertzanis, 2025).

Szczególne znaczenie dla identyfikacji nowych możliwości ma przetwarzanie języka naturalnego, umożliwia bowiem wyjście poza dane rynkowe i finansowe, czyli poza obszar, w którym wszyscy uczestnicy rynku dysponują tą samą informacją. NLP pozwala przetwarzać komunikaty prasowe, transkrypcje telekonferencji wynikowych, media społecznościowe i raporty niefinansowe, przekształcając je w mierzalne sygnały. Wartość tych źródeł rośnie tym bardziej, im mniej transparentny jest analizowany rynek – a więc dokładnie tam, gdzie okazje są najtrudniej dostrzegalne (Saini, 2025).

Kolejnym istotnym aspektem są dane alternatywne: dane wyszukiwarkowe, transakcyjne, o wykorzystaniu aplikacji, satelitarne czy o zatrudnieniu. Ich przewaga polega na dostarczaniu informacji wyprzedzającej wobec sprawozdawczości finansowej, która z definicji ma charakter retrospektywny. Rosnąca dostępność mocy obliczeniowej sprawiła, że analiza takich zbiorów stała się osiągalna nie tylko dla największych funduszy hedgingowych (Sanchez, 2020).

Warto również wskazać metody łączące AI z badaniami operacyjnymi. W badaniu dotyczącym platform pożyczek społecznościowych zastosowano model hybrydowy: regresję logistyczną, drzewa decyzyjne, lasy losowe i algorytm LGBM (wspierane techniką SMOTE) do oceny ryzyka, sieć konwolucyjną do prognozy wartości bieżącej netto oraz algorytm genetyczny NSGA-II do optymalizacji portfela. Uzyskano stopy zwrotu przekraczające 7% przy ryzyku porównywalnym z metodami konwencjonalnymi, co dowodzi, że AI może pełnić rolę nie tylko wykrywacza sygnałów, lecz także mechanizmu rankingującego okazje (Torkian et al., 2025).

Sztuczna inteligencja a ograniczona racjonalność – rama teoretyczna

Wyjaśnienie, dlaczego AI może poszerzać zbiór rozpoznawanych okazji, wymaga odwołania do teorii ograniczonej racjonalności. Decydent nie jest w stanie przeanalizować pełnej przestrzeni alternatyw i zatrzymuje przeszukiwanie po osiągnięciu poziomu aspiracji. AI modyfikuje ten warunek brzegowy, umożliwiając przetwarzanie większej ilości informacji szybciej i taniej, niż jest to dostępne człowiekowi, a oddziałuje przy tym na trzy procesy poznawcze: przeszukiwanie (*search*), reprezentację (*representation*) i agregację (*aggregation*) (Csaszar et al., 2024).

Istotne jest jednak, że wpływ AI na jakość i różnorodność alternatyw jest znacznie mniej jednoznaczny niż wpływ na szybkość. W scenariuszu „słabej AI", odpowiadającym obecnym możliwościom modeli językowych, generowane pomysły grupują

się wokół obszarów dobrze reprezentowanych w zbiorach treningowych. Prowadzi to do paradoksu: firmy korzystające z tych samych modeli zbiegają się do tych samych, przeciętnych rozwiązań, co obniża heterogeniczność strategii i osłabia – a nie wzmacnia – przewagę konkurencyjną (Csaszar et al., 2024).

Kontynuując, najnowsze ustalenia wskazują, że AI nie tyle eliminuje zniekształcenia poznawcze, ile je rekonfiguruje: łagodząc część klasycznych heurystyk (nadmierną pewność siebie, zakotwiczenie, awersję do strat), wprowadza zniekształcenia specyficzne dla siebie – wynikające z uprzedzeń w danych treningowych, skłonności modeli do konfabulacji oraz nadmiernego zaufania użytkowników do wyników maszyny. Autorzy tej koncepcji postulują rewizję założeń behawioralnych utrwalonych teorii biznesu (Lindner et al., 2025).

Podsumowując warstwę teoretyczną: AI zmienia nie tyle cel procesu identyfikacji okazji, ile jego ograniczenia. Rozluźnia barierę pojemności poznawczej, lecz nie znosi bariery jakości danych, jakości modelu ani jakości ludzkiego osądu. Wniosek ten jest zbieżny z rekomendacją praktyków, według której w obszarach o wysokiej stawce AI powinna wspierać projektowanie decyzji, nie zaś być jej ostatecznym arbitrem (Schuller et al., 2025).

Zdolność AI do generowania i oceny okazji inwestycyjnych

Najmocniejszy dowód dotyczący zdolności AI do generowania okazji pochodzi z eksperymentu przeprowadzonego we współpracy z europejskim akceleratorem startupów. Spośród 309 planów biznesowych złożonych w latach 2021-2022 wybrano dziesięć (pięć przyjętych i pięć odrzuconych), a następnie – wyłącznie na podstawie sekcji opisującej problem – polecono modelowi językowemu wygenerowanie pozostałych części planu: rozwiązania, rynku i strategii wejścia. Plany oceniało 250 ewaluatorów z doświadczeniem w VC, PE i sieciach aniołów biznesu (przeciętnie 4,6 roku doświadczenia inwestycyjnego), w projekcie wewnątrzobiektowym z losowym przydziałem wersji, zarejestrowanym wstępnie w rejestrze AEA RCT (Csaszar et al., 2024).

Wyniki okazały się jednoznaczne: plany wygenerowane maszynowo uzyskały oceny wyższe o 0,14 odchylenia standardowego ($p < 0{,}001$), a ewaluatorzy byli o pięć punktów procentowych częściej skłonni rekomendować ich przyjęcie i o trzy punkty procentowe częściej deklarowali gotowość zainwestowania. Kluczowy jest jednak rozkład efektu: przewaga AI okazała się największa w dolnym ogonie rozkładu (wobec planów odrzuconych: +7 pp. rekomendacji przyjęcia, +8 pp. zainteresowania kontaktem, +6 pp. gotowości inwestycyjnej), a wobec planów przyjętych

praktycznie zanikała. AI pełni więc funkcję wyrównującą, nie zaś generującą idee przełomowe (Csaszar et al., 2024).

Drugie badanie dotyczyło oceny okazji, a więc funkcji skriningowej. Wykorzystano 138 planów z dziesięciu edycji konkursu startupowego, z których każdy oceniło wcześniej trzech do pięciu sędziów – inwestorów VC i aniołów biznesu – w dziesięciu kategoriach (zespół, plan wykonawczy, finanse, innowacyjność, rynek, przewaga konkurencyjna, produkt, potencjał inwestycyjny, żywotność, jakość redakcyjna). Tę samą rubrykę zastosowano wobec modelu językowego (Csaszar et al., 2024).

Korelacja między oceną modelu a oceną inwestorów wyniosła 0,52, a rozkłady obu zbiorów ocen okazały się statystycznie nieodróżnialne (test Kołmogorowa-Smirnowa, p = 0,86). Najbardziej wymowne jest jednak to, że wewnątrzklasowy współczynnik zgodności między AI a inwestorami (ICC = 0,51) był dwukrotnie wyższy niż zgodność między samymi inwestorami (ICC = 0,25). Autorzy zachowują przy tym ostrożność interpretacyjną: zgodność z ludzkim osądem nie jest tożsama z trafnością predykcyjną wobec rzeczywistych wyników spółek (Csaszar et al., 2024).

AI a efektywność i kierunki inwestowania przedsiębiorstw

O ile eksperymenty odpowiadają na pytanie o zdolności AI, o tyle badania ekonometryczne pozwalają ocenić jej rzeczywiste skutki w populacji przedsiębiorstw. Analiza przeprowadzona na próbie chińskich spółek giełdowych wykazała, że wdrożenie AI poprawia efektywność inwestycyjną przedsiębiorstwa poprzez dwa kanały: wzmocnienie kontroli wewnętrznej oraz poprawę wyników ESG. Efekt okazał się silniejszy w firmach o wysokim poziomie zaawansowania aplikacji AI oraz w podmiotach bez udziału Skarbu Państwa (Wang & Chen, 2025).

Dla hipotezy H3 najistotniejszy jest drugi wniosek tego badania: AI skłania przedsiębiorstwa do podejmowania bardziej ryzykownych zachowań inwestycyjnych – eksplorowania nowych technologii, wchodzenia na nowe rynki i inwestowania w startupy. To bezpośredni dowód, że AI nie tylko usprawnia obsługę istniejących alternatyw, lecz realnie zmienia charakter zbioru rozważanych okazji, przesuwając go w stronę eksploracji (Wang & Chen, 2025).

Wniosek ten znajduje potwierdzenie w niezależnym nurcie badań nad wpływem inwestycji w AI na wzrost i innowacyjność przedsiębiorstw. Firmy intensywnie inwestujące w kompetencje AI odnotowują szybszy wzrost, większą liczbę innowacji produktowych oraz rosnący udział w rynku, a mechanizmem transmisji jest właśnie zdolność do rozpoznawania i eksploatacji nowych kierunków rozwoju (Babina et al., 2024).

Warto odnotować zależność warunkową: skuteczność modeli uczenia maszynowego jest funkcją liczby dostępnych obserwacji treningowych. Fundusze venture capital, analizujące tysiące spółek rocznie, dysponują zbiorem umożliwiającym sensowne trenowanie modeli, podczas gdy fundusze wykupu lewarowanego, realizujące pojedyncze duże transakcje, takiego zbioru nie posiadają. Skutkuje to asymetrycznym rozkładem korzyści z AI wewnątrz sektora inwestycyjnego – na korzyść segmentów wysokowolumenowych (Sanchez, 2020).

Wykorzystanie AI w praktyce inwestycyjnej i kontekst polski

Przechodząc do dowodów jakościowych, na uwagę zasługuje badanie wśród dziewięciu przedstawicieli kadry zarządzającej funduszy PE i VC w Irlandii i Wielkiej Brytanii. Analiza tematyczna ujawniła cztery motywy: obecność AI w portfelu przy braku jej wykorzystania wewnętrznego, dostrzeganie potencjalnych korzyści (siedmiu na dziewięciu respondentów uznało, że AI może usprawnić decyzje inwestycyjne – zwłaszcza w analizie danych sektorowych, ocenie okazji i rozwoju pipeline'u), kluczowe znaczenie zróżnicowanych danych oraz niską wykonalność wdrożenia. Jedynie dwóch respondentów potwierdziło istnienie zdefiniowanego planu wdrożenia AI (Sanchez, 2020).

Egzemplifikacją praktycznego zastosowania jest przypadek francuskiej spółki SESAMm, której platforma TextReveal® wykorzystuje NLP i uczenie głębokie do analizy ponad 25 milionów artykułów, przy dziennym przyroście rzędu 10 milionów dokumentów, w ponad stu językach, obejmując ponad 5 milionów spółek – publicznych i prywatnych. Mechanizm ten pokazuje, jak AI *odkrywa* okazje niedostępne metodom tradycyjnym: analizując dane niekonwencjonalne, szczególnie w odniesieniu do spółek wschodzących, gdzie informacja jest rozproszona i trudno dostępna. Rynkową walidację modelu potwierdzają trzy rundy finansowania o łącznej wartości ok. 47 mln euro (Hezil, 2025).

Obraz polski jest znacznie mniej optymistyczny. Badanie desk research dziesięciu największych spółek IT notowanych na GPW wykazało, że wykorzystują one AI przede wszystkim do *tworzenia własnych produktów i usług* oraz obsługi klienta, nie zaś do wspierania własnych decyzji inwestycyjnych i rozwojowych. Dane GUS za 2023 rok są jeszcze bardziej wymowne: jedynie 3,7% polskich przedsiębiorstw deklarowało wykorzystanie AI (24,4% dużych, 2,2% małych), przy czym w działalności badawczo-rozwojowej lub innowacyjnej – zaledwie 0,7%. Polskie firmy praktycznie nie stosują więc AI do poszukiwania nowych kierunków inwestowania (Szumowska & Bagieńska, 2024).

Bariery, ryzyka i uwarunkowania regulacyjne

Zestawienie dowodów prowadzi do wniosku, że główna bariera nie ma charakteru technologicznego. Systematyczny przegląd literatury wskazuje trzy luki hamujące adopcję: problem wyjaśnialności modeli, bariery organizacyjne wdrożenia oraz nierozstrzygnięte kwestie etyczne. Autor przeglądu podkreśla, że AI *rekonfiguruje praktyki strategiczne i instytucjonalne*, a zatem jej wdrożenie wymaga zmiany modelu organizacyjnego, a nie jedynie zakupu narzędzia (Mertzanis, 2025).

Uzupełniającym, niedocenianym ryzykiem jest erozja kompetencji analitycznych decydentów oraz nieprzejrzystość modeli. Obecna generacja dużych modeli językowych – mimo deklarowanej wyjaśnialności – nie potrafi odtworzyć sposobu dojścia do wyniku. Skalę rozbieżności między retoryką a praktyką obrazuje przy tym fakt, że zaledwie 0,01% z 44 tysięcy funduszy UCITS w Unii Europejskiej formalnie deklaruje wykorzystanie AI lub uczenia maszynowego w strategii inwestycyjnej (Schuller et al., 2025).

Nie mniej istotny jest wymiar regulacyjny. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1689 wprowadza podejście oparte na ryzyku, nakładając na systemy wysokiego ryzyka wymogi w zakresie jakości danych, dokumentacji technicznej, przejrzystości, rejestrowania zdarzeń oraz – co szczególnie istotne – obowiązkowego nadzoru ze strony człowieka. Przedsiębiorstwa wykorzystujące AI w procesach o istotnych skutkach finansowych muszą uwzględniać te wymogi już na etapie architektury systemu (Parlament Europejski i Rada UE, 2024).

Zamykając analizę ryzyk, należy wrócić do wątku homogenizacji. Jeżeli wszystkie firmy korzystają z tych samych modeli trenowanych na tych samych korpusach, identyfikowane okazje stają się coraz bardziej podobne. W skrajnym scenariuszu prowadzi to do „utowarowienia" analizy strategicznej: AI staje się narzędziem standardowym, jak arkusz kalkulacyjny, a źródłem przewagi przestaje być *dostęp* do niej, a staje się posiadanie unikalnych, zastrzeżonych danych i komplementarnych zasobów (Csaszar et al., 2024).

Zakończenie

Przeprowadzona analiza pozwala stwierdzić, że AI oddziałuje na proces identyfikacji okazji inwestycyjnych realnie, lecz w sposób zróżnicowany. Hipoteza H1 została potwierdzona częściowo: AI bezspornie poszerza przestrzeń przeszukiwania w wymiarze *ilościowym* – poprzez włączenie danych nieustrukturyzowanych i alternatywnych, czego dowodem są systemy pokroju TextReveal®, obejmujące także

spółki prywatne, wcześniej pozostające poza zasięgiem analizy. Nie znajduje jednak potwierdzenia teza o wzroście *różnorodności jakościowej* okazji.

Hipoteza H2 znalazła potwierdzenie empiryczne: oceny planów biznesowych generowane przez model językowy korelują z ocenami doświadczonych inwestorów na poziomie 0,52, a ich zgodność z ocenami ekspertów (ICC = 0,51) przewyższa zgodność między samymi inwestorami (ICC = 0,25). AI może zatem pełnić funkcję skriningową na skalę wcześniej nieosiągalną, przy czym jej przewaga ujawnia się przede wszystkim wobec okazji o niższej jakości wyjściowej. Hipoteza H3 została potwierdzona: AI poprawia efektywność inwestycyjną i skłania firmy do inwestycji eksploracyjnych – w nowe technologie, rynki i startupy.

Hipoteza H4 również znalazła potwierdzenie. Ograniczenia mają charakter organizacyjny (brak planów wdrożeniowych – dwóch na dziewięciu badanych menedżerów PE/VC), kompetencyjny (ryzyko erozji myślenia krytycznego) oraz regulacyjny (wymogi rozporządzenia 2024/1689). Potwierdziła się także jej druga część: AI nie eliminuje zniekształceń decyzyjnych, lecz je rekonfiguruje, wprowadzając błędy specyficzne dla siebie. Wynika stąd rekomendacja modelu hybrydowego: AI generuje szeroki zbiór alternatyw i dokonuje wstępnej selekcji, natomiast ostateczna ocena pozostaje w gestii człowieka wyposażonego w ustrukturyzowane procedury weryfikacji.

Jako kierunki dalszych badań proponuje się: badania długoterminowe weryfikujące, czy okazje zidentyfikowane z udziałem AI przynoszą wyższe *rzeczywiste* stopy zwrotu, a nie jedynie wyższe oceny ekspertów; badania nad homogenizacją strategii w populacjach firm korzystających z tych samych modeli; badania empiryczne w warunkach polskich, obejmujące przedsiębiorstwa spoza sektora IT – szczególnie pilne wobec faktu, że AI wspiera działalność innowacyjną zaledwie 0,7% polskich firm; wreszcie analizę wpływu wymogów nadzoru ludzkiego na projektowanie systemów wspierających decyzje inwestycyjne.

Bibliografia

Babina, T., Fedyk, A., He, A., & Hodson, J. (2024). Artificial intelligence, firm growth, and product innovation. *Journal of Financial Economics, 151*, 103745. https://ideas.repec.org/a/eee/jfinec/v151y2024ics0304405x2300185x.html

Csaszar, F. A., Ketkar, H., & Kim, H. (2024). Artificial intelligence and strategic decision-making: Evidence from entrepreneurs and investors. *Strategy Science, 9*(4), 322-345. https://doi.org/10.1287/stsc.2024.0190

Gompers, P. A., Gornall, W., Kaplan, S. N., & Strebulaev, I. A. (2020). How do venture capitalists make decisions? *Journal of Financial Economics, 135*(1), 169-190. https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2019.06.011

Gompers, P., Kaplan, S. N., & Mukharlyamov, V. (2016). What do private equity firms say they do? *Journal of Financial Economics, 121*(3), 449-476. https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2016.06.003

Hezil, S. (2025). Integration of artificial intelligence in investment decision-making in startups: The case of SESAMm company. *Journal of Informatics Education and Research, 5*(3), 1725-1748. http://jier.org

Lindner, T., Puck, J., & Puhr, H. (2025). Artificial intelligence in international business: IB theory under augmented decision-making. *Journal of World Business, 60*(6), Article 101676. https://doi.org/10.1016/j.jwb.2025.101676

Mertzanis, C. (2025). Artificial intelligence and investment management: Structure, strategy, and governance. *International Review of Financial Analysis, 107*, Article 104599. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2025.104599

Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2024). *Rozporządzenie (UE) 2024/1689 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie ustanowienia zharmonizowanych przepisów dotyczących sztucznej inteligencji (akt w sprawie sztucznej inteligencji)*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

Ratajczak, W. (2025). Era sztucznej inteligencji: Jak AI kształtuje przyszłość biznesu i gospodarki. *Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie, 2*(41), 69-80. https://doi.org/10.25312/ziwgib.802

Saini, V. (2025). Impact of artificial intelligence on investment decision-making. *International Journal of Engineering and Management Research, 15*(5), 133-140. https://doi.org/10.5281/zenodo.17667583

Sanchez, O. (2020). *The role of artificial intelligence in investment decision making: A study of senior management perceptions within private equity and venture capital firms* [Praca dyplomowa MBA, National College of Ireland]. https://norma.ncirl.ie/4801/1/oscarsanchez.pdf

Schuller, M., Sisto, M., Wojaczek, W., Mohr, F., Wierckx, P. J., & Janssens, J. (2025, 10 czerwca). *AI in investment management: 5 lessons from the front lines*. CFA Institute Research and Policy Center. https://rpc.cfainstitute.org/blogs/enterprising-investor/2025/ai-in-investment-management-5-lessons-from-the-front-lines

Szumowska, P., & Bagieńska, A. (2024). Ocena wykorzystania sztucznej inteligencji w działalności spółek z branży informatycznej. *Akademia Zarządzania, 8*(3), 332-347. https://doi.org/10.24427/az-2024-0051

Torkian, V., Bamdad, S., & Sarfaraz, A. H. (2025). Integrating AI and OR for investment decision-making in emerging digital lending businesses: A risk-return multi-objective optimization approach. *Journal of the Operational Research Society, 77*(3), 716-735. https://doi.org/10.1080/01605682.2025.2498652

Wang, L., & Chen, Y. (2025). Artificial intelligence and corporate investment efficiency: Evidence from China. *Emerging Markets Review, 68*, Article 101314. https://doi.org/10.1016/j.ememar.2025.101314

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN IDENTIFYING NEW INVESTMENT OPPORTUNITIES FOR ENTERPRISES

Abstract: The aim of the article is to assess the role of artificial intelligence (AI) in identifying new investment opportunities for enterprises, understood as a stage preceding the actual investment decision and encompassing search, generation, and preliminary selection of alternatives. The research problem is framed as a question: does AI actually broaden the set of recognized opportunities, or does it merely streamline the processing of alternatives already identified by humans? Four hypotheses were tested concerning the expansion of the search space, the quality of machine-generated opportunities, AI's influence on the propensity for exploratory investments, and the nature of implementation barriers. The method applied was a critical literature review and secondary analysis of the results of experimental, econometric, and qualitative studies from 2016–2026. The results indicate that AI significantly increases the speed and scale of search, and its assessments of business plans align with those of experienced investors to a degree higher than the agreement observed among investors themselves. The implementation of AI is associated with enterprises undertaking more exploratory investments – in new technologies, markets, and startups – while simultaneously improving decision-making efficiency. However, the thesis of increased diversity of identified opportunities is not confirmed: the literature points to the risk of strategy homogenization and new, AI-specific decision-making biases. The key barriers are organizational, competency-related, and regulatory in nature, not technological. The recommended solution is a hybrid decision-making model that combines AI with retained human oversight.

Keywords: artificial intelligence, investment opportunities, corporate investment decisions, alternative data, bounded rationality.

Jacek Machnikowski

Europlastic Holding Inc. CEO & Founder, President

ZNACZENIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W OGRANICZANIU KOSZTÓW ZWIĄZANYCH Z INWESTYCJAMI PRZEDSIĘBIORSTW

Streszczenie: Artykuł podejmuje problem znaczenia sztucznej inteligencji w ograniczaniu kosztów związanych z inwestycjami przedsiębiorstw. Celem jest identyfikacja i krytyczna ocena mechanizmów, przez które AI oddziałuje na koszty działalności inwestycyjnej, oraz rozstrzygnięcie czy oddziaływanie to ma charakter operacyjny, czy decyzyjny. Problem badawczy koncentruje się na pytaniu, czy sztuczna inteligencja ogranicza koszty inwestycji, a jeśli tak – które kategorie kosztów podlegają redukcji i pod jakimi warunkami organizacyjnymi efekt ten występuje. Metodą badawczą jest krytyczny przegląd i syntetyczna analiza literatury przedmiotu, w tym badań empirycznych opartych na modelach efektów stałych, analizie mediacyjnej, instrumentowaniu zmiennych oraz badaniach zdarzeń na rynku kapitałowym, uzupełniona odniesieniem do danych statystycznych dotyczących adopcji AI w Polsce. Wyniki wskazują, że sztuczna inteligencja nie obniża kosztów operacyjnych przedsiębiorstw, lecz redukuje koszty informacyjne, transakcyjne i agencyjne procesu inwestycyjnego, poprawiając trafność podejmowanych decyzji. Korzyści kosztowe są przy tym warunkowane komplementarnymi nakładami na badania i rozwój oraz kapitał ludzki, a nie samym poziomem wydatków na AI. Analiza reakcji rynku kapitałowego ujawniła sceptycyzm inwestorów wobec projektów o charakterze operacyjnym, co wynika z opóźnienia w materializacji korzyści. Wysokie koszty wdrożenia stanowią samoistną barierę inwestycyjną, prowadzącą do polaryzacji korzyści na rzecz podmiotów dużych, co potwierdzają również dane dotyczące polskich przedsiębiorstw. Wniosek generalny wskazuje, że rzeczywisty wkład sztucznej inteligencji w efektywność kosztową inwestycji lokuje się na poziomie decyzyjnym, nie wykonawczym – AI nie tyle czyni inwestycje tańszymi, ile trafniejszymi.

Słowa kluczowe: Sztuczna inteligencja, efektywność inwestycyjna, koszty transakcyjne, decyzje inwestycyjne, asymetria informacji.

Wstęp

Rozwój technologii cyfrowych na przestrzeni ostatnich dekad wielokrotnie zmieniał sposób funkcjonowania przedsiębiorstw, jednak niewiele innowacji wzbudzało tak intensywną debatę jak sztuczna inteligencja. Zdolność systemów AI do samodzielnego przetwarzania ogromnych zbiorów danych, wykrywania wzorców niedostępnych dla analizy ludzkiej oraz generowania rekomendacji decyzyjnych sprawiła, że technologia ta z obszaru eksperymentów badawczych przeniosła się do centrum strategii biznesowych. Współczesne przedsiębiorstwa traktują dziś AI nie jako dodatkowe narzędzie wspierające pojedyncze procesy, lecz jako element majątku niematerialnego, którego rozwój wymaga świadomych decyzji inwestycyjnych zarządów.

Skala inwestycji w systemy AI rośnie dynamicznie, a wraz z nią narastają pytania o ekonomiczną racjonalność ponoszonych nakładów. W dyskursie publicznym i praktyce zarządczej dominuje przekonanie, że sztuczna inteligencja jest przede wszystkim narzędziem generującym oszczędności poprzez automatyzację procesów, redukcję zatrudnienia lub usprawnienie operacji. Badania akademickie nie potwierdzają jednak tej narracji w sposób jednoznaczny. Uzasadnia to potrzebę uporządkowania wiedzy o rzeczywistych mechanizmach wpływu AI na koszty przedsiębiorstw, w szczególności na koszty związane z procesem inwestycyjnym.

Celem rozdziału jest identyfikacja i krytyczna ocena mechanizmów, poprzez które sztuczna inteligencja oddziałuje na poziom kosztów związanych z działalnością inwestycyjną przedsiębiorstw, a także ustalenie, czy oddziaływanie to ma charakter operacyjny, czy decyzyjny. Cel wynika z rozbieżności między narracją praktyków gospodarczych, konsekwentnie przedstawiającą AI jako narzędzie oszczędnościowe, a wynikami badań, które nie potwierdzają tej narracji jednoznacznie.

Problem badawczy zawiera się w pytaniu: czy sztuczna inteligencja ogranicza koszty związane z inwestycjami przedsiębiorstw, a jeśli tak, to które kategorie kosztów podlegają redukcji i pod jakimi warunkami organizacyjnymi efekt ten występuje? Pytanie jest istotne o tyle, że kategoria kosztów inwestycyjnych nie jest jednorodna – obejmuje nakłady kapitałowe, koszty pozyskania informacji, koszty transakcyjne, koszty agencji oraz koszty wynikające z przeinwestowania i niedoinwestowania. Na tej podstawie sformułowano trzy hipotezy badawcze:

H1 – AI obniża koszty inwestycji przede wszystkim poprzez redukcję asymetrii informacji i kosztów transakcyjnych, nie zaś przez bezpośrednie ograniczanie kosztów operacyjnych;

H2 – korzyści kosztowe są warunkowane komplementarnymi nakładami na B+R i kapitał ludzki;
H3 – wysokie koszty wdrożenia stanowią samoistną barierę inwestycyjną, prowadzącą do polaryzacji korzyści na rzecz podmiotów dużych.

Struktura opracowania podporządkowana jest logice weryfikacji powyższych hipotez. Sekcja pierwsza porządkuje aparat pojęciowy i przedstawia ramy teoretyczne. Sekcja druga omawia mechanizmy oddziaływania AI na koszty procesu inwestycyjnego. Sekcje trzecia i czwarta mają charakter badawczy i prezentują wyniki dotychczasowych badań empirycznych – odpowiednio w ujęciu księgowym oraz rynkowym. Sekcja piąta odnosi analizę do realiów polskich przedsiębiorstw, a szósta podejmuje kwestię barier i kosztów wdrożenia. Całość zamyka podsumowanie wraz z propozycją dalszych kierunków badawczych.

Ustalenia terminologiczne i ramy teoretyczne

Punktem wyjścia musi być precyzyjne określenie przedmiotu analizy. Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju definiuje system sztucznej inteligencji jako system oparty na maszynie, który dla określonego zbioru celów – jawnych bądź ukrytych – wnioskuje na podstawie danych wejściowych, przekształcając je w rekomendacje, prognozy i decyzje zdolne oddziaływać na środowisko fizyczne lub wirtualne. Definicja ta, przyjęta następnie jako podstawa konstrukcyjna europejskich ram regulacyjnych, akcentuje autonomię i adaptacyjność systemu, co ma bezpośrednie przełożenie na jego przydatność w procesach decyzyjnych o charakterze inwestycyjnym (OECD, 2024).

Przechodząc do drugiego członu tytułowego zagadnienia, należy podkreślić, że kategoria kosztów inwestycyjnych wymaga dekompozycji, bez której analiza traci ostrość. Wyodrębnić można cztery grupy: koszty nakładów kapitałowych sensu stricto, koszty informacyjne i transakcyjne procesu inwestycyjnego, koszty agencji wynikające z rozdzielenia własności i kontroli oraz koszty utraconych korzyści powstałe wskutek nieefektywnej alokacji kapitału. Klasyczne ujęcie neoklasyczne, wywodzące się z twierdzenia Modiglianiego i Millera, zakłada doskonałość rynków kapitałowych i możliwość sfinansowania każdego projektu o dodatniej wartości bieżącej netto; rzeczywistość gospodarcza tego założenia nie potwierdza, ponieważ asymetria informacji podnosi koszt pozyskania kapitału i skłania przedsiębiorstwa do rezygnacji z projektów rentownych, a problemy agencji sprzyjają przeinwestowaniu służącemu budowaniu imperium (Lou et al., 2025).

Zaniedbanie powyższego rozróżnienia prowadzi do wniosków nieuprawnionych – na przykład do przypisywania sztucznej inteligencji zdolności obniżania kosztów produkcji wówczas, gdy w istocie obserwowanym efektem jest wzrost przychodów wynikający z rozszerzenia oferty produktowej. Odrębną, choć pokrewną kategorią pozostają oszczędności generowane przez AI w obszarze zrównoważonego rozwoju – monitorowanie śladu węglowego, efektywność energetyczna czy optymalizacja tras dostaw – które mają charakter operacyjny i tylko pośrednio przekładają się na koszt kapitału zaangażowanego w projekty inwestycyjne (Makowski, 2023).

Teoretyczne zaplecze rozważań tworzą trzy nurty. Pierwszym jest teoria kosztów transakcyjnych, zgodnie z którą technologia obniżająca koszt pozyskania i przetworzenia informacji zmienia relację kosztów koordynacji wewnętrznej do kosztów wymiany rynkowej, umożliwiając ekspansję zakresu działania przy niezmienionej złożoności organizacyjnej. Drugim jest zasobowa teoria przedsiębiorstwa, w świetle której trwałą przewagę budują wyłącznie zasoby wartościowe, rzadkie i trudne do imitacji – a pracownicy o kompetencjach AI stanowią zaledwie kilkuprocentowy udział w ogóle zatrudnionych w badanych spółkach amerykańskich, co czyni ich zasobem rzadkim (Hoque & Irfan, 2025).

Nurt trzeci stanowi teoria wzrostu endogenicznego, zgodnie z którą motorem wzrostu są czynniki wewnętrzne organizacji – wiedza, innowacje i inwestycje w systemy oparte na wiedzy. W ujęciu mikroekonomicznym oznacza to, że zasoby sztucznej inteligencji przynoszą korzyści finansowe wówczas, gdy zostają zestrojone z pozostałymi zasobami wewnętrznymi przedsiębiorstwa, w szczególności z działalnością badawczo-rozwojową. Założenie to leży u podstaw hipotezy H2 (Kumari et al., 2024).

Mechanizmy oddziaływania AI na koszty procesu inwestycyjnego

Przechodząc do warstwy operacjonalizującej powyższe ramy, wskazać należy cztery kanały oddziaływania. Pierwszy dotyczy etapu poszukiwania i selekcji projektów. Faza ta tradycyjnie pochłania znaczne zasoby czasowe, wymagając przeglądu rozproszonych źródeł danych o potencjalnych celach inwestycyjnych. Narzędzia oparte na AI umożliwiają przeszukiwanie według zdefiniowanych kryteriów i przetwarzanie strumieni danych bieżących w czasie nieporównywalnie krótszym, co obniża koszt jednostkowy identyfikacji projektu. Kanał drugi obejmuje badanie due diligence oraz wycenę: algorytmy uczenia maszynowego pozwalają analizować tysiące stron dokumentacji w skompresowanym horyzoncie czasowym i wychwytywać sygnały ostrzegawcze, a narzędzia wyceny oparte na analizie danych finansowych, trendów rynkowych i wyników historycznych celu ograniczają ryzyko przepłacenia

– przy czym redukcja kosztu błędnej wyceny jest ekonomicznie donioślejsza niż redukcja kosztu samej procedury (Hoque & Irfan, 2025).

Kanał trzeci wiąże się z planowaniem finansowym i budżetowaniem nakładów. Zastosowanie analityki predykcyjnej oraz przetwarzania języka naturalnego umożliwia przejście od budżetu statycznego do budżetu kroczącego, aktualizowanego w miarę napływu nowych informacji, oraz zwielokrotnienie liczby analizowanych scenariuszy finansowych w pojedynczym cyklu planistycznym. Skutkuje to poprawą gotowości organizacji na zmienność rynkową i ograniczeniem negatywnych skutków finansowych w okresach zaburzeń, przy czym dane liczbowe przytaczane w tym nurcie piśmiennictwa pochodzą przeważnie ze źródeł branżowych i winny być traktowane z ostrożnością metodologiczną (Marri, 2025).

Kanał czwarty, najistotniejszy z perspektywy teorii finansów, to ograniczanie kosztów błędnej alokacji kapitału. Poprawa jakości informacji zarządczej i przejrzystości sprawozdawczej zmniejsza pole do zachowań oportunistycznych, hamując skłonność do przeinwestowania, a jednocześnie – obniżając koszt finansowania zewnętrznego – łagodzi zjawisko niedoinwestowania. Sztuczna inteligencja działa zatem obustronnie: nie tyle zwiększa nakłady, ile poprawia ich trafność, co w ujęciu wartości bieżącej netto jest równoważne obniżeniu kosztu zaangażowanego kapitału (Lou et al., 2025).

Dopełnieniem obrazu jest wymiar mniejszych podmiotów, dla których wartość AI wyraża się nie tyle w optymalizacji operacji wielkoskalowych, ile w elastyczności planowania. Modele wspomaganego sztuczną inteligencją budżetowania i kontroli kosztów w małych i średnich przedsiębiorstwach pozycjonują technologię jako narzędzie wzmacniające osąd menedżerski, a nie zastępujące go, co przekłada się na poprawę przejrzystości i jakości decyzji przy relatywnie niskim koszcie krańcowym wdrożenia (Liu, 2026).

Wewnętrzna perspektywa przedsiębiorstwa: rentowność i trafność decyzji inwestycyjnych

Weryfikację empiryczną rozpocząć wypada od badania obejmującego wszystkie spółki notowane w Stanach Zjednoczonych w latach 2003–2022. Autorzy skonstruowali wskaźnik koncentracji na AI metodą analizy tekstowej raportów rocznych, mierząc udział terminów związanych ze sztuczną inteligencją w ogólnej liczbie słów, a następnie oszacowali model efektów stałych. Wyniki wykazały statystycznie istotny, dodatni wpływ koncentracji na AI zarówno na rentowność aktywów, jak i na rentowność kapitału własnego, przy czym efekt dla ROE okazał się silniejszy niż dla

ROA. Szczególnie wartościowy dla weryfikacji hipotezy H2 jest wynik dotyczący moderującej roli działalności badawczo-rozwojowej: interakcja koncentracji na AI z binarną zmienną wysokich nakładów B+R okazała się istotnie dodatnia, natomiast interakcja z procentowym udziałem B+R w sprzedaży już nie – co autorzy wyjaśniają naturą nakładów badawczych jako kosztu obciążającego marżę. Samo podnoszenie nakładów zatem nie wystarcza; konieczne jest zarządzanie ich strukturą (Kumari et al., 2024).

Rozstrzygające znaczenie dla całej argumentacji ma jednak badanie opublikowane w „Journal of Financial Economics", oparte na oryginalnym pomiarze inwestycji w AI dokonanym na podstawie życiorysów zawodowych pracowników. Wykazano, że wzrost inwestycji w sztuczną inteligencję o jedno odchylenie standardowe wiąże się ze wzrostem sprzedaży o około 19,5%, zatrudnienia o 18,1% i wyceny rynkowej o 22,3%. Kluczowy jest wszakże wynik dotyczący źródła tego wzrostu: nie pochodzi on z efektywności operacyjnej, lecz z innowacji produktowej. Badacze nie znaleźli dowodów na to, by przedsiębiorstwa inwestujące w AI obniżały koszty operacyjne – ani przez usprawnienie procesów wytwórczych, ani przez zastępowanie pracy ludzkiej (Babina et al., 2024).

Ustalenie to nie podważa tezy rozdziału, lecz ją precyzuje. Wyniki wskazujące na wzrost oparty na innowacji produktowej, przy braku dowodów na redukcję kosztów wytwarzania, można interpretować jako przesunięcie korzyści z poziomu operacyjnego na poziom procesu inwestycyjnego. Badania nad efektywnością inwestycyjną wskazują w tym kontekście, że sztuczna inteligencja poszerza zbiór dostępnych możliwości inwestycyjnych i może obniżać koszt opracowania produktu (Lou et al., 2025).

Bezpośredniego wsparcia dla hipotezy H1 dostarcza z kolei badanie przeprowadzone na próbie amerykańskich spółek publicznych z lat 2007–2020, w którym zastosowano analizę mediacyjną oraz instrumentowanie zmiennej objaśniającej ekspozycją przedsiębiorstw na podaż absolwentów kierunków związanych z AI. Wykazano, że inwestycje w pracowników o kompetencjach AI przekładają się na większą liczbę fuzji i przejęć, a te z kolei na rozszerzenie zakresu działalności; ponadto transakcje takie wiążą się z dodatnimi skumulowanymi nadzwyczajnymi stopami zwrotu w horyzoncie dwunastu miesięcy oraz z wyższą rentownością aktywów po transakcji. Przedsiębiorstwa wyposażone w kompetencje AI nie dokonują zatem większej liczby transakcji przypadkowych, lecz transakcji lepszych (Hoque & Irfan, 2025).

Konkluzje te znajdują potwierdzenie w badaniach prowadzonych na rynku chińskim, gdzie wykazano, że wzrost zatrudnienia specjalistów AI o jedno odchylenie standardowe wiąże się z poprawą efektywności inwestycyjnej o około 3,1%,

wynikającą z większej wrażliwości na możliwości wzrostu, mniejszej liczby transakcji niszczących wartość oraz efektywniejszej wewnętrznej alokacji kapitału. Efekt okazał się silniejszy w przedsiębiorstwach o gorszym otoczeniu informacyjnym, co stanowi bezpośrednie potwierdzenie kanału asymetrii informacji (Chen et al., 2025).

Zewnętrzna perspektywa inwestorów: reakcje rynku na ogłoszenia o inwestycjach w AI

Odmiennego, a przez to niezwykle pouczającego materiału dowodowego dostarcza analiza reakcji rynku kapitałowego. Badanie zdarzeń przeprowadzone na 138 komunikatach o inwestycjach w sztuczną inteligencję ogłoszonych przez 53 spółki indeksu FTSE 100 w latach 2019-2023 wykazało, że przeciętna nadzwyczajna stopa zwrotu w dniu ogłoszenia wyniosła zaledwie 0,114% i była statystycznie nieistotna, co potwierdziły zarówno testy parametryczne, jak i nieparametryczne. Rozstrzygające dla przedmiotu niniejszego rozdziału są jednak wyniki analizy przekrojowej według typu inwestycji: projekty ukierunkowane na poprawę operacyjną – a więc dokładnie te, którym potoczna narracja przypisuje funkcję oszczędnościową – wiązały się z istotnym obniżeniem skumulowanej nadzwyczajnej stopy zwrotu o 0,707 punktu procentowego w dniu ogłoszenia oraz o 2,422 punktu procentowego w oknie od minus pięciu do plus pięciu dni, w porównaniu z inwestycjami badawczo-rozwojowymi. Autorzy interpretują to jako trwały sceptycyzm inwestorów wobec wysokich kosztów początkowych i niepewnych korzyści takich projektów (Kurter & Bhatti, 2025).

Uzupełniająco odnotować należy trzy dalsze ustalenia tego badania. Spółki o wysokim ratingu kredytowym doświadczyły istotnie ujemnych reakcji rynkowych, co autorzy tłumaczą przeszacowaniem profilu ryzyka podmiotów dotychczas postrzeganych jako stabilne. Potwierdzono także efekt wielkości – większa kapitalizacja rynkowa wiązała się z bardziej negatywnymi stopami zwrotu – oraz stwierdzono przesłanki przewagi drugiego gracza, gdyż podmioty ogłaszające inwestycje później osiągały wyższe stopy zwrotu niż pionierzy, co koresponduje z teorią uczenia się na cudzych błędach i unikania kosztów wczesnej adopcji (Kurter & Bhatti, 2025).

Zestawienie wyników księgowych z rynkowymi ujawnia napięcie o istotnym znaczeniu poznawczym: podczas gdy dane sprawozdawcze wskazują na poprawę rentowności i efektywności inwestycyjnej w perspektywie kilkuletniej, rynek kapitałowy w momencie ogłoszenia nakładów pozostaje obojętny bądź sceptyczny. Rozbieżność tę wyjaśnia opóźnienie czasowe efektów – korzyści z inwestycji w AI materializują się dopiero po dwóch–trzech latach od poniesienia nakładów, co czyni

je trudnymi do wyceny w krótkim horyzoncie i uzasadnia ostrożność inwestorów (Babina et al., 2024).

Perspektywa polskich przedsiębiorstw

Odniesienie powyższych ustaleń do realiów krajowych wymaga uwzględnienia znacznego dystansu adaptacyjnego. W 2024 roku z technologii AI korzystało 5,9% polskich przedsiębiorstw zatrudniających co najmniej 10 osób, wobec 13,5% w Unii Europejskiej i 27,6% w Danii (Eurostat, 2025). Polityka rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce do 2030 roku wyznacza trajektorię wzrostową i instrumenty wspierające wdrożenia, wskazując jednocześnie na potrzebę rozwoju infrastruktury, kompetencji i dostępu MŚP do zasobów technologicznych (Ministerstwo Cyfryzacji, 2025).

Obraz ten uzupełniają dane przytaczane w polskim piśmiennictwie. W analizie Kmity (2025), opartej między innymi na raportach Crédit Agricole i KPMG, wskazano, że w 2024 roku 90% ankietowanych przedsiębiorstw zatrudniających powyżej 10 pracowników nie używało sztucznej inteligencji ani nie rozważało jej wdrożenia. Do najczęściej wymienianych barier należały braki kompetencyjne, niedostatek wiedzy i wysokie koszty wdrożenia. Przywołane wyniki KPMG pokazały ponadto, że mimo regularnego korzystania z AI przez znaczną część respondentów jedynie 29% ukończyło szkolenie, a co trzeci pracownik akceptował wyniki systemu bez krytycznej weryfikacji. Rodzi to ryzyko kosztowe związane zarówno z błędnymi przesłankami decyzyjnymi, jak i z bezpieczeństwem danych.

Scenariusze Banku Światowego wskazują, że w zależności od tempa adopcji AI i mobilności pracowników realny PKB Polski w 2035 roku może być od 1,3% do 12,1% wyższy niż w scenariuszu bazowym (World Bank, 2026). Warto przy tym odnotować, że już w połowie ubiegłej dekady wskazywano na szansę polskiej gospodarki na osiągnięcie pozycji regionalnego lidera AI, opartą na dobrze wykształconych kadrach informatycznych i rozwijającym się ekosystemie start-upowym (McKinsey & Company, 2017). Potencjał ten nie został dotychczas w pełni wykorzystany, a materializacja korzyści zależy nie tylko od dostępności technologii, lecz także od zdolności organizacji do jej produktywnego wdrożenia.

Koszty i bariery wdrożenia jako czynnik ograniczający

Rozważając bilans kosztowy sztucznej inteligencji, nie sposób pominąć faktu, że sama technologia stanowi przedmiot inwestycji obarczonej znacznym ryzykiem. Do najczęściej wskazywanych barier należą wysokie nakłady początkowe, trudności

z integracją z systemami zastanymi, konieczność restrukturyzacji procesów oraz niepewność co do rzeczywistych korzyści. Dostępne badania nie dają podstaw do traktowania wzrostu efektywności operacyjnej jako automatycznego następstwa wdrożenia; rezultaty zależą od komplementarnych nakładów, kompetencji i sposobu organizacji projektu (Babina et al., 2024; Kumari et al., 2024).

Do katalogu obciążeń należy dopisać koszty regulacyjne. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1689 weszło w życie 1 sierpnia 2024 roku i jest stosowane etapowo: przepisy dotyczące zakazanych praktyk i kompetencji w zakresie AI zaczęły mieć zastosowanie 2 lutego 2025 roku, a ogólna data rozpoczęcia stosowania rozporządzenia przypadła na 2 sierpnia 2026 roku, z wyjątkami i okresami przejściowymi przewidzianymi w akcie. Obowiązki związane między innymi z klasyfikacją ryzyka, zarządzaniem danymi, przejrzystością i nadzorem ludzkim generują koszty zgodności, które w przypadku mniejszych podmiotów mogą stanowić istotną część całkowitego kosztu wdrożenia i opóźniać osiągnięcie progu rentowności (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1689, 2024).

Konsekwencją opisanych barier może być polaryzacja korzyści. Wzrost napędzany sztuczną inteligencją koncentruje się w dużych przedsiębiorstwach, ponieważ podmioty dysponujące zasobami finansowymi i uprzywilejowanym dostępem do talentów łatwiej finansują wieloletni okres dojrzewania inwestycji. Dostępne wyniki wspierają hipotezę H3 i wskazują na zasadność programów szkoleniowych oraz instrumentów ułatwiających finansowanie wdrożeń. Jednocześnie piśmiennictwo dotyczące MŚP wskazuje na możliwość wykorzystania skalowalnych rozwiązań o niskim koszcie krańcowym i środków europejskich obniżających próg wejścia w technologię (Babina et al., 2024; Szuszakiewicz-Idziaszek, 2025).

Zakończenie

Przeprowadzona analiza pozwala odpowiedzieć na pytanie badawcze postawione we wstępie. Zebrane badania wskazują, że sztuczna inteligencja może ograniczać koszty związane z inwestycjami przedsiębiorstw, lecz mechanizm ten nie odpowiada w pełni potocznej narracji gospodarczej. Redukcja dotyczy przede wszystkim kosztów informacyjnych, transakcyjnych i agencyjnych procesu inwestycyjnego, podczas gdy nie wykazano systematycznego obniżania kosztów wytwarzania ani zastępowania pracy ludzkiej. Dostępny materiał empiryczny wspiera zatem hipotezę H1, nie pozwala jednak na uznanie tej zależności za uniwersalną i bezwarunkową (Babina et al., 2024; Hoque & Irfan, 2025; Lou et al., 2025).

Dostępne wyniki wspierają również hipotezę H2. W badaniu spółek amerykańskich efekt koncentracji na AI był wzmacniany przez ponadprzeciętne nakłady badawczo-rozwojowe, natomiast mechaniczne zwiększanie udziału wydatków B+R w sprzedaży nie przynosiło takiego rezultatu. Technologia nie działa zatem autonomicznie: jej zwrot zależy od zestrojenia z pozostałymi zasobami organizacji (Kumari et al., 2024). Hipoteza H3 znajduje wsparcie w danych wskazujących na koncentrację korzyści w dużych przedsiębiorstwach oraz w polskich analizach barier wdrożeniowych, w których koszt implementacji i deficyt kompetencji należą do głównych przeszkód (Babina et al., 2024; Kmita, 2025). Ze względu na przeglądowy charakter rozdziału wnioski te nie przesądzają o powszechnych zależnościach przyczynowych.

Wniosek generalny brzmi następująco: rzeczywisty wkład sztucznej inteligencji w efektywność kosztową inwestycji przedsiębiorstw lokuje się przede wszystkim na poziomie decyzyjnym, nie zaś wykonawczym. AI nie tyle czyni inwestycje bezpośrednio tańszymi, ile może czynić je trafniejszymi, ograniczając koszty przeinwestowania, przepłacenia za aktywa i utraconych możliwości. Implikacją praktyczną jest postulat, aby menedżerowie uzasadniali projekty AI oczekiwaną poprawą jakości decyzji, a nie wyłącznie deklarowanymi oszczędnościami etatowymi, których badania zebrane w niniejszym przeglądzie nie potwierdzają jako uniwersalnego rezultatu.

Do ograniczeń rozdziału należą jego przeglądowy charakter oraz oparcie na badaniach prowadzonych w odmiennych porządkach instytucjonalnych – amerykańskim, brytyjskim i chińskim – których wyniki nie muszą przenosić się bezpośrednio na warunki polskie. Dalsze badania powinny objąć empiryczną weryfikację wpływu AI na koszt kapitału i ograniczenia finansowe polskich przedsiębiorstw, pomiar całkowitego kosztu posiadania systemów AI wraz z okresem zwrotu w sektorze MŚP oraz analizę wpływu obowiązków wynikających z aktu w sprawie sztucznej inteligencji na opłacalność projektów wdrożeniowych.

Bibliografia

Babina, T., Fedyk, A., He, A., & Hodson, J. (2024). Artificial intelligence, firm growth, and product innovation. *Journal of Financial Economics, 151*, Article 103745. https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2023.103745

Chen, T., Pi, S., & Wang, Q. S. (2025). *Artificial intelligence and corporate investment efficiency: Evidence from Chinese listed companies* (Working Papers in Economics No. 25/05). University of Canterbury, Department of Economics and Finance. https://ideas.repec.org/p/cbt/econwp/25-05.html

Eurostat. (2025, January 23). *Usage of AI technologies increasing in EU enterprises*. https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250123-3

Hoque, H., & Irfan, S. (2025). *Artificial intelligence investment and firm growth strategy* [Preprint]. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.6583795

Kmita, J. (2025). Sztuczna inteligencja w przedsiębiorstwach – czy trzeba się bać? *Teoria i Praktyka Dydaktyki Akademickiej, 4*(2), 1–11. https://czasopisma.bg.ug.edu.pl/index.php/TiPDA/article/view/12490

Kumari, S., Shaikh, R., Bhayo, M. R., Devi, S., & Cao, S. (2024). Optimizing financial success: The synergistic impact of artificial intelligence and R&D investments in U.S. firms. *Journal of Infrastructure, Policy and Development, 8*(9), Article 6985. https://doi.org/10.24294/jipd.v8i9.6985

Kurter, Z. O., & Bhatti, B. (2025). *The effect of AI investment announcements on adopting companies abnormal returns: A critical analysis of the UK market* (Warwick Economics Research Papers Series No. 1581). University of Warwick. https://wrap.warwick.ac.uk/id/eprint/193808/

Liu, Z. (2026). AI-assisted budgeting and cost control: A practical model for financial decision-making in SMEs. *Economics and Management Innovation, 3*(1), 37–45. https://doi.org/10.71222/jkbht737

Lou, Z., Li, C., & Tong, C. (2025). Artificial intelligence and corporate investment efficiency. *International Review of Economics & Finance, 104*, Article 104713. https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104713

Makowski, Ł. (2023). Sztuczna inteligencja – nowe narzędzie w strategii społecznej odpowiedzialności biznesu. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu, 102*(3), 35–48. https://doi.org/10.58683/dnswsb.1942

Marri, S. P. (2025). AI-driven approaches to enhance budgeting and forecasting: Transforming financial planning in organizations. *European Journal of Computer Science and Information Technology, 13*(23), 43–51. https://doi.org/10.37745/ejcsit.2013/vol13n234351

McKinsey & Company. (2017, September 1). *Rewolucja AI: Jak sztuczna inteligencja zmieni biznes w Polsce*. https://www.mckinsey.com/pl/our-insights/rewolucja-ai-jak-sztuczna-inteligencja-zmieni-biznes-w-polsce

Ministerstwo Cyfryzacji. (2025). *Polityka rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce do 2030 roku*. https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/polityka-rozwoju-sztucznej-inteligencji-w-polsce-do-2030-roku--bezpieczne-i-odpowiedzialne-wykorzystanie-sztucznej-inteligencji

OECD. (2024). *Explanatory memorandum on the updated OECD definition of an AI system* (OECD Artificial Intelligence Papers No. 8). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/623da898-en

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1689 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie ustanowienia zharmonizowanych przepisów dotyczących sztucznej inteligencji (akt w sprawie sztucznej inteligencji). (2024). *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 2024/1689*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

Szuszakiewicz-Idziaszek, A. (2025). Sztuczna inteligencja w rozwoju małych i średnich przedsiębiorstw. *Studia Administracji i Bezpieczeństwa, 18*, 45–56. https://studia.administracji.i.bezpieczenstwa.ajp.edu.pl/article/552269/pl

World Bank. (2026). *Navigating the age of AI: Implications for Poland's economy*. https://documents1.worldbank.org/curated/en/099061826172092709/pdf/P509025-29f4eeae-a12c-4e58-af9e-bf5a87115faf.pdf

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN REDUCING COSTS ASSOCIATED WITH CORPORATE INVESTMENTS

Abstract: The article addresses the significance of artificial intelligence in reducing costs associated with enterprises' investments. The aim is to identify and critically assess the mechanisms through which AI affects investment activity costs, and to determine whether this influence is operational or decision-making in nature. The research problem focuses on the question of whether artificial intelligence reduces investment costs and, if so, which categories of costs are subject to reduction and under what organizational conditions this effect occurs. The research method is a critical review and synthetic analysis of the literature on the subject, including empirical studies based on fixed-effects models, mediation analysis, instrumental variables, and event studies on the capital market, supplemented with reference to statistical data on AI adoption in Poland. The results indicate that artificial intelligence does not lower enterprises' operational costs, but rather reduces the information, transaction, and agency costs of the investment process, improving the accuracy of decisions made. These cost benefits are conditional on complementary investments in research and development and human capital, rather than merely on the level of AI spending. Analysis of capital market reactions reveals investor skepticism toward operational-type projects, resulting from delays in the materialization of benefits. High implementation costs constitute an independent barrier to investment, leading to a polarization of benefits in favor of large entities, which is also confirmed by data on Polish enterprises. The general conclusion indicates that the real contribution of artificial intelligence to the cost-effectiveness of investments lies at the decision-making level, not the executional one – AI does not so much make investments cheaper as it makes them more accurate.

Keywords: Artificial intelligence, investment efficiency, transaction costs, investment decisions, information asymmetry.

Jacek Janusz Mrozek

dr hab., prof. UWM, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
e-mail: jacek.mrozek@uwm.edu.pl
ORCID: 0000-0002-7260-3308

BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE I INFRASTRUKTURALNE UKRAINY ORAZ PRZEBUDOWA ARCHITEKTURY DOSTAW ENERGII W EUROPIE

Streszczenie: Rozdział bada, czy erozja systemu elektroenergetycznego Ukrainy ma przebieg kumulatywny, oraz czy zmiana kierunków dostaw gazu do Unii Europejskiej jest trwałą przebudową strukturalną. Podstawą empiryczną są dane Biura Wysokiego Komisarza Narodów Zjednoczonych do spraw Praw Człowieka o uderzeniach w obiekty energetyczne, piąta ocena szkód i potrzeb odbudowy Banku Światowego, baza wydatków wojskowych SIPRI w edycji z kwietnia 2026 roku oraz kwartalne dane Eurostatu o strukturze importu energii. Zestawienie czterech pomiarów zdolności wytwórczej wskazuje, że odbudowa międzysezonowa nie przywraca poziomu sprzed utraty mocy, a przyrost pozostaje o rząd wielkości mniejszy od ubytku. Analiza szeregów kwartalnych, uzupełniona analizą składowych głównych danych kompozycyjnych, wskazuje, że udziały Rosji w imporcie gazu rurociągowego w trzech okresach wyznaczonych datami zdarzeń zewnętrznych tworzą przedziały rozłączne, przy czym rozłączność ta nie jest odporna na przesunięcie pierwszej granicy o kwartał w przód. Dla gazu skroplonego analogicznego spadku nie stwierdzono; przebudowa dostaw jest zatem wykazana dla gazu rurociągowego, a dla skroplonego dotyczy innego dostawcy. Hipoteza o wyższym ilorazie strat do szkód w sektorach sieciowych została odrzucona. Potrzeby odbudowy sektora energetyki i wydobycia (90,6 mld USD) przewyższają roczne wydatki wojskowe Ukrainy, lecz dla samego systemu elektroenergetycznego (70,8 mld USD) relacja się odwraca - rozstrzygnięcie zależy od przyjętej granicy sektora.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo energetyczne, infrastruktura krytyczna, wojna rosyjsko-ukraińska, obciążenie obronne, dane kompozycyjne, odbudowa Ukrainy, dostawy gazu do Unii Europejskiej.

Wprowadzenie

Problematyka bezpieczeństwa Ukrainy obejmuje wymiar humanitarny, analizowany w odrębnym rozdziale niniejszej monografii w ramach koncepcji bezpieczeństwa humanitarnego Programu Narodów Zjednoczonych do spraw Rozwoju, oraz wymiar energetyczny i infrastrukturalny. W tamtym rozdziale infrastruktura rozpatrywana jest jako przedmiot przemocy i nośnik szkód wycenionych, w niniejszym zaś jako system o mierzalnej zdolności odtworzeniowej oraz jako przedmiot rachunku odbudowy. Wymiary te traktuje się tu jako warunek brzegowy pozostałych, ponieważ ochrona zdrowia, dostawy żywności i wody oraz funkcjonowanie mieszkalnictwa zależą od ciągłości dostaw energii i ciepła. Pełnoskalowa inwazja Federacji Rosyjskiej trwa czwarty rok, a system elektroenergetyczny Ukrainy pozostaje celem systematycznych uderzeń; równolegle zmienia się architektura dostaw gazu i ropy w Europie.

Zagadnienie ma znaczenie wykraczające poza dokumentację. Jeżeli uszkodzenia infrastruktury kumulują się, to każda kolejna zima rozpoczyna się od niższego poziomu wyjściowego, a odbudowa międzysezonowa jedynie spowalnia erozję, zamiast ją odwracać - wówczas doraźne naprawy przed sezonem grzewczym są czymś innym niż odbudową, a ich sumowanie zaciemnia rachunek potrzeb. Analogicznie po stronie europejskiej różnica między przejściowym zaburzeniem a trwałą przebudową przesądza, czy inwestycje w nowe kierunki dostaw mają charakter zabezpieczenia na czas kryzysu, czy nieodwracalnej zmiany rynku.

Celem rozdziału jest ustalenie, czy erozja ukraińskiego systemu energetycznego przebiega kumulatywnie, oraz czy zmiana struktury dostaw energii do Unii Europejskiej ma charakter trwały. Militaryzacja gospodarki Ukrainy wchodzi do analizy jako mechanizm wyjaśniający, dlaczego odbudowa systemu energetycznego pozostaje poza zasięgiem zasobów własnych państwa, nie zaś jako samodzielny przedmiot badania.

Tak sformułowany cel prowadzi do pięciu pytań badawczych. Po pierwsze, czy kolejne kampanie uderzeń w infrastrukturę elektroenergetyczną rozpoczynają się od poziomu zdolności wytwórczej niższego niż poprzednie. Po drugie, czy uszkodzenie infrastruktury sieciowej generuje straty pośrednie w proporcji odmiennej niż uszkodzenie majątku niesieciowego. Po trzecie, w jakim stopniu obciążenie obronne uniemożliwia sfinansowanie odbudowy sektora energetyki i wydobycia ze środków własnych. Po czwarte, czy zmiana kierunków dostaw gazu do Unii Europejskiej ma charakter trwałej przebudowy. Po piąte, czy przebudowa ta obejmuje w równym

stopniu gaz rurociągowy i gaz skroplony oraz na jakie rynki skierowano surowiec wycofany z rynku europejskiego.

Na podstawie przeglądu literatury sformułowano cztery hipotezy badawcze.

H1. Erozja zdolności wytwórczej ukraińskiego systemu elektroenergetycznego przebiega kumulatywnie: odbudowa międzysezonowa nie przywraca stanu sprzed poprzedniej kampanii uderzeń, wobec czego moc możliwa do uruchomienia w kolejnym sezonie pozostaje poniżej poziomu wyjściowego.

H2. Sektory infrastruktury sieciowej - energetyka i wydobycie, transport, zaopatrzenie w wodę, telekomunikacja i usługi komunalne - wykazują wyższy iloraz strat pośrednich do szkód bezpośrednich niż sektory pozostałe, ponieważ przerwanie świadczenia usługi sieciowej propaguje się na całą gospodarkę niezależnie od wartości zniszczonego majątku.

H3. Zmiana struktury dostaw gazu do Unii Europejskiej ma charakter trwały: kolejne zerwania ustalają poziomy udziału Rosji rozłączne z poziomami wcześniejszymi, a odbicia wewnątrz okresu nie sięgają poziomu okresu poprzedniego.

H4. Przy obciążeniu obronnym rzędu czterdziestu procent produktu krajowego brutto odbudowa systemu energetycznego pozostaje poza zasięgiem zasobów własnych państwa: potrzeby odbudowy sektora energetyki i wydobycia są porównywalne z rocznymi wydatkami wojskowymi, a te pochłaniają większość wydatków budżetowych.

Podstawę empiryczną rozdziału stanowią dane wtórne pochodzące z pięciu instytucji pierwotnych. Uderzenia w obiekty energetyczne i transportowe oraz ich następstwa dla ludności ustalono na podstawie raportu Biura Wysokiego Komisarza Narodów Zjednoczonych do spraw Praw Człowieka z 29 czerwca 2026 roku, obejmującego okres od 1 grudnia 2025 do 31 maja 2026 roku. Szkody, straty i potrzeby odbudowy według sektorów zaczerpnięto z piątej szybkiej oceny szkód i potrzeb, opublikowanej w lutym 2026 roku przez Bank Światowy wspólnie z rządem Ukrainy, Komisją Europejską i Organizacją Narodów Zjednoczonych. Wydatki wojskowe pochodzą z bazy Sztokholmskiego Międzynarodowego Instytutu Badań nad Pokojem w edycji z 27 kwietnia 2026 roku. Strukturę importu energii do Unii Europejskiej ustalono na podstawie kwartalnych danych Eurostatu (2026), karty „Figure 8” i „Figure 10” arkusza danych do artykułu. Kierunki, na które przekierowano rosyjski eksport ropy naftowej, ustalono na podstawie analizy Centre for Research on Energy and Clean Air z 24 lutego 2026 roku, obejmującej czwarty rok pełnoskalowej inwazji.

Zastosowane metody są opisowe. Są to zestawienia szeregów czasowych i przekrojowych, porównania median, średnich i przedziałów wartości między wyodrębnionymi grupami, miara odległości właściwa dla danych kompozycyjnych oraz analiza składowych głównych poprzedzona transformacją log-ilorazową, jakiej wymagają udziały dostawców. Nacisk położono na identyfikację wzorców w danych, nie zaś na testowanie hipotez o parametrach populacji; żaden podział użyty w porównaniach nie został wyodrębniony z samych danych, lecz wyznaczony datami zdarzeń zewnętrznych albo klasyfikacją przyjętą w źródle. Wyjątkiem jest pierwsza granica podziału szeregu kwartalnego, która odpowiada procesowi rozłożonemu w czasie, nie zdarzeniu jednodniowemu; wrażliwość wyniku na jej położenie sprawdzono osobno.

Struktura rozdziału odzwierciedla logikę wywodu. Część druga omawia bezpieczeństwo energetyczne jako kategorię analityczną. Część trzecia dotyczy infrastruktury krytycznej, efektów kaskadowych i trwałości uszkodzeń. Część czwarta przedstawia asymetryczną współzależność oraz ekonomię obciążenia obronnego. Część piąta zawiera wyniki badań własnych. Podsumowanie odnosi się do każdej z hipotez, osobno do pytań badawczych niewyrażonych w postaci hipotez, oraz wskazuje kierunki dalszych badań.

Bezpieczeństwo energetyczne jako kategoria analityczna

Pojęcie bezpieczeństwa energetycznego weszło do obiegu naukowego po kryzysach naftowych lat siedemdziesiątych, w wąskim znaczeniu ciągłości dostaw po możliwej do zaakceptowania cenie. Yergin (2006) wyznaczył ramy dyskusji na lata, wskazując, że bezpieczeństwo dostaw opiera się nie na samowystarczalności, lecz na dywersyfikacji źródeł, elastyczności rynku i zdolności amortyzowania zaburzeń; w tej samej pracy rozszerza pojęcie na cały łańcuch dostaw i wymienia celowe uderzenia w infrastrukturę krytyczną jako nowy rodzaj podatności. Ujęcie to nie przewiduje natomiast sytuacji, w której infrastruktura wytwórcza jest celem uderzeń powtarzanych przez lata, a odstęp między uderzeniami jest krótszy niż czas naprawy - i tego braku nie należy Yerginowi przypisywać jako przeoczenia, lecz jako granicę zastosowania ujęcia pomyślanego dla zaburzeń pojedynczych. Cherp i Jewell (2014) poddali krytyce popularny schemat czterech wymiarów, wykazując, że wylicza on pożądane cechy systemu, nie odpowiadając na pytanie właściwe dla studiów nad bezpieczeństwem: co jest przedmiotem ochrony, przed jakim zagrożeniem i jakimi środkami. Zaproponowali w zamian definicję bezpieczeństwa energetycznego jako niskiej podatności żywotnych systemów energetycznych, rozumiejąc podatność jako złożenie ekspozycji na ryzyko i zdolności odpornościowych.

Ujęcie to jest dla niniejszego rozdziału użyteczne z dwóch powodów. Po pierwsze, przenosi punkt ciężkości z pytania o źródła dostaw na pytanie o odporność systemu - a w warunkach wojny to właśnie zdolność odtwarzania mocy po uderzeniu, nie zaś dywersyfikacja importu, decyduje o zaopatrzeniu ludności. Po drugie, wiąże bezpieczeństwo energetyczne z krytycznymi funkcjami społecznymi, co pozwala połączyć wymiar energetyczny z humanitarnym bez zacierania granicy między nimi: przerwa w dostawie prądu nie jest zagrożeniem sama przez się, lecz staje się nim przez to, że unieruchamia ogrzewanie, ujęcia wody, szpitale i szkoły.

Rozdzielić przy tym trzeba dwa poziomy analizy, które w piśmiennictwie bywają mieszane. Pierwszy dotyczy państwa jako importera, drugi - państwa jako gospodarza infrastruktury. Dla Unii Europejskiej po 2022 roku problemem jest głównie poziom pierwszy: skąd pochodzą dostawy i jak dalece koncentracja kierunków tworzy podatność na nacisk. Dla Ukrainy problemem jest poziom drugi: czy istnieje jeszcze majątek zdolny wytworzyć i dostarczyć energię. Oba poziomy łączy jednak wspólny mechanizm, opisany w części czwartej: w obu przypadkach zależność jednej strony od drugiej może zostać przekształcona w narzędzie nacisku, przy czym raz środkiem nacisku jest wstrzymanie dostawy, a raz zniszczenie zdolności wytwórczej.

Osobnym zagadnieniem jest pomiar. Wskaźniki bezpieczeństwa energetycznego buduje się zwykle na udziałach: udziale dostawcy w imporcie, udziale nośnika w miksie, udziale mocy z danego źródła. Udziały są jednak danymi kompozycyjnymi - sumują się do stałej, a przez to podlegają ograniczeniu, którego zwykłe metody statystyczne nie uwzględniają. Wzrost udziału jednego dostawcy oznacza z konieczności spadek udziału pozostałych, wobec czego korelacje między udziałami są częściowo artefaktem konstrukcji, nie zaś zjawiskiem ekonomicznym. Aitchison (1982) wykazał, że poprawna analiza takich danych wymaga uprzedniej transformacji log-ilorazowej, przenoszącej obserwacje z sympleksu do przestrzeni euklidesowej. Konsekwencje metodologiczne tego ustalenia zostały uwzględnione w części empirycznej.

Infrastruktura krytyczna, efekty kaskadowe i trwałość uszkodzeń

Refleksja nad infrastrukturą krytyczną wyrosła z obserwacji, że systemy techniczne współczesnego państwa są ze sobą powiązane w sposób, który sprawia, iż awaria jednego z nich propaguje się na pozostałe. Rinaldi i in. (2001) zaproponowali typologię takich powiązań, wyodrębniając zależności fizyczne, cybernetyczne, geograficzne i logiczne, oraz wskazali, że skutki zakłócenia zależą nie tylko od jego rozmiaru, lecz od położenia uszkodzonego elementu w sieci powiązań. Z ich ujęcia

wynika wniosek istotny dla analizy prowadzonej niżej: wartość szkód bezpośrednich jest słabym przybliżeniem ich skutków, ponieważ nie uwzględnia liczby ani znaczenia funkcji zależnych od uszkodzonego elementu.

Rinaldi i in. (2001) podkreślają przy tym dwukierunkowość powiązań: elektroenergetyka warunkuje pracę pozostałych systemów, lecz sama zależy od dostaw gazu i od łączności, a mówienie o infrastrukturze pierwszego rzędu jest wobec tego uproszczeniem. Z ich aparatu nie wynika żadne przewidywanie co do wielkości iloraz strat pośrednich do szkód bezpośrednich - kategorie te pochodzą z rachunku oceny szkód, nie z teorii współzależności. Oczekiwanie, że iloraz ten powinien być w sektorach sieciowych wyższy, jest krokiem własnym: przenosi jakościowe twierdzenie o rozchodzeniu się zakłóceń na miarę ilościową, która tego twierdzenia nie musi odwzorowywać. Sformułowano je jako hipotezę drugą właśnie po to, żeby poddać je sprawdzeniu, i - jak pokazuje część empiryczna - potwierdzenia nie znalazło.

Odrębnym zagadnieniem jest trwałość uszkodzeń. Piśmiennictwo o odporności infrastruktury przyjmuje zwykle model zaburzenia jednorazowego, po którym następuje odtwarzanie, zakładając, że okres między zaburzeniami jest dłuższy niż czas naprawy. Gdy kolejne uderzenie następuje przed zakończeniem naprawy poprzedniego, przebieg przestaje być ciągiem niezależnych epizodów i staje się procesem kumulatywnym o malejącej podstawie. Rozróżnienie to jest sednem pierwszego pytania badawczego i wymaga rozstrzygnięcia empirycznego, ponieważ oba przebiegi wyglądają podobnie, gdy patrzeć wyłącznie na liczbę uderzeń. Utrudnia je niejednoznaczność samego pomiaru: zdolność wytwórcza to co innego jako moc zainstalowana, co innego jako dostępna technicznie, a co innego jako możliwa do uruchomienia przy istniejących ograniczeniach sieciowych, przy czym część mocy pozostaje na terytorium okupowanym - formalnie istnieje, lecz dostępna nie jest. Rozróżnienie to zachowano, bo jego zatarcie zawyżałoby ocenę zdolności odtworzeniowej.

Asymetryczna współzależność i ekonomia obciążenia obronnego

Myśl, że wymiana handlowa tworzy nie tylko korzyści obopólne, lecz również stosunki władzy, sięga pracy Hirschmana (Hirschman, 1945): państwo mniej uzależnione od wymiany dysponuje przewagą wynikającą z asymetrii kosztów jej zerwania. Farrell i Newman (2019) przenieśli to ujęcie na grunt sieci gospodarczych, wskazując, że sieci wymiany rozwijają się asymetrycznie, wytwarzając węzły o nieproporcjonalnie dużej liczbie połączeń, a państwo sprawujące jurysdykcję nad takim węzłem może przekształcić przewagę strukturalną w narzędzie przymusu.

Zastosowanie tego ujęcia do rynku gazu wymaga jednak ostrożności. Sieć przesyłowa nie jest siecią informacyjną ani finansową: przepustowość rurociągu jest ograniczona fizycznie, a przekierowanie strumienia wymaga inwestycji o horyzoncie wieloletnim. Cecha ta działa w obie strony. Z jednej strony czyni zależność trwalszą, bo zmiana dostawcy nie jest decyzją, lecz procesem. Z drugiej - czyni ją trudniejszą do odwrócenia, ponieważ raz zbudowana infrastruktura alternatywna nie znika wraz z ustaniem przyczyny, dla której powstała. Właśnie to spostrzeżenie leży u podstaw hipotezy trzeciej: jeżeli przebudowa dostaw ma charakter infrastrukturalny, a nie handlowy, to powinna być nieodwracalna strukturalnie, to znaczy kolejne poziomy udziału dostawcy powinny tworzyć przedziały rozłączne, to znaczy kolejne poziomy udziału dostawcy powinny tworzyć przedziały rozłączne.

Drugi wątek teoretyczny przywołano dla umiejscowienia badania w polu, nie jako przesłankę hipotezy - jest nim ekonomia obciążenia obronnego. Deger i Smith (1983) wykazali, że wpływ wydatków wojskowych na wzrost przebiega kanałami o przeciwnych znakach - pobudzania popytu z jednej strony, wypierania inwestycji i konsumpcji z drugiej - a Dunne i Tian (2013), podsumowując blisko sto siedemdziesiąt badań, stwierdzili przewagę świadectw na rzecz oddziaływania ujemnego. Piśmiennictwo to dotyczy jednak państw wydających na obronę kilka procent produktu krajowego brutto w warunkach pokoju. Przypadek Ukrainy leży poza tym zakresem: przy obciążeniu przekraczającym jedną trzecią produktu pytanie o wpływ na wzrost traci sens praktyczny, bo nie istnieje kontrfaktyczna alternatywa, w której państwo tych wydatków nie ponosi i nadal istnieje. Sensowne pozostaje pytanie węższe, o wypieranie: czy w budżecie zostaje nadwyżka zdolna sfinansować odbudowę majątku infrastrukturalnego. Ma ono odpowiedź rachunkową, niewymagającą modelu wzrostu, i w tej postaci stanowi hipotezę czwartą.

Dane o wydatkach wojskowych nie są bez zastrzeżeń porównywalne. SIPRI publikuje szeregi w walucie krajowej, w dolarach według cen bieżących i w dolarach według cen stałych (SIPRI, 2026a), przy czym w karcie faktograficznej poziomy podaje się w cenach bieżących, a zmiany procentowe w ujęciu realnym (SIPRI, 2026b, s. 2 i 9) - zestawienie obu bez wskazania podstawy prowadzi do wniosków rozbieżnych. Różnica nie jest kosmetyczna: wydatki Federacji Rosyjskiej wzrosły w 2025 roku o 27,5 procent nominalnie i o 5,9 procent realnie (obliczenie własne na danych bazy SIPRI, 2026a). W rozdziale poziomy podawane są w cenach bieżących, a zmiany realne osobno, z jednym wyjątkiem: jeden z szeregów przedstawionych w części piątej podano w cenach stałych z 2024 roku, pochodzi on bowiem wprost z bazy SIPRI, która deflacjonuje wydatki w walucie krajowej, a dopiero potem przelicza po kursie z roku bazowego. Własnego deflacjonowania szeregu

dolarowego nie przeprowadzono, ponieważ byłaby to operacja odwrotna do tej, którą wykonuje SIPRI.

Metody analizy i wyniki badań własnych

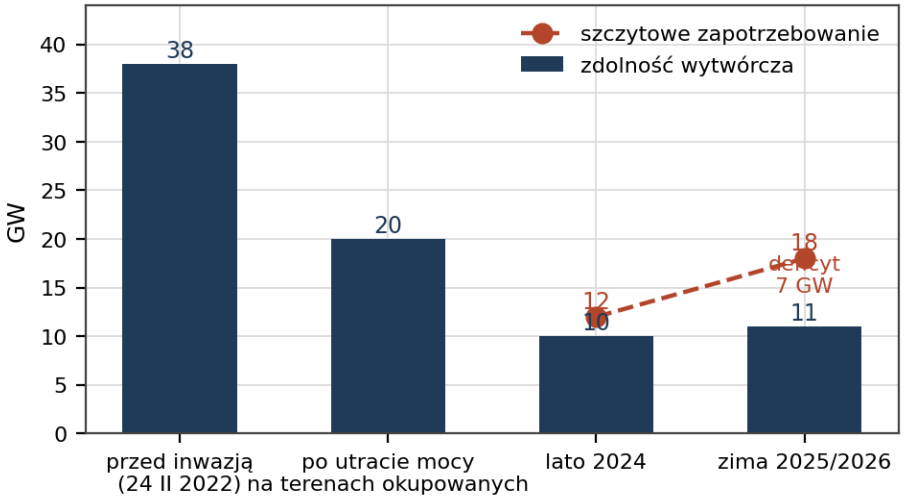
Analiza obejmuje trzy grupy zagadnień. Pierwsza dotyczy stanu ukraińskiego systemu energetycznego i jego uszkodzeń. Druga - militaryzacji gospodarki jako mechanizmu ograniczającego zdolność odbudowy. Trzecia - przebudowy struktury dostaw energii do Unii Europejskiej. Grupy te czerpią aparat pojęciowy z części teoretycznych nierównomiernie: druga z ekonomii obciążenia obronnego, trzecia z ujęcia asymetrycznej współzależności, natomiast kategorie podatności i odporności przenikają wszystkie trzy. Wszystkie obliczenia wykonano na danych pochodzących bezpośrednio z instytucji pierwotnych; wykaz źródeł wraz ze wskazaniem stron zamieszczono w osobnej sekcji na końcu rozdziału.

Charakter danych narzuca ograniczenia, które należy wskazać na wstępie. Szeregi kwartalne obejmują 21 obserwacji, szeregi roczne 26, a zestawienia sektorowe osiemnaście jednostek. Przy takich liczebnościach różnice widoczne w zestawieniach należy odczytywać jako wskazanie kierunku, nie jako pomiar wielkości efektu. Dane o uderzeniach w infrastrukturę energetyczną mają ponadto charakter dolnych ograniczeń: HRMMU weryfikuje zdarzenia według własnej metodologii i zastrzega, że władze ukraińskie podają liczby wyższe. Zastrzeżenie to nie obejmuje danych o infrastrukturze kolejowej i portowej, które źródło podaje jako liczby zweryfikowane, bez formuły „co najmniej". Wielkości te nadają się zatem do porównań wewnętrznych - między kategoriami obiektów i między okresami - nie zaś do szacowania natężenia bezwzględnego.

Punktem wyjścia jest stan zdolności wytwórczej. Przed pełnoskalową inwazją system elektroenergetyczny Ukrainy dysponował mocą rzędu 38 GW. Około 18 GW znalazło się poza zasięgiem państwa wskutek okupacji terytorium, przy czym moc ta formalnie istnieje, lecz nie jest dostępna. Latem 2024 roku moc możliwa do uruchomienia spadła poniżej 10 GW przy zapotrzebowaniu sięgającym 12 GW. Zimą 2025/2026 moc możliwa do uruchomienia wynosiła około 11 GW przy zapotrzebowaniu szczytowym dochodzącym do 18 GW. Przebieg ten przedstawia wykres 1.

Zestawienie to prowadzi do dwóch spostrzeżeń. Po pierwsze, ubytek mocy możliwej do uruchomienia między stanem sprzed inwazji a latem 2024 roku wyniósł co najmniej 73,7 procent - źródło podaje dla lata 2024 wartość graniczną („poniżej 10 GW"), nie punktową, wobec czego rachunek daje dolne oszacowanie. Jest

to wielkość, której nie da się przypisać pojedynczemu zdarzeniu. Po drugie, wzrost z poziomu poniżej 10 GW do około 11 GW świadczy o tym, że odbudowa międzysezonowa rzeczywiście przebiegała, przyrost pozostaje jednak o rząd wielkości mniejszy niż ubytek, a jednocześnie zapotrzebowanie zimowe przewyższa produkcję o 7 GW. I to właśnie głosi hipoteza pierwsza.



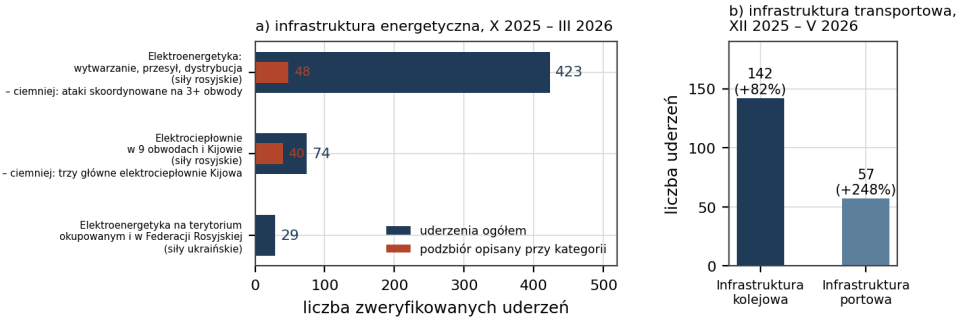
Wykres 1. Zdolność wytwórcza systemu elektroenergetycznego Ukrainy wobec szczytowego zapotrzebowania (od okresu przed 24 lutego 2022 do zimy 2025/2026)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych HRMMU (2026, akapity 17, 18 i 23).

Bezpośrednią przyczyną tego stanu są uderzenia w obiekty wytwórcze, przesyłowe i dystrybucyjne. W okresie od października 2025 do marca 2026 roku zweryfikowano co najmniej 423 takie uderzenia ze strony sił rosyjskich, w tym 48 ataków skoordynowanych, obejmujących jednocześnie trzy lub więcej obwodów. Odrębną kategorię stanowią elektrociepłownie, wobec których odnotowano co najmniej 74 uderzenia w dziewięciu obwodach oraz w Kijowie, przy czym trzy główne elektrociepłownie stolicy zostały trafione co najmniej czterdziestokrotnie. W tym samym okresie odnotowano co najmniej 29 uderzeń sił ukraińskich w infrastrukturę elektroenergetyczną na terytorium okupowanym i na terytorium Federacji Rosyjskiej. Rozkład ten przedstawia panel a wykresu 2.

Uderzenia nie ograniczają się do systemu elektroenergetycznego. Panel b wykresu 2 przedstawia uderzenia w infrastrukturę transportową w okresie od grudnia 2025 do maja 2026 roku: 142 uderzenia w infrastrukturę kolejową, o 82 procent więcej niż w poprzednim półroczu, oraz 57 uderzeń w infrastrukturę portową, co oznacza

wzrost o 248 procent. Zestawienie to wskazuje na rozszerzenie uderzeń z systemu elektroenergetycznego na infrastrukturę transportową, przy czym dynamika w portach jest wyraźnie wyższa niż w kolejnictwie. Oba panele obejmują różne okresy sześciomiesięczne, wyznaczone przez zakresy raportowania HRMMU, i z tego powodu nie są bezpośrednio porównywalne co do poziomu.



Wykres 2. Uderzenia w infrastrukturę krytyczną Ukrainy: a) infrastruktura energetyczna według kategorii obiektu i strony atakującej (październik 2025 - marzec 2026); b) infrastruktura transportowa (grudzień 2025 - maj 2026) ze zmianą wobec poprzedniego półrocza

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych HRMMU (2026, akapity 19, 26, 29, 30, 82 i 83).

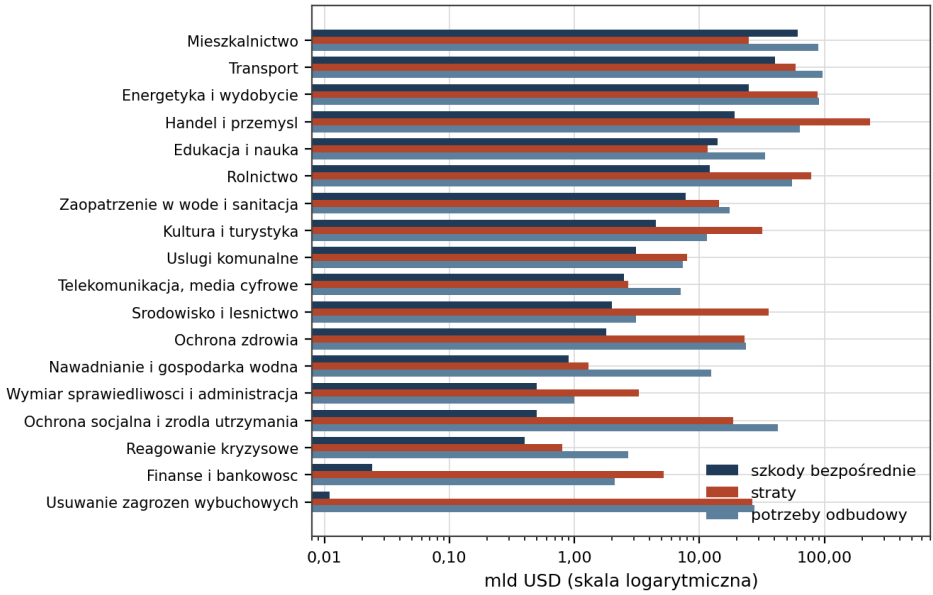
Liczb uderzeń po obu stronach nie należy zestawiać wprost. Stosunek 423 do 29 nie jest miarą asymetrii zdolności ani intencji, ponieważ obie wielkości pochodzą z odmiennych warunków weryfikacji: dostęp HRMMU do terytorium kontrolowanego przez Ukrainę jest nieporównanie szerszy niż do terytorium Federacji Rosyjskiej. Ostrożna interpretacja ogranicza się zatem do stwierdzenia, że w infrastrukturę energetyczną uderzają obie strony konfliktu, przy czym skala udokumentowana po stronie rosyjskiej jest wielokrotnie większa.

Następstwa dla ludności są bezpośrednie i dają się określić liczbowo. Wyłączenia dostaw prądu sięgały w szczytowych okresach 22 godzin na dobę, a w styczniu 2026 roku wynosiły średnio do 16 godzin dziennie; 14 stycznia 2026 roku wprowadzono stan wyjątkowy w energetyce. 8 stycznia 2026 roku bez prądu pozostawało około 800 000 gospodarstw domowych w obwodzie dniepropietrowskim, a 20 stycznia około 1 000 000 w Kijowie. Seria uderzeń ze stycznia i lutego 2026 roku pozbawiła ogrzewania około 5 600 budynków wielorodzinnych stolicy; po ataku z 20 stycznia administracja miasta podała liczbę 5 635. Po wyłączeniu jednej z kijowskich elektrociepłowni w lutym 2026 roku bez ogrzewania znalazło się około 500 000 mieszkańców, a w Charkowie, po serii uderzeń w elektrociepłownię, około 105 000 gospodarstw domowych.

Wielkości te wiążą wymiar energetyczny z humanitarnym i wypełniają lukę wskazaną w odrębnym rozdziale: wskaźniki dostępu do energii były tam dostępne wyłącznie w postaci szacunków wartości zniszczeń. Zależność ta jest widoczna również w zachowaniach migracyjnych: spośród osób opuszczających Ukrainę w okresie od grudnia 2025 do lutego 2026 roku około 75 procent wskazywało brak dostępu do energii elektrycznej, wody lub ogrzewania jako powód wyjazdu, a około jedna trzecia osób rozważających powrót wskazywała stabilizację dostaw prądu jako jego warunek. Zależność ta jest odnotowana w źródle jako obserwacja opisowa i tak też jest tu przywoływana; nie stanowi ona oszacowania przyczynowego.

Dwa terminy wymagają rozróżnienia, ponieważ od niego zależy rozstrzygnięcie hipotezy czwartej. Sektorem energetyki i wydobycia nazywam agregat przyjęty w źródle, obejmujący obok elektroenergetyki ciepłownictwo sieciowe oraz infrastrukturę gazową i naftową; systemem elektroenergetycznym - wyłącznie wytwarzanie, przesył i dystrybucję energii elektrycznej. Wielkości podawane dalej odnoszą się do jednego albo drugiego i są za każdym razem oznaczone. Wartość szkód i strat pozwala ocenić piąta szybka ocena szkód i potrzeb. Szkody bezpośrednie w okresie od 24 lutego 2022 do 31 grudnia 2025 roku, obejmującym 46 miesięcy, wyniosły 195,1 mld USD. Straty społeczno-gospodarcze oszacowano na 666,7 mld USD; miara ta obejmuje w źródle 64 miesiące, w tym 18 miesięcy prognozy. Potrzeby odbudowy oszacowano na 587,7 mld USD dla lat 2026–2035. Wszystkie trzy wielkości wyrażono w cenach z 31 grudnia 2025 roku, a potrzeby zawierają narzut na podniesienie standardu odbudowy i na wzrost cen w okresie realizacji, bez dyskontowania. Sektor energetyki i wydobycia odpowiada za 24,8 mld USD szkód, 88,2 mld USD strat i 90,6 mld USD potrzeb odbudowy, czyli odpowiednio 12,7, 13,2 i 15,4 procent wielkości ogółem. Szkody w tym sektorze źródło datuje na 30 listopada 2025 roku, o miesiąc wcześniej niż pozostałe pozycje tabeli. Krótszy okres zaniża poziom szkód, a przez to zawyża iloraz strat do szkód. Rozkład wszystkich trzech miar według 18 sektorów przedstawia wykres 3.

Zestawienie trzech miar obok siebie ujawnia, że uporządkowania sektorów nie są tożsame. Mieszkalnictwo, zajmujące pierwsze miejsce pod względem szkód bezpośrednich, spada na ósme pod względem strat. Transport przesuwa się z drugiego miejsca w szkodach na czwarte w stratach i pierwsze w potrzebach odbudowy. Handel i przemysł, czwarty pod względem szkód, zajmuje pierwsze miejsce pod względem strat, których wartość - 232,9 mld USD - przewyższa łączną wartość szkód we wszystkich sektorach. Energetyka zajmuje trzecie miejsce pod względem szkód oraz drugie pod względem strat i potrzeb.



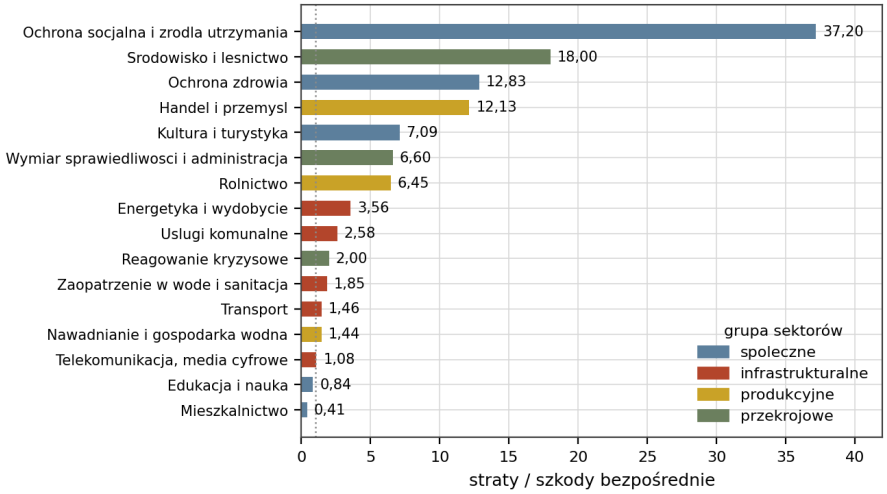
Wykres 3. Szkody bezpośrednie, straty i potrzeby odbudowy według sektorów gospodarki Ukrainy (stan na 31 grudnia 2025)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych RDNA5 (2026a, tabela 1, s. 17).
Uwagi: Skala logarytmiczna. Trzy miary odnoszą się do różnych okresów: szkody do 46 miesięcy do 31 grudnia 2025 roku, straty do 64 miesięcy do 30 czerwca 2027 roku, potrzeby do lat 2026–2035. Dwa sektory o szkodach poniżej 0,05 mld USD przedstawiono według wartości podanych w przypisie do tabeli źródłowej.

Rodzi się pytanie, czy miary rozchodzą się systematycznie. Odpowiedzi dostarcza iloraz strat do szkód bezpośrednich, przedstawiony na wykresie 4. Podstawa ilorazu jest asymetryczna (zob. przypis pod wykresem 4). Iloraz nie wyraża zatem stosunku strat do szkód w tym samym okresie i nie powinien być odczytywany jako mnożnik strat na jednostkę zniszczonego majątku; ponieważ asymetria jest dla wszystkich sektorów jednakowa poza tym jednym wyjątkiem, uporządkowanie sektorów pozostaje informatywne. Dla sektora energetyki i wydobycia iloraz wynosi 3,56 przy medianie dla 16 sektorów o szkodach przekraczających 0,05 mld USD równej 3,07. Wartość ta nie wyróżnia tego sektora: wyższy iloraz wykazuje siedem z 16 sektorów - ochrona socjalna (37,20), środowisko i leśnictwo (18,00), ochrona zdrowia (12,83), handel i przemysł (12,13), kultura i turystyka (7,09), wymiar sprawiedliwości i administracja (6,60) oraz rolnictwo (6,45).

Zestawienie grupowe rozstrzyga hipotezę drugą, i to w kierunku przeciwnym do zakładanego. Mediana ilorazu wynosi 1,85 w pięciu sektorach infrastruktury

sieciowej i 6,60 w pozostałych jedenastu, a więc sektory sieciowe wykazują straty pośrednie niższe względem szkód, nie wyższe. Przedziały obu grup nachodzą jednak na siebie: od 1,08 do 3,56 w sektorach sieciowych wobec od 0,41 do 37,20 w pozostałych, przy czym cztery sektory pozostałe - mieszkalnictwo, edukacja, nawadnianie oraz reagowanie kryzysowe - mieszczą się w przedziale sieciowym lub poniżej niego. Odnotować trzeba, że grupa źródłowa nie jest ściśle konstruktem infrastruktury sieciowej - pierwsza jej pozycja łączy elektroenergetykę z wydobyciem surowców, które sieciowe nie jest - lecz różnica działa na niekorzyść hipotezy, nie na jej korzyść. Przy pięciu i jedenastu obserwacjach uporządkowanie należy traktować jako wskazanie kierunku, nie jako pomiar.

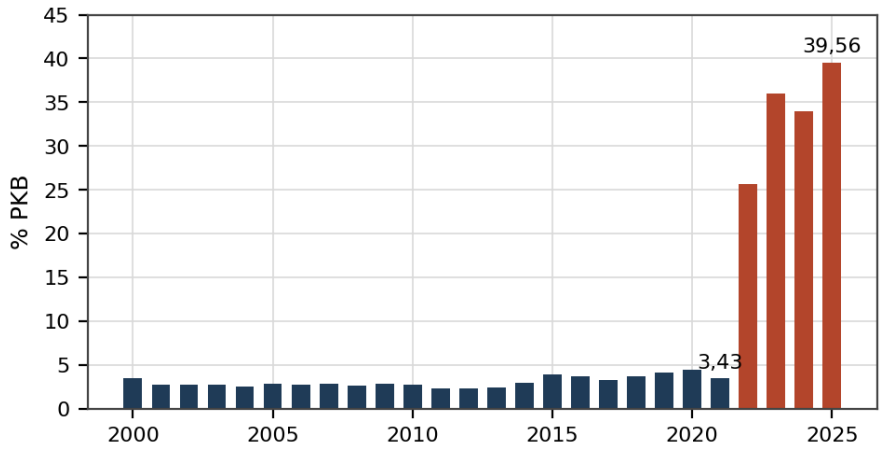


Wykres 4. Iloraz strat do szkód bezpośrednich według sektorów, z podziałem na grupy przyjętym w źródle (stan na 31 grudnia 2025)
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych RDNA5 (2026a, tabela 1, s. 17).
Uwagi: Pominięto dwa sektory o szkodach poniżej 0,05 mld USD, przy których iloraz jest niestabilny. Licznik obejmuje 64 miesiące (od 24 lutego 2022 do 30 czerwca 2027, w tym osiemnaście miesięcy prognozy), mianownik 46 miesięcy (od 24 lutego 2022 do 31 grudnia 2025), a dla energetyki i wydobycia 45 miesięcy, do 30 listopada 2025 roku (RDNA5, 2026a, przypis 9, s. 36). Ilorazy poszczególnych sektorów wraz z medianami i przedziałami obu grup zestawiono w zakładce „W4 iloraz wg grup" arkusza kontrolnego.

Wynik ten przeczy również oczekiwaniu wyprowadzonemu z teorii infrastruktury krytycznej, zgodnie z którym przerwanie usługi sieciowej powinno generować straty nieproporcjonalnie duże wobec wartości zniszczonego majątku. Możliwe wyjaśnienie - wymagające jednak odrębnego badania, którego niniejszy rozdział nie przeprowadza - jest takie, że iloraz ten odzwierciedla nie sieciowy charakter sektora,

lecz jego udział w tworzeniu wartości dodanej oraz czas trwania przerwy w świadczeniu usługi. Sektory o niewielkim majątku trwałym i dużym udziale w wytwarzaniu wykazują wówczas ilorazy wysokie niezależnie od tego, czy ich produkt jest warunkiem funkcjonowania innych.

Grupa druga dotyczy militaryzacji gospodarki. Relacja wydatków wojskowych Ukrainy do produktu krajowego brutto wynosiła 3,43 procent w 2021 roku, wzrosła do 25,64 procent w 2022, osiągnęła 36,03 procent w 2023, obniżyła się do 33,96 procent w 2024 i wzrosła do 39,56 procent w 2025 roku. Przebieg ten przedstawia wykres 5. W ciągu czterech lat udział ten zwiększył się ponad jedenastokrotnie.

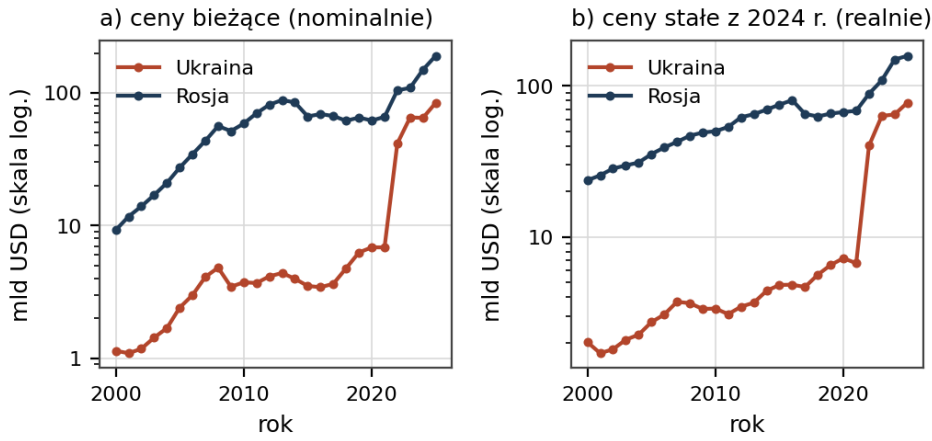


Wykres 5. Relacja wydatków wojskowych Ukrainy do produktu krajowego brutto (2000–2025)
Źródło: Opracowanie własne na podstawie bazy SIPRI (2026a).

Wartości za lata 2023 i 2024 zostały w nowej edycji zrewidowane. Wartości za lata 2023 i 2024 różnią się od publikowanych w edycji z kwietnia 2025 roku: udział za 2023 rok zrewidowano z 36,53 na 36,03 procent, a za 2024 z 34,48 na 33,96 procent. Instytucja publikująca stwierdza wprost, że nowe dane zastępują wszystkie wcześniejsze, wobec czego w rozdziale przyjęto konsekwentnie edycję z 2026 roku dla całego szeregu. Skala rewizji - rzędu pół punktu procentowego - nie uzasadnia wniosku o systematycznym zaniżaniu wcześniejszych szacunków; jest to zwykła korekta wynikająca z uściślenia danych o produkcie krajowym brutto.

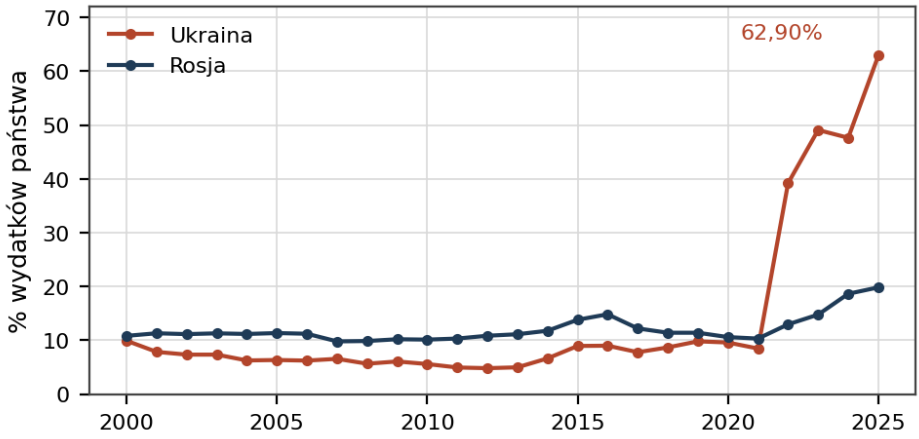
Zestawienie wydatków obu stron konfliktu przedstawia wykres 6, w dwóch panelach odpowiadających cenom bieżącym i cenom stałym z 2024 roku. W 2025 roku wydatki wojskowe Ukrainy wyniosły 84,1 mld USD, a Federacji Rosyjskiej 190,4 mld USD w cenach bieżących - przewaga rosyjska wynosi zatem 2,26-krotność.

Zmiana wobec roku poprzedniego wyniosła dla Ukrainy 29,9 procent nominalnie i 19,7 procent realnie, dla Rosji zaś 27,5 procent nominalnie i 5,9 procent realnie. Rozbieżność między obiema miarami dla Rosji, sięgająca ponad dwudziestu punktów procentowych, ilustruje wagę rozstrzygnięcia, o którym mowa w części czwartej. Szereg rosyjski pełni w rozdziale dwie funkcje i tylko te dwie: wyznacza skalę odniesienia dla wydatków ukraińskich oraz służy za przykład rozbieżności między ujęciem nominalnym a realnym. Do żadnej z hipotez nie wchodzi, ponieważ wszystkie cztery dotyczą strony ukraińskiej i europejskiej.



Wykres 6. Wydatki wojskowe Ukrainy i Federacji Rosyjskiej: a) w cenach bieżących, b) w cenach stałych z 2024 roku (2000–2025)
Źródło: Opracowanie własne na podstawie bazy SIPRI (2026a).
Uwagi: Skala logarytmiczna.

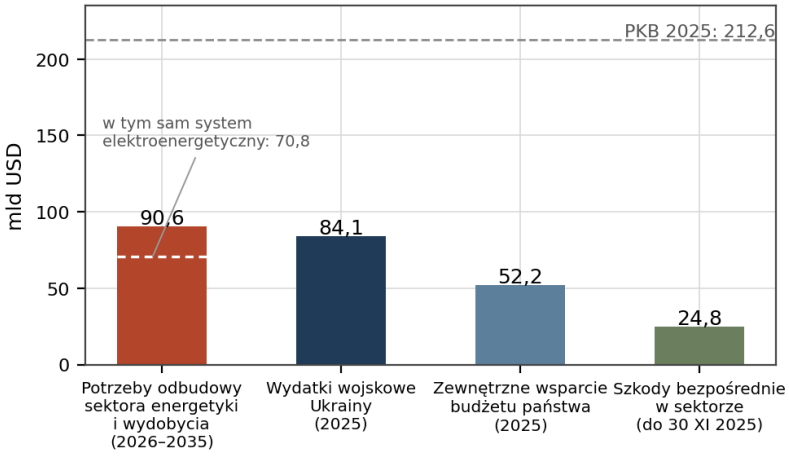
Miarą wypierania, istotniejszą dla hipotezy czwartej niż relacja do produktu krajowego brutto, jest udział wydatków wojskowych w wydatkach państwa. Przedstawia go wykres 7. W 2021 roku wynosił on dla Ukrainy 8,46 procent, w 2025 roku - 62,90 procent. Dla Federacji Rosyjskiej odpowiednie wartości to 10,31 i 19,83 procent. Oznacza to, że blisko dwie trzecie wydatków budżetu państwa idzie na cele wojskowe, wobec czego pytanie o nadwyżkę zdolną sfinansować odbudowę infrastruktury traci przedmiot.



Wykres 7. Wydatki wojskowe jako udział w wydatkach budżetu państwa (2000–2025)
Źródło: Opracowanie własne na podstawie bazy SIPRI (2026a).

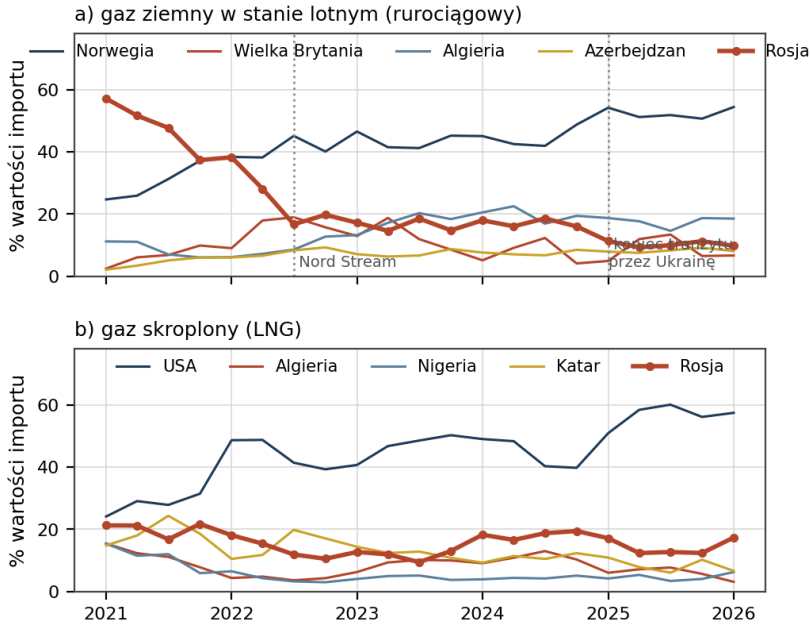
Rachunek przedstawiony na wykresie 8 zestawia potrzeby odbudowy sektora energetyki i wydobycia z zasobami, którymi państwo dysponuje. Potrzeby te wynoszą 90,6 mld USD dla całego sektora energetyki i wydobycia, obejmującego obok elektroenergetyki także ciepłownictwo sieciowe oraz infrastrukturę gazową i naftową; potrzeby odbudowy samego systemu elektroenergetycznego źródło podaje osobno i szacuje na 70,8 mld USD. Wydatki wojskowe w 2025 roku wyniosły 84,1 mld USD, a zewnętrzne wsparcie budżetu państwa w tym samym roku - 52,2 mld USD, w tym 37,9 mld USD z tytułu pożyczek udzielonych przez państwa grupy G7 w ramach mechanizmu opartego na dochodach z zamrożonych aktywów. Produkt krajowy brutto Ukrainy w 2025 roku, wyliczony z danych o wydatkach wojskowych i ich udziale w produkcie, wynosi 212,6 mld USD. Potrzeby odbudowy sektora energetyki i wydobycia, rozłożone na dziesięć lat, stanowią zatem 42,6 procent rocznego produktu i 1,08-krotność rocznych wydatków wojskowych. Wynik ten jest wrażliwy na wybór agregatu: dla samego systemu elektroenergetycznego odpowiednie wielkości wynoszą 33,3 procent produktu i 0,84-krotność wydatków wojskowych, a więc relacja przekroczenia odwraca się. Porównanie ma w obu wariantach charakter skalowy, nie budżetowy.

Grupa trzecia dotyczy przebudowy struktury dostaw energii do Unii Europejskiej. Wykres 9 przedstawia udziały pięciu największych dostawców w pozaunijnym imporcie gazu ziemnego w stanie lotnym oraz gazu skroplonego, w ujęciu kwartalnym od pierwszego kwartału 2021 do pierwszego kwartału 2026 roku. Udziały liczone są od wartości importu.



Wykres 8. Potrzeby odbudowy sektora energetyki i wydobycia wobec wydatków wojskowych, wsparcia zewnętrznego i szkód bezpośrednich (2025)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych RDNA5 (2026a), bazy SIPRI (2026a) oraz karty faktograficznej SIPRI (2026b).
Uwagi: Potrzeby sektora i szkody - RDNA5, tabela 1, s. 17; potrzeby samego systemu elektroenergetycznego - tamże, s. 36, podane w prozie, nie w tabeli. Wsparcie budżetowe - karta faktograficzna, s. 9.



Wykres 9. Udział dostawców w pozaunijnym imporcie gazu do Unii Europejskiej: a) gaz rurociągowy, b) gaz skroplony, ujęcie kwartalne (od I kw. 2021 do I kw. 2026)
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu (2026), karty „Figure 8" i „Figure 10" arkusza danych do artykułu.

Uwagi: Warianty położenia pierwszej granicy podziału na okresy wraz z wartościami granicznymi każdego wariantu zestawiono w zakładce „W9 wrażliwość granic" arkusza kontrolnego.

Oba panele wykresu 9 przedstawiają procesy o odmiennym charakterze. Udział Rosji w imporcie gazu rurociągowego spada z 57,14 procent w pierwszym kwartale 2021 roku do 9,76 procent w pierwszym kwartale 2026, przy czym spadek nie jest ciągły, lecz przebiega dwoma uskokami: pierwszy przypada na trzeci kwartał 2022 roku, drugi na pierwszy kwartał 2025. Daty te odpowiadają wygaszeniu przesyłu gazociągiem Nord Stream oraz zakończeniu tranzytu przez terytorium Ukrainy z dniem 1 stycznia 2025 roku. W tym samym czasie udział Norwegii rośnie z 24,69 do 54,42 procent, a Algierii z 11,18 do 18,52 procent.

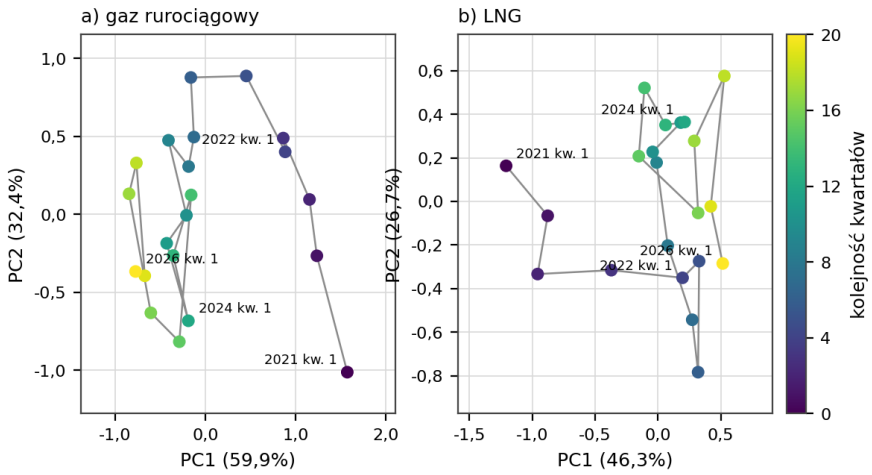
Trwałość tej zmiany widać najlepiej po rozbiciu szeregu na trzy okresy wyznaczone datami obu zdarzeń: od pierwszego kwartału 2021 do drugiego kwartału 2022 (6 obserwacji), od trzeciego kwartału 2022 do czwartego kwartału 2024 (10 obserwacji) oraz od pierwszego kwartału 2025 do pierwszego kwartału 2026 (5 obserwacji). Średni udział rosyjski wynosi w nich odpowiednio 43,38, 17,01 i 10,31 procent. Rozstrzygające jest jednak nie porównanie średnich, lecz to, że przedziały wartości są rozłączne: najniższa wartość okresu pierwszego (28,13 procent) przewyższa najwyższą wartość okresu drugiego (19,74 procent), a najniższa okresu drugiego (14,59 procent) przewyższa najwyższą okresu trzeciego (11,29 procent). Po każdym zerwaniu szereg ustala się na nowym, niższym poziomie i już do poprzedniego nie wraca.

Rozłączność ta zależy jednak od tego, gdzie postawi się pierwszą granicę, i trzeba to odnotować. Przesunięcie jej o kwartał wstecz rozłączności nie narusza - najniższa wartość okresu pierwszego wynosi wówczas 37,35 procent wobec 28,13 procent jako najwyższej wartości okresu drugiego. Narusza ją dopiero przesunięcie o dwa kwartały wstecz (37,35 wobec 38,26 procent) oraz przesunięcie o kwartał w przód (16,69 wobec 19,74 procent). Zawodzi za każdym razem granica pierwsza; druga pozostaje rozłączna we wszystkich wariantach. Usunięcie dowolnej pojedynczej obserwacji rozłączności nie narusza. Granica druga, wyznaczona zakończeniem tranzytu z dniem 1 stycznia 2025 roku, wątpliwości nie budzi, ponieważ jest zdarzeniem jednodniowym. Pierwsza opisuje proces, nie zdarzenie, a etykieta okresu odnosi się do stanu formalnego przesyłu, nie do stanu struktury dostaw - w drugim kwartale 2022 roku udział rosyjski wynosi już 28,13 procent wobec 57,14 rok wcześniej.

Obraz rynku gazu skroplonego jest odmienny. Udział Rosji wynosi 21,22 procent w pierwszym kwartale 2021 roku i 17,31 procent w pierwszym kwartale 2026, po drodze osiągając 19,41 procent w czwartym kwartale 2024. Główna zmiana na tym rynku polega natomiast na wzroście udziału Stanów Zjednoczonych z 24,08 do 57,44 procent, kosztem Algierii, Nigerii i Kataru. Przebudowa rynku gazu skroplonego dokonuje się zatem, lecz nie jest przebudową odchodzącą od dostawcy rosyjskiego.

Ten sam podział szeregu, przeniesiony na gaz skroplony, rozstrzygnięcia nie przynosi. Wyznaczają go zdarzenia z rynku gazu rurociągowego, które dla tego nośnika nie mają oczywistego znaczenia, a średnie okresowe - 19,04, 14,22 i 14,35 procent - układają się w jeden spadek, po którym poziom pozostaje płaski, przy przedziałach wartości nachodzących na siebie. Rozbicie to przytacza się jako ilustrację, nie jako sprawdzenie hipotezy trzeciej dla tego nośnika.

Sprawdzenia dostarcza metoda właściwa dla danych kompozycyjnych. Udziały pięciu dostawców domknięto do jedności, poddano transformacji log-ilorazowej centrowanej, a następnie analizie składowych głównych. Wyniki przedstawia wykres 10. Dla gazu rurociągowego pierwsza składowa wyjaśnia 59,9 procent wariancji, dwie pierwsze łącznie 92,3 procent, a ładunek Rosji na pierwszej składowej wynosi 0,883 i jest z nich największy co do wartości bezwzględnej - pierwsza składowa jest zatem przede wszystkim miarą udziału rosyjskiego w strukturze dostaw. To, że pozostałe ładunki są ujemne, nie stanowi osobnego argumentu: w transformacji log-ilorazowej centrowanej ładunki każdej składowej sumują się do zera z konstrukcji, wobec czego dodatniemu ładunkowi jednego dostawcy muszą towarzyszyć ujemne ładunki pozostałych, niezależnie od tego, co dzieje się w danych. Informatywna pozostaje wyłącznie względna wielkość ładunków. Dla gazu skroplonego pierwsza składowa wyjaśnia 46,3 procent wariancji, jest zdominowana przez Stany Zjednoczone (ładunek 0,824), a ładunek Rosji wynosi 0,070, czyli jest bliski zeru.



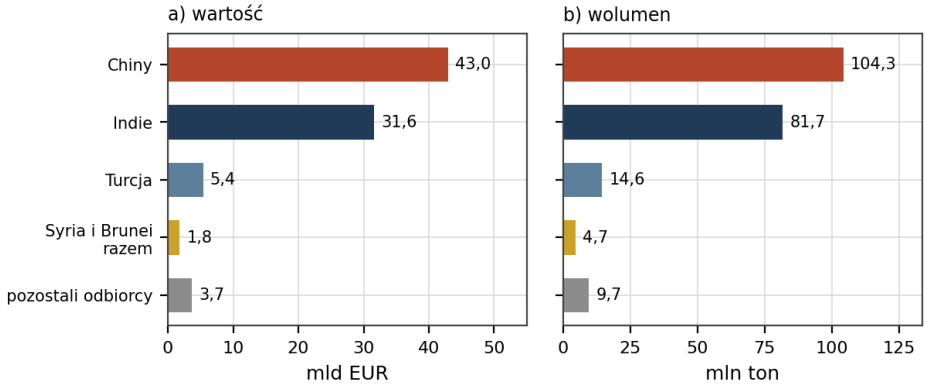
Wykres 10. Trajektoria struktury dostaw w przestrzeni dwóch pierwszych składowych głównych danych kompozycyjnych: a) gaz rurociągowy, b) gaz skroplony (od I kw. 2021 do I kw. 2026)
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu (2026), karty „Figure 8" i „Figure 10" arkusza danych do artykułu.
Uwagi: Transformacja log-ilorazowa centrowana. Rysunek przedstawia położenie kwartałów w przestrzeni dwóch pierwszych składowych, nie zaś ładunki zmiennych; komplet ładunków dla trzech pierwszych składowych obu nośników, wraz z udziałami wariancji, zestawiono w zakładce „W10 ladunki PCA" arkusza kontrolnego.

Sformułowanie musi być jednak ostrożniejsze, niż wynikałoby z dwóch pierwszych składowych. Ładunek Rosji jest bliski zeru również na drugiej składowej (0,051), natomiast na trzeciej wynosi 0,314 i jest tam trzecim co do wielkości; składowa ta wyjaśnia 19,9 procent wariancji, a więc nie jest wielkością pomijalną. Poprawne stwierdzenie brzmi zatem: dwie główne osie zmienności struktury dostaw gazu skroplonego, obejmujące łącznie 73,0 procent wariancji, są wobec udziału rosyjskiego niemal ortogonalne, a zmienność związana z tym udziałem ujawnia się dopiero na osi trzeciej. Dla gazu rurociągowego relacja jest odwrotna - tam udział rosyjski wyznacza oś pierwszą. Przebudowa architektury dostaw jest zatem asymetryczna względem nośnika: na rynku gazu skroplonego nie jest ona zjawiskiem głównym, lecz pobocznym, co jest twierdzeniem słabszym niż brak związku.

Trwałość zmiany ilustruje dodatkowo miara odległości. Odległość Aitchisona struktury dostaw każdego kwartału od centroidu roku 2021, przyjętego za stan sprzed inwazji, rośnie po kolejnych zerwaniach. W promieniu wyznaczonym przez obserwacje roku bazowego mieści się spośród kwartałów późniejszych wyłącznie pierwszy kwartał 2022 roku, obejmujący 36 dni wojny na 90 dni okresu; żaden kwartał po nim nie wraca do tego przedziału. Dla gazu skroplonego w promieniu tym nie mieści się żaden kwartał późniejszy, co przy braku spadku udziału rosyjskiego wskazuje, że struktura dostaw tego nośnika zmieniła się z innych przyczyn. Wielkości te zestawiono w zakładce „W10 odleglosci Aitchisona" arkusza kontrolnego; ponieważ próg odniesienia opiera się na czterech obserwacjach roku bazowego, traktowane są tu jako ilustracja, nie jako samodzielny argument.

Ostatnim elementem analizy jest druga strona przebudowy: kierunek, w którym popłynął surowiec wycofany z rynku europejskiego. Wykres 11 przedstawia eksport ropy naftowej z Rosji według odbiorcy w czwartym roku pełnoskalowej inwazji, jednocześnie w ujęciu wartościowym i wolumenowym.

Trzej najwięksi odbiorcy - Chiny, Indie i Turcja - przyjęli 201 mln ton ropy o wartości 79,7 mld EUR, czyli 93 procent całego rosyjskiego eksportu tego surowca. Dwa największe nowe rynki, Syria i Brunei, przyjęły łącznie 4,7 mln ton o wartości 1,8 mld EUR; źródło podaje tę wielkość zbiorczo dla obu państw. Same Chiny przyjęły ropę o wartości 43,0 mld EUR, czyli 50,3 procent wartości całego eksportu, Indie zaś o wartości 31,6 mld EUR, czyli 37,0 procent. Cały eksport ropy naftowej z Rosji wyniósł w tym okresie 215 mln ton o wartości 85,5 mld EUR. Dla porównania, cały import paliw kopalnych z Rosji do Unii Europejskiej wyniósł w tym samym okresie 14,5 mld EUR, a więc nieco ponad jedną trzecią tego, co Chiny zapłaciły za samą ropę naftową.



Wykres 11. Eksport ropy naftowej z Rosji według odbiorcy w czwartym roku pełnoskalowej inwazji: a) wartość, b) wolumen (od marca 2025 do lutego 2026)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CREA (2026, s. 4-5 i 8-9).

Uwagi: Źródło agreguje dane w miesiącach i określa okres wyłącznie jako czwarty rok pełnoskalowej inwazji, bez podania dat dziennych; przyjęte tu ramy miesięczne są najbliższym możliwym odwzorowaniem. Wartości dla lutego 2026 roku są prognozą modelu wygładzania wykładniczego, nie obserwacją (tamże, s. 32).

Zestawienie panelu wartościowego z wolumenowym pozwala na obserwację, która wymaga jednak ostrożności. Iloraz wartości do wolumenu wynosi około 412 EUR za tonę dla Chin, 387 dla Indii i 370 dla Turcji; dla pozycji zbiorczych, obejmujących więcej niż jedno państwo, ilorazu tego nie podano, ponieważ traci on porównywalność. Nie są to ceny: różnią się warunki dostawy, gatunki ropy i sposób ujmowania frachtu, a źródło osobno omawia rabaty cenowe wymuszone sankcjami. Wielkości te potraktowano wyłącznie jako obliczenie własne o charakterze porównawczym wewnątrz jednego zbioru, nie jako miarę cen transakcyjnych.

Ustalenie to uzupełnia obraz wynikający z części europejskiej. Wycofanie się Unii Europejskiej z zakupu rosyjskiego gazu rurociągowego, wykazane na wykresach 9 i 10, nie oznacza, że rosyjski eksport surowców energetycznych uległ zatrzymaniu. Ropa naftowa stanowi 44,3 procent wartości całego rosyjskiego eksportu paliw kopalnych (obliczenie własne: 85,5 wobec 193 mld EUR), a jej strumień został skierowany na rynki azjatyckie. Jednocześnie źródło odnotowuje, że łączne przychody z eksportu paliw kopalnych wyniosły 193 mld EUR, wobec 14,5 mld EUR wydanych na nie przez państwa Unii Europejskiej, i były o 27 procent niższe niż przed pełnoskalową inwazją - przekierowanie odtworzyło zatem wolumeny, lecz nie poziom przychodów.

Podsumowanie

Celem rozdziału było ustalenie, czy erozja ukraińskiego systemu energetycznego przebiega kumulatywnie, oraz czy zmiana struktury dostaw energii do Unii Europejskiej ma charakter trwały. Analiza objęła dane o uderzeniach w infrastrukturę, o szkodach i potrzebach odbudowy, o wydatkach wojskowych oraz o strukturze importu energii.

Pierwsza hipoteza znalazła potwierdzenie. Zdolność wytwórcza spadła z około 38 GW przed inwazją do poziomu poniżej 10 GW latem 2024 roku, a odbudowa międzysezonowa podniosła ją jedynie do około 11 GW przy zapotrzebowaniu zimowym rzędu 18 GW. Ubytek wynosi co najmniej 73,7 procent i nie daje się przypisać pojedynczemu zdarzeniu; odbudowa procesu nie odwraca, lecz go spowalnia.

Druga hipoteza została odrzucona. Mediana ilorazu strat do szkód jest w sektorach infrastruktury sieciowej niższa, nie wyższa, niż w pozostałych (1,85 wobec 6,60), przy przedziałach nachodzących na siebie. Wynik podważa oczekiwanie sformułowane w części trzeciej na podstawie teorii współzależności infrastruktur, nie zaś twierdzenie tej teorii - sama teoria przewidywań co do wielkości tego ilorazu nie formułuje. Wymaga to wyjaśnienia, którego rozdział nie dostarcza. Wskazać można natomiast obserwację o charakterze eksploracyjnym, wymagającą weryfikacji na kolejnej edycji oceny szkód: sektor energetyki i wydobycia jest jedynym należącym do pierwszej trójki jednocześnie według szkód, strat i potrzeb odbudowy. To stabilność pozycji, a nie wysokość ilorazu, wyróżnia ten sektor.

Trzecia hipoteza znalazła potwierdzenie. Udziały Rosji w imporcie gazu rurociągowego w trzech okresach wyznaczonych datami zdarzeń zewnętrznych tworzą przedziały rozłączne. Siłę tego potwierdzenia ogranicza jedna okoliczność: rozłączność nie jest odporna na przesunięcie pierwszej granicy o kwartał w przód ani o dwa kwartały wstecz, choć uporządkowanie średnich okresowych pozostaje we wszystkich wariantach bez zmian. Potwierdzenie obejmuje ponadto wyłącznie gaz rurociągowy. Dla gazu skroplonego udział rosyjski w 2026 roku pozostaje na poziomie zbliżonym do 2024 roku i wyższym niż w 2023, a dwie główne osie zmienności struktury dostaw są wobec tego udziału niemal ortogonalne. Wniosek o trwałej przebudowie architektury dostaw jest zatem prawdziwy dla jednego nośnika, a dla drugiego dotyczy innego dostawcy - rozróżnienie to nie jest szczegółem technicznym, lecz istotą ustalenia.

Czwarta hipoteza znalazła potwierdzenie warunkowe. Potrzeby odbudowy sektora energetyki i wydobycia wynoszą 90,6 mld USD i przewyższają roczne wydatki wojskowe Ukrainy (84,1 mld USD), stanowiąc 42,6 procent produktu krajowego

brutto; wydatki wojskowe pochłaniają 62,90 procent wydatków budżetu państwa, wobec czego nadwyżka budżetowa zdolna sfinansować odbudowę nie istnieje. Wielkość ta obejmuje jednak obok elektroenergetyki także ciepłownictwo sieciowe oraz infrastrukturę gazową i naftową; dla samego systemu elektroenergetycznego źródło podaje 70,8 mld USD, przy czym relacja do wydatków wojskowych wynosi wówczas 0,84 i teza o przekroczeniu przestaje obowiązywać. Rozstrzygnięcie zależy zatem od przyjętej granicy sektora, nie od dokładności pomiaru. Zewnętrzne wsparcie budżetu wyniosło w 2025 roku 52,2 mld USD (SIPRI, 2026b, s. 9) i zostało przeznaczone na bieżące funkcjonowanie państwa. Wniosek jest rachunkowy; jego ograniczeniem jest to, że potrzeby rozłożono na dziesięć lat, a wydatki wojskowe podano dla jednego roku - porównanie jest skalowe, nie budżetowe.

Osobno omówić trzeba dwa pytania, których nie wyrażono w postaci hipotez. Pierwsze dotyczy kierunku, w którym skierowano surowiec wycofany z rynku europejskiego. Odpowiedź jest jednoznaczna: Chiny, Indie i Turcja przyjęły 93,6 procent wartości i 93 procent wolumenu rosyjskiego eksportu ropy naftowej. Przekierowanie odtworzyło wolumeny, nie odtworzyło natomiast przychodów. Wycofanie się odbiorcy europejskiego zmieniło zatem strukturę odbiorców i warunki cenowe, nie zaś sam fakt zbytu.

Drugie dotyczy zasięgu uderzeń poza system elektroenergetyczny. Liczba zweryfikowanych uderzeń w infrastrukturę kolejową i portową rośnie szybciej niż w system elektroenergetyczny, co wskazuje, że uderzenia rozszerzają się na infrastrukturę transportową. Ustalenia tego nie wyrażono w postaci hipotezy, lecz wyznacza ono kierunek, w którym analizę należałoby rozszerzyć. Podobny status mają dane o następstwach dla ludności: długość wyłączeń, liczba gospodarstw domowych pozbawionych zasilania i deklarowane zamiary powrotu wiążą wymiar energetyczny z humanitarnym, podejmując lukę wskazaną w odrębnym rozdziale, lecz w niniejszym rozdziale służą umiejscowieniu problemu, nie zaś weryfikacji twierdzeń.

Wartość poznawcza rozdziału polega przede wszystkim na wykazaniu, że dwa procesy zwykle opisywane łącznie - niszczenie infrastruktury energetycznej Ukrainy i przebudowa dostaw w Europie - podlegają odmiennym prawidłowościom, a ich zestawianie jako dwóch stron jednego zjawiska zaciera różnicę między erozją kumulatywną a przesunięciem strukturalnym. Drugim ustaleniem jest wykazanie asymetrii między nośnikami, wielokrotnie pomijanej w opisach zakładających jednolitą tendencję odchodzenia od dostaw rosyjskich. Trzecim - negatywny wynik dotyczący sektorów sieciowych, który podważa rozpowszechnione założenie, że straty pośrednie rosną wraz z sieciowością infrastruktury.

Uzyskane wyniki trzeba interpretować ostrożnie. Zbiory danych są małe, a wnioskowanie oparte na zestawieniach opisowych. Dane o uderzeniach są dolnymi ograniczeniami i pochodzą z warunków weryfikacji odmiennych po obu stronach linii frontu. Wartości szkód i potrzeb są szacunkami obarczonymi niepewnością, której źródło nie kwantyfikuje. Odnotować trzeba sposób, w jaki potraktowano dane o przekierowaniu eksportu. Zestawienie dostępne w opracowaniu wtórnym nie zawierało odczytywalnych wartości liczbowych, wobec czego zastąpiono je danymi instytucji, która je wytwarza. Cena tego rozwiązania jest jednak realna: dane pierwotne obejmują czwarty rok inwazji, a nie okres skumulowany od jej początku, są wyrażone w euro, a nie w dolarach, i dotyczą samej ropy naftowej, a nie wszystkich paliw kopalnych. Wykres 11 nie jest zatem odpowiednikiem zestawienia pierwotnie rozważanego, lecz odrębnym ujęciem o węższym zakresie. Ponadto jeden z dwunastu miesięcy tego okresu - luty 2026 roku - nie jest obserwacją, lecz prognozą modelu szeregów czasowych, co źródło podaje wprost.

Ograniczenia te wyznaczają zarazem kierunki dalszych badań. Pierwszym jest zbudowanie ciągłego szeregu zdolności wytwórczej w ujęciu miesięcznym, co pozwoliłoby zastąpić czteropunktowe porównanie właściwą analizą procesu odtwarzania i oszacować tempo naprawy w relacji do tempa niszczenia. Drugim jest zbadanie, od czego zależy iloraz strat do szkód - hipoteza o roli udziału sektora w wartości dodanej i czasu przerwy w świadczeniu usługi daje się sprawdzić na danych o rachunkach narodowych. Trzecim jest rozszerzenie analizy kompozycyjnej na ropę naftową i produkty naftowe, gdzie mechanizm przekierowania dostaw działa odmiennie niż w przypadku gazu ze względu na brak ograniczeń infrastrukturalnych właściwych przesyłowi rurociągowemu. Czwartym wreszcie jest sprawdzenie, czy stabilność pozycji sektora energetyki i wydobycia we wszystkich trzech uporządkowaniach sektorowych utrzyma się w kolejnej edycji oceny szkód - obserwacja ta została sformułowana po obejrzeniu danych i dopóty pozostaje przypuszczeniem, dopóki nie zostanie zweryfikowana na materiale niezależnym.

Bibliografia

Aitchison, J. (1982). The statistical analysis of compositional data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), 44*(2), 139–160. https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1982.tb01195.x

Cherp, A., & Jewell, J. (2014). The concept of energy security: Beyond the four As. *Energy Policy, 75*, 415–421. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005

Deger, S., & Smith, R. (1983). Military expenditure and growth in less developed countries. *The Journal of Conflict Resolution, 27*(2), 335-353. http://www.jstor.org/stable/173707

Dunne, J. P., & Tian, N. (2013). Military expenditure and economic growth: A survey. *The Economics of Peace and Security Journal, 8*(1), 5-11. https://doi.org/10.15355/epsj.8.1.5

Farrell, H., & Newman, A. L. (2019). Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion. *International Security, 44*(1), 42–79. https://doi.org/10.1162/isec_a_00351

Hirschman, A. O. (1945). *National power and the structure of foreign trade*. University of California Press.

Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., & Kelly, T. K. (2001). Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine, 21*(6), 11–25. https://doi.org/10.1109/37.969131

Yergin, D. (2006). Ensuring energy security. *Foreign Affairs, 85*(2), 69–82. https://doi.org/10.2307/2003191

Źródła danych

Bank Światowy, rząd Ukrainy, Komisja Europejska i Organizacja Narodów Zjednoczonych (RDNA5). (2026a, luty). *Ukraine: Fifth rapid damage and needs assessment (RDNA5), February 2022 to December 2025*.

HRMMU. (2026, 29 czerwca). *Attacks against Ukraine's energy infrastructure and update on the human rights situation in Ukraine, 1 December 2025 to 31 May 2026*. Misja Monitorująca Prawa Człowieka w Ukrainie, Biuro Wysokiego Komisarza Narodów Zjednoczonych do spraw Praw Człowieka.

Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA). (2026, 24 lutego). *Fourth year of full-scale invasion: Russian fossil fuel revenues tank to 27% below pre-invasion levels*.

Eurostat. (2026). *EU imports of energy products - latest developments*. Statistics Explained; dane pobrane w czerwcu 2026 roku, wersja artykułu z 9 lipca 2026 roku. Udziały partnerów pochodzą z kart „Figure 8" i „Figure 10" arkusza danych dołączonego do artykułu. Eurostat zastrzega, że część wartości poddano estymacji dla ochrony danych poufnych i że wielkości tych nie da się odtworzyć z baz Eurostatu ani odnaleźć w innych publikacjach; odtworzenie udziałów z wykresu 9 wymaga zatem tego konkretnego arkusza.

Sztokholmski Międzynarodowy Instytut Badań nad Pokojem (SIPRI). (2026a, 27 kwietnia). *SIPRI Military Expenditure Database*, edycja 2026.

Sztokholmski Międzynarodowy Instytut Badań nad Pokojem (SIPRI). (2026b, 27 kwietnia). *Trends in world military expenditure, 2025*. Karta faktograficzna.

ENERGY AND INFRASTRUCTURE SECURITY IN UKRAINE AND THE RESTRUCTURING OF EUROPEAN ENERGY SUPPLY

Abstract: This chapter asks whether the erosion of Ukraine's power system follows a cumulative rather than an episodic path, and whether the reorientation of gas supply to the European Union constitutes a durable structural change rather than a transitory disturbance. The empirical basis comprises data from the Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights on strikes against energy facilities, the World Bank's fifth Rapid Damage and Needs Assessment, the SIPRI military expenditure database in its April 2026 edition, and quarterly Eurostat data on the structure of energy imports. Four measurements of generating capacity indicate that inter-seasonal repair does not restore the level preceding the loss of capacity, the gain being smaller than the loss by an order of magnitude. Analysis of quarterly series, supplemented by principal component analysis of compositional data, shows that Russian shares in pipeline gas imports across three externally dated periods form disjoint ranges, although this disjointness is not robust to moving the first boundary one quarter later. No comparable decline is found for liquefied natural gas; the restructuring is thus established for pipeline gas, while for LNG it concerns a different supplier. The hypothesis of a higher loss-to-damage ratio in network sectors was rejected. Reconstruction needs for the energy and extractives sector (US$90.6 billion) exceed Ukraine's annual military expenditure, but for the power system alone (US$70.8 billion) the relation reverses, so the verdict depends on where the sector boundary is drawn.

Keywords: energy security, critical infrastructure, Russian-Ukrainian war, military burden, compositional data, reconstruction of Ukraine, European Union gas supply.

Jacek Janusz Mrozek

dr hab., prof. UWM, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
e-mail: jacek.mrozek@uwm.edu.pl
ORCID: 0000-0002-7260-3308

BEZPIECZEŃSTWO HUMANITARNE I SEKTOROWE UKRAINY W WARUNKACH WOJNY: ZDROWIE, ŻYWNOŚĆ, INFRASTRUKTURA KRYTYCZNA

Streszczenie: Rozdział bada, czy natężenie zagrożeń dla ludności cywilnej Ukrainy słabnie po pierwszym roku pełnoskalowej inwazji. Podstawę empiryczną stanowi pięćdziesięciotrzymiesięczna ewidencja strat cywilnych, uzupełniona danymi o atakach na ochronę zdrowia, zagrożeniu minowym, niedostatku żywności oraz wartości zniszczeń w podziale sektorowym. Wykazano, że przebieg strat nie ma charakteru wygasającego: po minimum przypadającym na rok 2023 następuje odbicie, a pierwsze półrocze 2026 przynosi poziom o 37 procent wyższy niż w tym samym okresie rok wcześniej, rosnący w każdym kolejnym miesiącu. Segmentacja szeregu wyodrębniła przebieg schodkowy o czterech poziomach, przy czym dwie z trzech wyznaczonych granic okazały się odporne na zmianę założeń. Równocześnie zmienia się charakter przemocy: stosunek liczby rannych do liczby zabitych rośnie monotonicznie z 1,50 w 2022 roku do 4,78 w 2025 i 5,71 w pierwszym półroczu 2026, a jego wartość różni się blisko dwukrotnie po obu stronach linii frontu. Broń o szerokim zasięgu odpowiada za 93,2 procent ofiar zarejestrowanych do maja 2025 roku, miny i niewybuchy za dalszych 442 zabitych. Zdarzenia minowe fazy pełnoskalowej wojny przyniosły więcej zabitych niż niemal osiem wcześniejszych lat konfliktu. Wartość zniszczeń rozkłada się między sektory silnie nierównomiernie. Hipoteza o wspólnej dynamice ataków na ochronę zdrowia i strat cywilnych potwierdziła się jedynie częściowo. Zainteresowanie konfliktem w wyszukiwarce internetowej opada natomiast wtedy, gdy natężenie strat rośnie.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo humanitarne, wojna rosyjsko-ukraińska, ofiary cywilne, ataki na ochronę zdrowia, bezpieczeństwo żywnościowe, infrastruktura krytyczna, wykrywanie punktów zmiany.

Wprowadzenie

Pełnoskalowa inwazja Federacji Rosyjskiej na Ukrainę trwa czwarty rok. W debacie publicznej utrwaliło się przekonanie, że po dramatycznych pierwszych miesiącach konflikt wszedł w fazę wyczerpania, w której poziom zagrożenia dla ludności cywilnej ustabilizował się na poziomie niższym niż w roku 2022. Przekonanie to znajduje pozorne potwierdzenie w danych zbiorczych: skumulowana liczba ofiar rośnie coraz wolniej, a największe pojedyncze wartości miesięczne pochodzą z wiosny 2022 roku. Dane o wyższej rozdzielczości czasowej prowadzą jednak do wniosku odmiennego.

Zagadnienie to ma znaczenie wykraczające poza dokumentację przebiegu działań zbrojnych: ocena, czy zagrożenie słabnie, czy narasta, warunkuje decyzje o skali pomocy humanitarnej, o kierunkach odbudowy oraz o zasadności powrotów ludności.

Badania nad humanitarnymi następstwami wojen porządkuje od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku koncepcja bezpieczeństwa humanitarnego, przenosząca punkt odniesienia analiz z państwa na jednostkę (UNDP, 1994; Paris, 2001). Konflikt ukraiński wyróżnia się na tle wcześniejszych przypadków dostępnością danych publikowanych w cyklu miesięcznym, co pozwala nie tylko opisać przebieg zjawiska, lecz także sprawdzić, czy metody automatycznej segmentacji szeregów czasowych odtworzą fazy konfliktu bez odwołania do wiedzy historycznej. Dotychczasowe opracowania koncentrują się zwykle na pojedynczych wymiarach zjawiska, rzadziej zestawiając je ze sobą w poszukiwaniu wspólnej dynamiki czasowej; rozdział stara się wypełnić tę lukę.

Celem rozdziału jest ustalenie, w jaki sposób zmienia się w czasie natężenie i charakter zagrożeń dla ludności cywilnej Ukrainy, oraz wskazanie, które wymiary bezpieczeństwa uległy erozji w największym stopniu.

Tak sformułowany cel prowadzi do sześciu pytań badawczych. Po pierwsze, czy natężenie strat cywilnych po roku 2022 ma przebieg wygasający, czy też cykliczny. Po drugie, czy zmienia się dominujący typ przemocy wobec ludności cywilnej i za pomocą jakiej miary można tę zmianę uchwycić. Po trzecie, czy natężenie ataków na infrastrukturę ochrony zdrowia współzmienia się z ogólnym poziomem strat cywilnych. Po czwarte, czy metody segmentacji szeregów czasowych i analizy skupień, pozbawione informacji o kontekście historycznym, samodzielnie wyznaczą granice faz konfliktu. Po piąte, jak rozkłada się wartość zniszczeń między sektorami warunkującymi poszczególne wymiary bezpieczeństwa. Po szóste, czy natężenie zagrożeń odpowiada poziomowi zainteresowania konfliktem wśród odbiorców zewnętrznych.

Na podstawie przeglądu literatury sformułowano cztery hipotezy badawcze:

H1. Szereg miesięcznych strat cywilnych nie ma przebiegu wygasającego: po okresie względnego spadku następuje ponowny wzrost natężenia.
H2. Wraz z upływem czasu rośnie stosunek liczby rannych do liczby zabitych, co odzwierciedla zmianę dominującego typu przemocy, nie zaś poprawę skuteczności ochrony ludności.
H3. Natężenie ataków na infrastrukturę ochrony zdrowia podlega tej samej dynamice czasowej co ogólny poziom strat cywilnych.
H4. Rozkład wartości zniszczeń między sektorami jest skrajnie skoncentrowany, przy czym trzy sektory o największych szkodach odpowiadają za ponad sześćdziesiąt procent łącznej wartości.

Podstawę empiryczną rozdziału stanowią dane wtórne z bazy Statisty, agregującej zestawienia organizacji międzynarodowych, w tym Biura Wysokiego Komisarza Narodów Zjednoczonych do spraw Praw Człowieka, Światowej Organizacji Zdrowia i Światowego Programu Żywnościowego; wybór tego źródła podyktowany był ujednoliconą postacią zestawień i porównywalnością szeregów. Dwa zbiory zaczerpnięto bezpośrednio ze źródeł pierwotnych: miesięczne straty cywilne z comiesięcznych raportów Misji Monitorującej Prawa Człowieka w Ukrainie (HRMMU, 2026), obejmujących 53 miesiące, oraz szkody sektorowe z piątej szybkiej oceny szkód i potrzeb (RDNA5, 2026a). Sumy roczne wyznaczone z danych miesięcznych zgadzają się co do jednostki z wartościami podanymi przez instytucję. Analiza obejmuje okres od lutego 2022 do czerwca 2026 roku, przy czym poszczególne szeregi kończą się w różnych momentach, co odnotowano przy każdym z nich. Zastosowano segmentację szeregu czasowego metodą podziału binarnego, nawiązującą do rodziny algorytmów wykrywania punktów zmiany (Killick i in., 2012; Truong i in., 2020), analizę skupień metodą k-średnich (MacQueen, 1967) na zmiennych standaryzowanych, przedstawioną w przestrzeni składowych głównych (Jolliffe, 2002), analizę korelacji, uzupełnioną korelacją cząstkową przy kontroli trendu czasowego, regresję wielomianową i liniową oraz miary koncentracji rozkładu.

Część druga omawia bezpieczeństwo humanitarne jako kategorię analityczną oraz problem pomiaru zagrożeń dla ludności cywilnej, część trzecia - przemoc wymierzoną w infrastrukturę cywilną, ze szczególnym uwzględnieniem ochrony zdrowia, część czwarta - bezpieczeństwo żywnościowe i wodne. Część piąta przedstawia metody, ograniczenia danych i wyniki badań własnych oparte na dwunastu wizualizacjach. Rozdział zamyka podsumowanie z weryfikacją hipotez i wskazaniem kierunków dalszych badań.

Bezpieczeństwo humanitarne jako kategoria analityczna

Klasyczne ujęcia bezpieczeństwa przyjmowały za przedmiot ochrony państwo, jego terytorium i suwerenność. Przewrót pojęciowy dokonany w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku przeniósł punkt odniesienia na jednostkę ludzką. Raport o rozwoju społecznym Programu Narodów Zjednoczonych do spraw Rozwoju wyodrębnił siedem składowych bezpieczeństwa człowieka: ekonomiczną, żywnościową, zdrowotną, środowiskową, osobistą, wspólnotową i polityczną (UNDP, 1994). Rozróżnienie to okazało się trwałe i do dziś porządkuje badania nad następstwami konfliktów zbrojnych.

Koncepcja od początku budziła zastrzeżenia. Paris (2001) wykazał, że jej zakres pojęciowy pozostaje nieostry, a rozciągnięcie kategorii bezpieczeństwa na wszystkie zagrożenia dobrostanu jednostki grozi utratą wartości analitycznej pojęcia. Zarzut ten zachowuje aktualność, prowadzi jednak do wniosku metodologicznego, nie zaś do odrzucenia koncepcji: użyteczność kategorii bezpieczeństwa humanitarnego zależy od tego, czy poszczególne jej wymiary poddają się odrębnemu pomiarowi. Wymiar zdrowotny, żywnościowy i osobisty dysponują dziś wskaźnikami operacyjnymi, wymiar wspólnotowy i polityczny znacznie słabszymi.

Spór o zakres pojęcia przybrał postać rozróżnienia między ujęciem szerokim, obejmującym wszystkie zagrożenia dobrostanu jednostki, a wąskim, ograniczonym do przemocy zorganizowanej. Dla badań nad konfliktem użyteczniejsze jest drugie, pozwala bowiem oddzielić następstwa wojny od procesów przebiegających niezależnie od niej; w konflikcie przewlekłym to jednak wymiary pozamilitarne decydują o zdolności ludności do pozostania na danym obszarze. Podstawy teoretycznej dostarczyło tej perspektywie rozszerzenie przedmiotu badań bezpieczeństwa poza sferę militarną (Buzan i in., 1998).

Odrębny nurt refleksji dotyczy zmian w charakterze samych konfliktów. Kaldor (2012) wskazała, że wojny współczesne coraz częściej toczą się nie o zajęcie terytorium przeciwnika, lecz o kontrolę nad ludnością, w związku z czym ludność cywilna przestaje być stroną postronną, a staje się przedmiotem oddziaływania. Konsekwencją tego przesunięcia jest wzrost udziału ofiar cywilnych w ogólnym bilansie strat oraz rosnące znaczenie przemocy wymierzonej w warunki życia, nie zaś wyłącznie w ludzi.

Pomiar zagrożeń dla ludności cywilnej napotyka jednak trudności systematyczne. Zbiory rejestrujące zdarzenia zbrojne obarczone są niedoraportowaniem o zróżnicowanym rozkładzie przestrzennym: obszary objęte intensywnymi walkami lub pozostające poza kontrolą władz są reprezentowane słabiej niż obszary dostępne dla

obserwatorów (Weidmann, 2015, 2016). Ustalenia te dotyczą wprawdzie zbiorów budowanych na doniesieniach medialnych, podczas gdy wykorzystana w niniejszym badaniu ewidencja OHCHR opiera się na indywidualnej weryfikacji przypadków; mechanizm powstawania luki jest zatem odmienny - wynika z ograniczeń dostępu i z rygoru potwierdzania - lecz jej kierunek pozostaje ten sam. Wartości raportowane należy zatem traktować jako oszacowanie dolne, a wnioski o zmianie natężenia w czasie formułować ostrożnie, ponieważ zmianie mogła podlegać nie tylko rzeczywistość, lecz także zdolność do jej rejestrowania.

Trudność ta nie unieważnia jednak porównań wewnętrznych. Jeżeli metodyka rejestracji pozostaje w przybliżeniu stała, zmiany wzajemnych proporcji między kategoriami strat pozostają informatywne nawet wtedy, gdy poziom bezwzględny jest zaniżony. Właśnie na tym spostrzeżeniu opiera się miara zastosowana w dalszej części rozdziału.

Przemoc wobec infrastruktury cywilnej i sektora ochrony zdrowia

Odrębnym przedmiotem badań stała się przemoc wymierzona nie w ludzi bezpośrednio, lecz w materialne warunki ich egzystencji. Pojęcie urbicydu, obejmujące celowe niszczenie tkanki miejskiej jako sposobu prowadzenia wojny, funkcjonuje w publicystyce urbanistycznej od lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku (Huxtable, 1968), a do refleksji nad wojnami na Bałkanach przeniesiono je w latach dziewięćdziesiątych. Systematycznego opracowania teoretycznego dostarczył mu Coward (2009). Zniszczenie budynku mieszkalnego, szkoły czy ujęcia wody nie tylko powoduje straty doraźne, lecz także pozbawia wspólnotę zdolności do trwania w danym miejscu. Tezę o sieciowym charakterze miasta, w którym punktowe uszkodzenie infrastruktury technicznej wywołuje skutki nieproporcjonalnie rozległe, rozwinęli Graham i Marvin (2001), a do problematyki konfliktu zbrojnego przeniesiono ją w tomie pod redakcją Grahama (2004).

Szczególne miejsce zajmuje w tej refleksji sektor ochrony zdrowia. Rubenstein i Bittle (2010) wykazali, że ataki na personel medyczny, placówki i transport sanitarny stały się regularnym elementem konfliktów zbrojnych mimo jednoznacznego zakazu prawnomiędzynarodowego, a systematyczna rejestracja tych naruszeń przez długi czas w ogóle nie istniała. Wnioskiem praktycznym z ich pracy było utworzenie mechanizmów monitorujących, w tym systemu nadzoru prowadzonego przez Światową Organizację Zdrowia, którego dane wykorzystano w niniejszym badaniu.

Skutki takich ataków wykraczają daleko poza straty bezpośrednie: uszkodzenie placówki ogranicza dostęp do opieki dla całej populacji obszaru, a personel medyczny

opuszcza tereny narażone, co utrwala to ograniczenie na wiele lat po ustaniu działań zbrojnych. Następstwa wtórne uznaje się w literaturze za trudniejsze do oszacowania niż bezpośrednie, a zarazem rozleglejsze.

Podatność ludności na ten rodzaj oddziaływania zależy w znacznym stopniu od struktury osadniczej. Ukraina należy do państw silnie zurbanizowanych: udział ludności miejskiej wynosił w 2024 roku 69,53 procent i utrzymuje się na zbliżonym poziomie od połowy lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku (Bank Światowy, b.d.). Przeszło dwie trzecie mieszkańców skupia się zatem na obszarach, gdzie gęstość zabudowy i współzależność sieci technicznych czynią następstwa pojedynczego uderzenia szczególnie rozległymi. Struktura osadnicza stanowi tło dla dalszych ustaleń, przy czym przeprowadzone badanie nie pozwala ocenić jej udziału w kształtowaniu skali strat, ponieważ nie obejmuje analizy przestrzennej. Wskaźnik ten wymaga ponadto zastrzeżenia: wobec skali przemieszczeń ludności po 2022 roku szacunki udziału ludności miejskiej dla Ukrainy obarczone są zwiększoną niepewnością.

Osobnym zagadnieniem jest wybór środków rażenia. Broń o szerokim zasięgu oddziaływania, stosowana w terenie zabudowanym, powoduje straty wśród ludności cywilnej niezależnie od zamiaru atakującego, ponieważ promień jej działania przekracza rozmiary typowego celu wojskowego w mieście. Konsekwencją jest charakterystyczny rozkład strat, w którym liczba rannych wielokrotnie przewyższa liczbę zabitych. Rozkład odmienny, o wyrównanych proporcjach lub przewadze zabitych, wiąże się natomiast z walkami bezpośrednimi, oblężeniami i przemocą wobec ludności na obszarach zajmowanych.

Spostrzeżenie to ma znaczenie metodologiczne. Proporcja między liczbą rannych a liczbą zabitych stanowi wskaźnik pośredni dominującego typu przemocy, przy czym jest ona miarą względną, a więc w znacznym stopniu odporną na niedoraportowanie wpływające na oba składniki podobnie. Wskaźnik ten wykorzystano w części empirycznej jako podstawę weryfikacji drugiej hipotezy.

Bezpieczeństwo żywnościowe i wodne w warunkach konfliktu

Związek między konfliktem zbrojnym a niedostatkiem żywności należy do najlepiej udokumentowanych zależności w badaniach nad następstwami wojen. Sen (1981) wykazał, że głód rzadko wynika z bezwzględnego braku żywności, znacznie częściej zaś z załamania uprawnień do jej uzyskania, obejmujących dochód, dostęp do rynku i możliwość transportu. Wojna narusza wszystkie te elementy równocześnie, nawet jeżeli produkcja rolna utrzymuje się na dotychczasowym poziomie.

Messer i Cohen (2007) rozwinęli tę perspektywę, wskazując na dwukierunkowość zależności: konflikt wywołuje niedostatek żywności, a niedostatek żywności zwiększa prawdopodobieństwo konfliktu. W odniesieniu do wojen międzypaństwowych bardziej znaczący jest kierunek pierwszy, przy czym mechanizm oddziaływania obejmuje zniszczenie zasobów produkcyjnych, zablokowanie szlaków wywozu, wzrost kosztów transportu oraz zaminowanie gruntów rolnych.

Osobnym wymiarem jest bezpieczeństwo wodne. Infrastruktura hydrotechniczna pełni w gospodarce funkcje wielorakie: zaopatruje ludność w wodę pitną, umożliwia nawadnianie upraw, chłodzi obiekty energetyczne i wytwarza energię elektryczną. Uszkodzenie pojedynczego obiektu tego rodzaju wywołuje zatem skutki równocześnie w wymiarze zdrowotnym, żywnościowym i energetycznym. Przypadek zbiornika Kachowka, którego zapora została przerwana 6 czerwca 2023 roku, dostarcza przykładu szczególnie wyrazistego. Poziom wody, utrzymujący się wcześniej przez lata w przedziale od około czternastu do siedemnastu i pół metra nad poziomem morza, obniżył się bezpośrednio po zdarzeniu do sześciu-siedmiu metrów, a pod koniec 2024 roku do około pięciu metrów; do stanu wyjściowego nie powrócił (USDA Foreign Agricultural Service, b.d.). Źródło zastrzega przy tym, że nie zostało jednoznacznie ustalone, czy uszkodzenie zapory było następstwem działania zbrojnego, czy wysokiego stanu wody, wobec czego przypadek ten należy traktować jako ilustrację skutków, nie zaś jako udokumentowany przykład celowego ataku.

Pomiar bezpieczeństwa żywnościowego napotyka przy tym trudności odmienne niż pomiar strat wojennych: wskaźniki mają charakter szacunkowy, opierają się na badaniach ankietowych o ograniczonym zasięgu i mierzą zjawisko o dużej zmienności krótkookresowej, wrażliwe na czynniki sezonowe i na przebieg dostaw pomocowych.

Zagrożenie minowe stanowi natomiast przykład erozji bezpieczeństwa o charakterze odroczonym. Miny i niewybuchy pozostają w gruncie długo po ustaniu walk, a ich ofiarami padają przede wszystkim osoby powracające na tereny wcześniej opuszczone oraz rolnicy przystępujący do uprawy. Zagrożenie to wiąże zatem bezpieczeństwo osobiste z żywnościowym, ponieważ obszary zaminowane pozostają wyłączone z produkcji rolnej niezależnie od ich formalnej dostępności.

Wymiary omówione powyżej łączy jedna cecha: żaden nie poddaje się pomiarowi pojedynczym wskaźnikiem, wszystkie natomiast mają odzwierciedlenie w wartości zniszczeń infrastruktury właściwej dla danego sektora. Zestawienie szacunków sektorowych pozwala więc porównać skalę erozji poszczególnych wymiarów na wspólnej skali pieniężnej.

Metody analizy i wyniki badań własnych

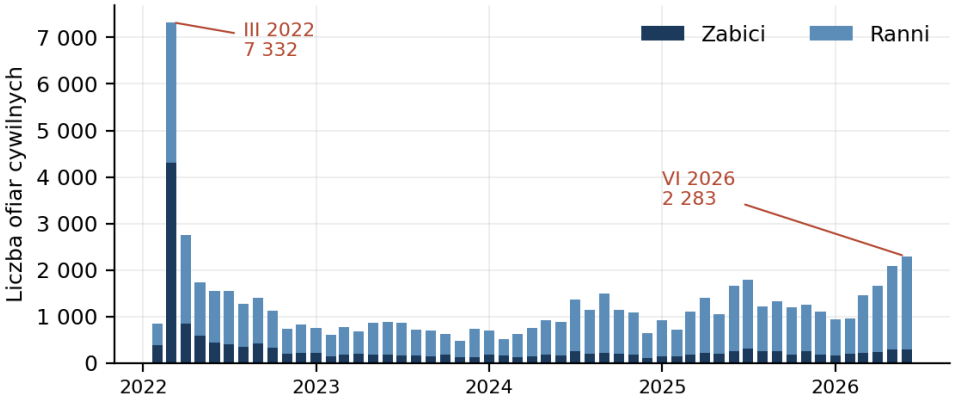
Analiza przedstawiona poniżej opiera się na dwóch rodzinach metod. Pierwszą stanowi segmentacja szeregu czasowego, której celem jest wyodrębnienie przedziałów o odmiennym poziomie średnim. Zastosowano podział binarny, polegający na rekurencyjnym wyszukiwaniu punktu minimalizującego sumę kwadratów odchyleń od średnich wyznaczonych dla powstałych odcinków. Metoda należy do klasycznych rozwiązań problemu wykrywania punktów zmiany i stanowi przybliżenie algorytmów optymalnych, w tym procedury PELT (Killick i in., 2012), przy istotnie niższym koszcie obliczeniowym i porównywalnej skuteczności dla szeregów krótkich (Truong i in., 2020). Drugą rodzinę stanowi analiza skupień metodą k-średnich (MacQueen, 1967), przeprowadzona na zmiennych standaryzowanych; metodę głównych składowych (Jolliffe, 2002) wykorzystano wyłącznie do przedstawienia wyniku w dwóch wymiarach, nie zaś jako etap poprzedzający grupowanie.

Zastosowanie obu metod obok siebie pełni funkcję wyłącznie diagnostyczną. Segmentacja operuje na porządku czasowym obserwacji, analiza skupień całkowicie ten porządek pomija; zestawienie obu służy zatem sprawdzeniu, czy uzyskany podział wynika ze struktury danych, czy z narzuconego założenia o liczbie punktów podziału. Nie stanowi natomiast potwierdzenia niezależnego, ponieważ obie procedury minimalizują tę samą funkcję celu, o czym mowa w zastrzeżeniach kończących tę część.

Charakter danych narzuca istotne ograniczenia. Szeregi obejmują od kilku do kilkudziesięciu obserwacji, co lokuje badanie w obszarze eksploracji, nie zaś konfirmacji, a instytucja rejestrująca sama zastrzega, że wartości rzeczywiste są wyższe od publikowanych. Wyniki segmentacji pozostają wrażliwe na przyjętą liczbę punktów podziału i minimalną długość segmentu, wyniki grupowania zaś na dobór zmiennych i liczbę skupień. Algorytmy identyfikują wyłącznie nietypowość statystyczną, nie zaś jej przyczynę.

Punktem wyjścia analizy jest miesięczny przebieg strat cywilnych, stanowiący najbardziej bezpośrednią miarę zagrożenia dla ludności. Szereg obejmuje 53 obserwacje miesięczne, od lutego 2022 do czerwca 2026 roku. Pierwsza z nich wymaga zastrzeżenia: ewidencja rozpoczyna się 24 lutego 2022 roku, wobec czego obserwacja lutowa obejmuje pięć dni, a nie pełny miesiąc. W obliczeniach traktowano ją na równi z pozostałymi, co zaniża wyznaczony poziom fazy pierwszej i zawyża jej wewnętrzne zróżnicowanie. Marzec 2022 wyróżnia się wartością 7 332 ofiar, blisko trzykrotnie wyższą od kolejnego miesiąca w rankingu. Po tym szczycie następuje spadek, którego najniższy punkt przypada na listopad 2023 roku (476 ofiar), a wyznaczone modelem minimum na maj 2024, po którym natężenie rośnie, a od początku

2026 roku wzrasta w każdym kolejnym miesiącu: czerwiec 2026 z liczbą 2 283 ofiar jest najcięższym miesiącem od kwietnia 2022 roku. Przebieg miesięcznej liczby ofiar cywilnych przedstawiono na wykresie 1.



Wykres 1. Miesięczna liczba ofiar cywilnych w Ukrainie (luty 2022 – czerwiec 2026) Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Misji Monitorującej Prawa Człowieka w Ukrainie (HRMMU, 2026, s. 5).

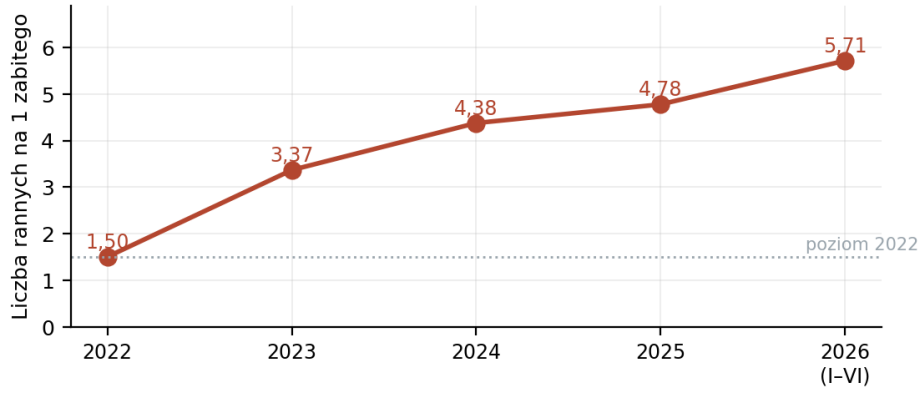
Uwagi: Obserwacja za luty 2022 roku obejmuje pięć dni (od 24 lutego), nie pełny miesiąc; w obliczeniach potraktowano ją na równi z pozostałymi, co zaniża wyznaczony poziom fazy pierwszej i zawyża jej wewnętrzne zróżnicowanie.

Ujęcie roczne czyni tę prawidłowość wyraźniejszą. W roku 2022 odnotowano 21 093 ofiary, w 2023 roku 8 626, w 2024 roku 11 226, a w 2025 roku 14 725. Rok 2025 był zatem o siedemdziesiąt jeden procent cięższy od roku 2023 i stanowi drugi pod względem natężenia rok wojny. Średnia miesięczna liczba ofiar wzrosła z 719 w 2023 roku do 1 227 w roku 2025.

Tendencja ta nie tylko nie odwróciła się w roku 2026, lecz uległa przyspieszeniu. W pierwszym półroczu odnotowano 9 374 ofiary - o 37 procent więcej niż w tym samym okresie 2025 roku i o 114 procent więcej niż w 2024 - przy średniej 1 562 ofiar miesięcznie, najwyższej od fazy inwazyjnej. Wzrost następuje w każdym kolejnym miesiącu bez wyjątku, od 934 w styczniu do 2 283 w czerwcu. Instytucja monitorująca odnotowuje, że czerwiec 2026 roku przyniósł najwyższą łączną liczbę zabitych i rannych od kwietnia 2022 roku, i wskazuje jako główną przyczynę broń dalekiego zasięgu, której ofiary padają przede wszystkim z dala od linii frontu, w ośrodkach miejskich (HRMMU, 2026).

Wzrost liczby ofiar nie oznacza jednak powrotu do warunków z roku 2022, ponieważ zmianie uległa struktura strat. Stosunek liczby rannych do liczby zabitych

wynosił w 2022 roku 1,50, w 2023 roku 3,37, w 2024 roku 4,38, w 2025 roku 4,78, a w pierwszym półroczu 2026 roku 5,71. Wzrost ma charakter monotoniczny i obejmuje pięć kolejnych okresów. Interpretacja zakładająca poprawę skuteczności ochrony ludności jest trudna do utrzymania, ponieważ nie tłumaczyłaby równoczesnego wzrostu wartości bezwzględnych. Bardziej prawdopodobne jest wyjaśnienie odwołujące się do zmiany dominującego typu przemocy: walki bezpośrednie i oblężenia, w których udział zabitych jest wysoki, ustąpiły miejsca uderzeniom dalekiego zasięgu w obszary zurbanizowane, którym towarzyszy duża liczba rannych. Przebieg tego wskaźnika przedstawiono na wykresie 2.

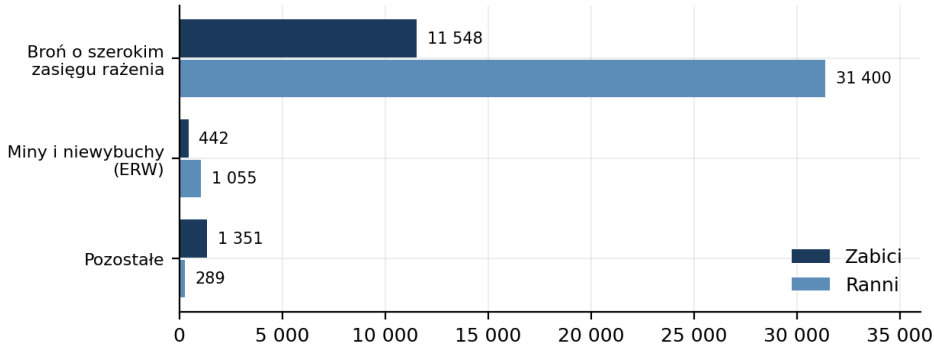


Wykres 2. Stosunek liczby rannych do liczby zabitych wśród ofiar cywilnych (2022 - czerwiec 2026)
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych HRMMU (2026, s. 5).

Ten sam wskaźnik w układzie rok × miesiąc pozwala ocenić, czy wzrost ma charakter systematyczny, czy wynika z pojedynczych miesięcy skrajnych. Mapa cieplna ujawnia wyraźny gradient pionowy: wiersz roku 2022 pozostaje w całości w dolnym zakresie skali, przy wartości najniższej 0,7 przypadającej na marzec, natomiast wiersze lat 2025 i 2026 niemal w całości w zakresie górnym. Wartość najwyższą w całym badanym okresie, 6,8, odnotowano w czerwcu 2026 roku, a cztery kolejne miesiące tego roku tworzą ciąg rosnący. Przejście między obydwoma stanami dokonuje się stopniowo w ciągu roku 2024 i nie sprowadza się do pojedynczych obserwacji odstających. Rozkład ilorazu w układzie rok × miesiąc przedstawiono na wykresie 3.

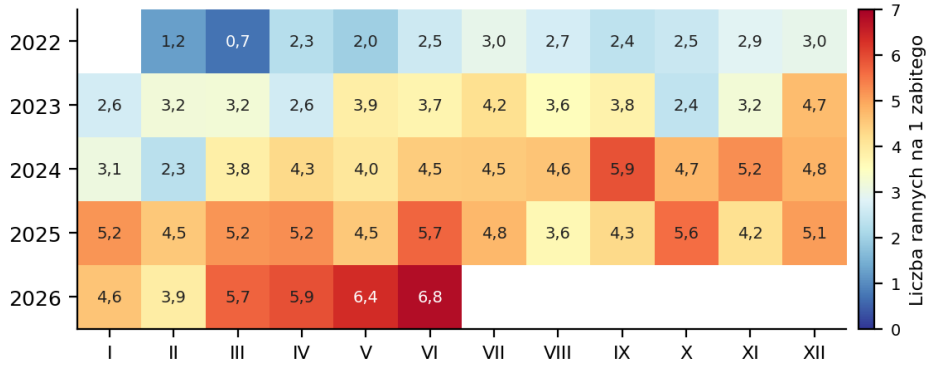
Interpretację tę potwierdza rozkład ofiar według rodzaju użytego środka rażenia. Broni o szerokim zasięgu oddziaływania, obejmującej artylerię, czołgi, wielo-prowadnicowe wyrzutnie rakietowe, pociski manewrujące i balistyczne, uderzenia

lotnicze oraz amunicję krążącą i inne bezzałogowe środki napadu, przypisuje się 11 548 zabitych i 31 400 rannych, co stanowi 93,2 procent ofiar zarejestrowanych w okresie od lutego 2022 do maja 2025 roku, dla którego rozkład ten jest dostępny. Miny i niewybuchy odpowiadają za 442 zabitych i 1 055 rannych, pozostałe przyczyny za 1 351 zabitych i 289 rannych. Zwraca uwagę odwrócenie proporcji w ostatniej kategorii, w której liczba zabitych przewyższa liczbę rannych, co odpowiada przemocy stosowanej bezpośrednio wobec osób. Rozkład ofiar według rodzaju środka rażenia przedstawiono na wykresie 4.



Wykres 3. Mapa cieplna stosunku liczby rannych do liczby zabitych w układzie rok × miesiąc (luty 2022 – czerwiec 2026)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych HRMMU (2026, s. 5), z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteka matplotlib).

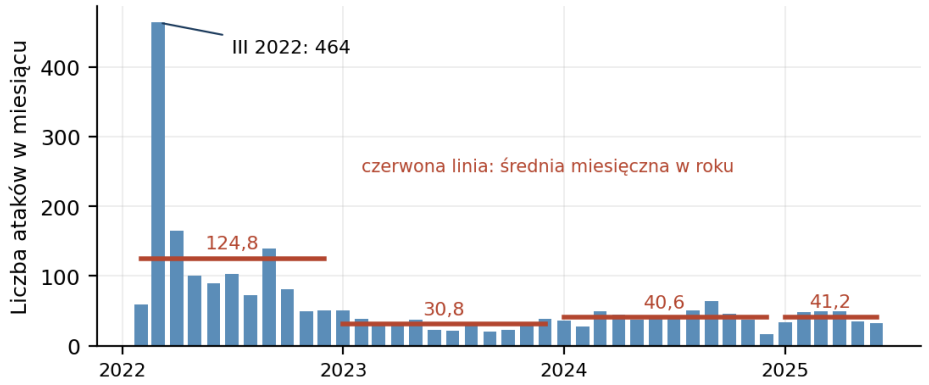


Wykres 4. Ofiary cywilne według rodzaju środka rażenia lub zdarzenia (luty 2022 – maj 2025)
Źródło: Statista na podstawie danych OHCHR.

Interpretacji tej dostarcza dodatkowego wsparcia rozkład strat według terytorium, w którym doszło do zdarzenia. Na obszarach kontrolowanych przez rząd Ukrainy odnotowano 13 542 zabitych i 43 825 rannych, na obszarach okupowanych - 2 889 zabitych i 4 788 rannych. Iloraz liczby rannych do liczby zabitych wynosi zatem 3,24 po pierwszej stronie i 1,66 po drugiej - wartości niemal dwukrotnie różne w zależności od strony linii frontu. Odpowiada to przypisywanym obu obszarom odmiennym formom przemocy: uderzeniom dalekiego zasięgu w gęsto zaludnione ośrodki miejskie z jednej strony oraz walkom i przemocy stosowanej bezpośrednio wobec ludności z drugiej. Zestawienie to należy jednak czytać ostrożnie z trzech powodów. Dane z terytoriów okupowanych są, jak zastrzega instytucja monitorująca, systematycznie niepełne wskutek braku dostępu, odzwierciedlają zatem również zróżnicowaną zdolność do rejestrowania zdarzeń, nie wyłącznie zróżnicowany charakter przemocy. Przypisania do terytorium dokonano ponadto według stanu kontroli w chwili zdarzenia, a kontrola nad częścią obszarów mogła się później zmienić. Instytucja wyróżnia wreszcie na mapie także obszary odzyskane przez Ukrainę po 24 lutego 2022 roku, nie podając dla nich odrębnej wartości liczbowej.

Ewolucję środków rażenia dokumentuje ponadto rozkład za czerwiec 2026 roku, ostatni miesiąc badanego okresu. Pociskom i amunicji krążącej przypisano wówczas 126 zabitych i 907 rannych, bombom lotniczym 44 i 280, ostrzałowi artyleryjskiemu i wyrzutniom rakietowym 27 i 171, minom oraz niewybuchom 7 i 44. Osobnego odnotowania wymaga kategoria dronów krótkiego zasięgu z 89 zabitymi i 588 rannymi, dla której instytucja monitorująca odnotowała w tym miesiącu poziom najwyższy od 24 lutego 2022 roku. Jest to składnik jakościowo odmienny od pozostałych: działa w pobliżu linii frontu, a nie na zapleczu, i nie występował w takiej skali we wcześniejszych fazach wojny. Zmiana struktury przemocy, uchwycona wcześniej pośrednio przez proporcję rannych do zabitych, znajduje więc potwierdzenie także w bezpośredniej ewidencji środków rażenia.

Kolejnym wymiarem jest bezpieczeństwo zdrowotne, mierzone liczbą ataków na infrastrukturę i personel ochrony zdrowia rejestrowanych przez Światową Organizację Zdrowia; od lutego 2022 do czerwca 2025 roku odnotowano 2 477 takich zdarzeń. Przebieg szeregu jest zbliżony do przebiegu strat cywilnych: po skrajnej wartości 464 zdarzeń w marcu 2022 roku następuje spadek do średniej 30,8 zdarzenia miesięcznie w roku 2023, po czym natężenie ponownie rośnie do 40,6 w 2024 roku i 41,2 w pierwszej połowie 2025 roku. Ostatni z tych okresów wymaga zastrzeżenia: ewidencja kończy się 27 czerwca 2025 roku, wobec czego ostatni miesiąc szeregu jest niepełny, a podana średnia nieznacznie zaniżona. Zbieżność ta wskazuje, że wzrost zagrożenia po 2023 roku nie ogranicza się do jednej kategorii strat. Miesięczną liczbę ataków na ochronę zdrowia wraz ze średnimi rocznymi przedstawiono na wykresie 5.



Wykres 5. Liczba ataków na ochronę zdrowia w Ukrainie w ujęciu miesięcznym (luty 2022 – czerwiec 2025)
Źródło: Statista na podstawie danych Światowej Organizacji Zdrowia (WHO).

Uwagi: Ewidencja kończy się 27 czerwca 2025 roku, wobec czego ostatni miesiąc szeregu jest niepełny, a podana średnia nieznacznie zaniżona.

Podobieństwo przebiegów wymaga weryfikacji ilościowej, do której wracamy dalej. W tym miejscu wystarczy odnotować, że współczynnik korelacji obu szeregów wynosi 0,962 dla pełnej próby, lecz zależy niemal całkowicie od wspólnej fazy opadającej pierwszego roku wojny: wyłączenie samego marca 2022 obniża go do 0,782, a wyłączenie całego roku 2022 - do 0,447.

Rodzi się pytanie, czy fazy konfliktu można wyodrębnić formalnie. Przeprowadzono zatem segmentację szeregu miesięcznych strat cywilnych metodą podziału binarnego z trzema punktami podziału i minimalną długością segmentu równą czterem obserwacjom. Modelowi dostarczono wyłącznie wartości liczbowe, bez informacji o datach i kontekście historycznym. Wyznaczone granice przypadają na czerwiec 2022, lipiec 2024 i marzec 2026 roku, a odpowiadające im średnie poziomy wynoszą kolejno 3 167, 857, 1 173 oraz 1 871 ofiar miesięcznie. Algorytm wyodrębnił zatem samodzielnie fazę inwazyjną, trwającą dwadzieścia pięć miesięcy fazę niskiego natężenia, fazę trzecią rozpoczynającą się w połowie 2024 roku, o poziomie wyższym o trzydzieści siedem procent, oraz fazę czwartą rozpoczynającą się w marcu 2026 roku, o poziomie wyższym o dalsze sześćdziesiąt procent. Przebieg ma zatem postać schodkową, w której każdy kolejny stopień leży wyżej od poprzedniego.

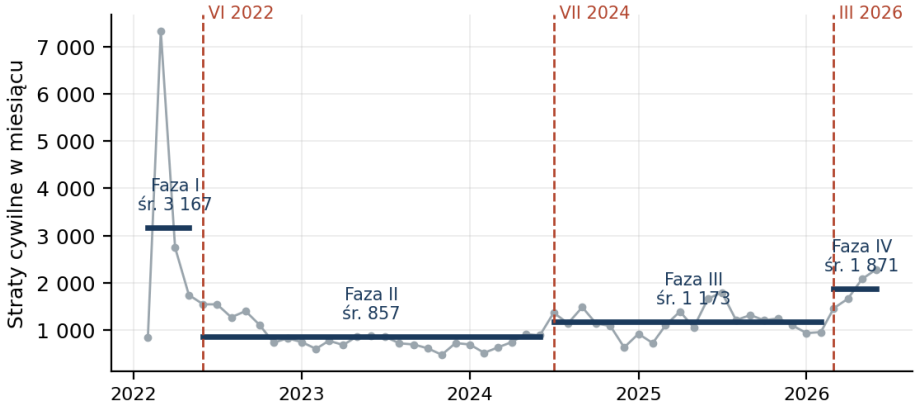
Wynik zbadano pod kątem wrażliwości na dwa parametry procedury. Zmiana minimalnej długości segmentu w zakresie od dwóch do sześciu obserwacji przesuwa wszystkie granice: pierwsza pozostaje w przedziale od maja do sierpnia 2022 roku, granica z początku 2026 roku pojawia się przy czterech z pięciu sprawdzonych wartości, a granica środkowa jest najmniej stabilna. Bardziej informatywny okazuje się drugi test, polegający na zmianie dopuszczalnej liczby punktów

podziału przy stałej minimalnej długości segmentu. Przy jednym podziale algorytm wskazuje czerwiec 2022 roku, przy dwóch - czerwiec 2022 i marzec 2026, przy trzech dochodzi lipiec 2024, a przy czterech listopad 2022. Kolejność ta oznacza, że granica z marca 2026 roku wyjaśnia zmienność szeregu lepiej niż granica z lipca 2024 i jest wybierana wcześniej.

Trzeci test polegał na usunięciu niepełnej obserwacji lutowej z 2022 roku. Granice przesuwają się wówczas na lipiec 2022, kwiecień 2025 i marzec 2026, przy długościach faz 4, 33, 11 i 4 obserwacji. Granica z marca 2026 roku pozostaje niezmieniona, granica środkowa przesuwa się natomiast o dziewięć miesięcy, co potwierdza jej niestabilność.

Odnotowania wymaga wreszcie długość fazy czwartej. Liczy ona dokładnie cztery obserwacje, czyli tyle, ile wynosi przyjęte minimum długości segmentu; krótsza być nie mogła. Jej wyodrębnienie należy zatem traktować jako sygnał zmiany poziomu, nie zaś jako ustaloną fazę o potwierdzonym czasie trwania.

Wnioski z trzech testów są zgodne co do dwóch ustaleń: zamknięcie fazy inwazyjnej w połowie 2022 roku oraz otwarcie fazy eskalacji na początku 2026 roku należą do najsilniejszych własności szeregu. Umiejscowienie punktu zwrotnego w połowie badanego okresu jest natomiast zależne od przyjętych założeń i nie powinno być przedstawiane jako ustalenie równie pewne. Wynik segmentacji przedstawiono na wykresie 6.



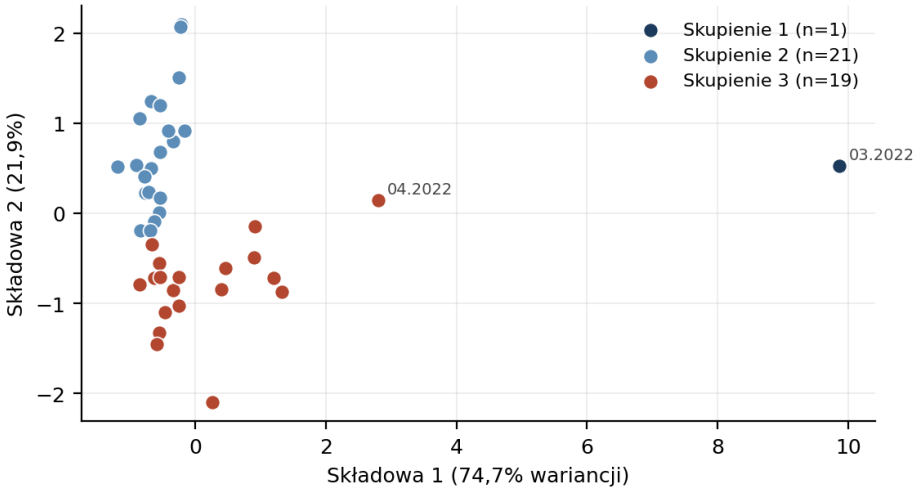
Wykres 6. Segmentacja szeregu miesięcznych strat cywilnych metodą podziału binarnego (luty 2022 – czerwiec 2026)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych HRMMU (2026, s. 5), z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteka NumPy).

Uzyskany podział wymaga sprawdzenia, czy wynika ze struktury danych, czy z założenia o liczbie punktów podziału. Zastosowano w tym celu analizę skupień, pomijającą porządek czasowy obserwacji. Każdy miesiąc scharakteryzowano czterema zmiennymi: liczbą zabitych, liczbą rannych, liczbą ataków na ochronę zdrowia oraz ilorazem rannych do zabitych. Algorytm k-średnich na zmiennych standaryzowanych rozdzielił badane 41 miesięcy na trzy grupy. Do przedstawienia wyniku posłużyły dwie pierwsze składowe główne, wyjaśniające łącznie 96,5 procent wariancji (74,7 oraz 21,9 procent). Ponieważ rozwiązanie zależy od losowej inicjalizacji, sprawdzono je przy pięćdziesięciu wartościach ziarna i raportuje się rozwiązanie modalne, uzyskane w czterdziestu dziewięciu przypadkach na pięćdziesiąt. Grupa licząca 21 obserwacji obejmuje okres od maja 2023 roku i cechuje się niską przeciętną liczbą zabitych (175,6), wysoką liczbą rannych (819,2) oraz ilorazem równym 4,6. Grupa licząca 19 obserwacji obejmuje wcześniejszy okres wojny i charakteryzuje się wyższą liczbą zabitych (295,2), niższym ilorazem (2,7) oraz wyraźnie wyższą liczbą ataków na ochronę zdrowia (63,4). Skupienie jednoelementowe obejmuje marzec 2022 roku, którego profil okazał się niepodobny do żadnego innego miesiąca wojny. Podział przebiega zatem wzdłuż tej samej osi, którą wskazał wskaźnik omówiony wcześniej, mimo że algorytm nie dysponował informacją o kolejności obserwacji.

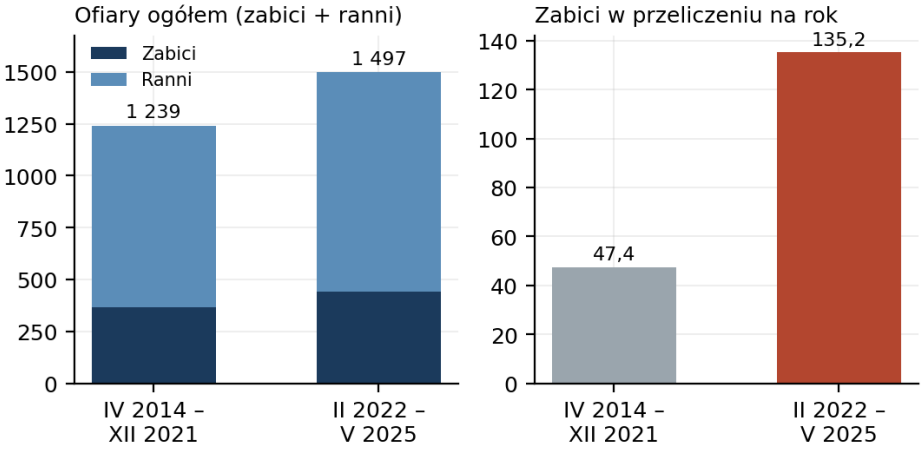
Różnica między rozwiązaniem modalnym a alternatywnym dotyczy pojedynczego miesiąca leżącego na granicy grup. Odporny pozostaje sam kształt rozwiązania - dwa liczne skupienia odpowiadające wczesnej i późnej fazie wojny oraz jednoelementowe skupienie marca 2022 roku. Granica między nimi przypada na maj 2023 roku i nie pokrywa się z żadną z granic segmentacji. Wynik grupowania przedstawiono na wykresie 7.

Odrębnym zagadnieniem jest zagrożenie minowe, którego dynamika różni się od omówionych dotąd. W okresie od kwietnia 2014 do grudnia 2021 roku miny i niewybuchy spowodowały śmierć 366 osób cywilnych oraz obrażenia u 873, natomiast od lutego 2022 do maja 2025 roku odpowiednio 442 i 1 055. Trzy lata i trzy miesiące pełnoskalowej wojny przyniosły zatem więcej ofiar śmiertelnych niż niemal osiem wcześniejszych lat konfliktu o ograniczonym zasięgu. W przeliczeniu na rok różnica jest blisko trzykrotna: 47,4 wobec 135,2 zabitych. Zagrożenie to ma przy tym charakter odroczony i utrzyma się długo po ustaniu działań zbrojnych, obciążając przede wszystkim obszary rolnicze. Porównanie obu okresów przedstawiono na wykresie 8



Wykres 7. Klasteryzacja miesięcy wojny metodą k-średnich na czterech zmiennych standaryzowanych, przedstawiona w przestrzeni dwóch pierwszych składowych głównych (luty 2022 – czerwiec 2025; 41 obserwacji)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych HRMMU (2026, s. 5) oraz WHO udostępnionych przez Statistę, z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteka scikit-learn).



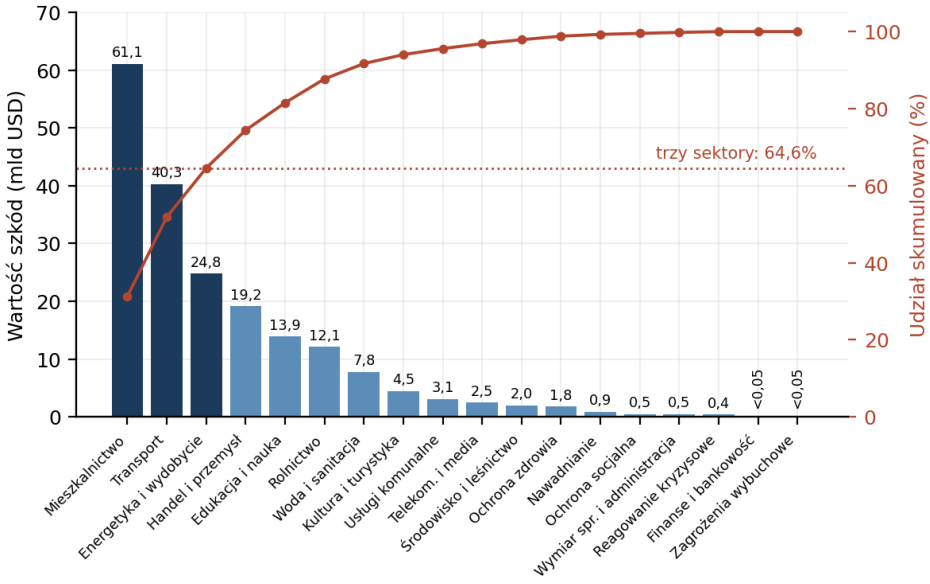
Wykres 8. Ofiary cywilne zdarzeń minowych: 14 kwietnia 2014 - 31 grudnia 2021 wobec 24 lutego 2022 - 31 maja 2025

Źródło: Statista na podstawie danych OHCHR.

Strukturę tę potwierdza sytuacja dzieci: do 30 czerwca 2026 roku odnotowano 803 dzieci zabite i 2 960 rannych, co przy łącznej liczbie 16 431 zabitych i 48 613 rannych stanowi odpowiednio 4,89 oraz 6,09 procent. Udział wyższy wśród rannych niż wśród zabitych odpowiada przemocy o charakterze obszarowym, dotykającej ludność bez selekcji.

Bezpieczeństwo żywnościowe mierzone jest liczbą osób o niedostatecznym spożyciu żywności, szacowaną przez Światowy Program Żywnościowy. W okresie od października 2024 do maja 2025 roku wartość ta wahała się od 1,84 do 2,72 miliona osób, przy pomiarze początkowym równym 2,50 i końcowym 2,56 miliona. Wnioskowanie o kierunku zmiany nie jest tu uprawnione: sama instytucja publikująca opisuje sytuację jako stagnację utrzymującą się od końca 2024 roku, a szereg obejmuje zaledwie siedem pomiarów rozłożonych na osiem miesięcy, ponieważ brakuje w nim lutego 2025 roku. Materiał pozwala zatem jedynie stwierdzić, że skala niedostatku żywności oscyluje wokół dwóch i pół miliona osób - co samo w sobie jest spójne z opisanym w literaturze mechanizmem załamania uprawnień do żywności w następstwie zaburzeń dochodu i transportu (Sen, 1981; Messer i Cohen, 2007) - nie zaś orzec o tendencji.

Ostatni etap analizy obejmuje zapowiedziany wyżej rozkład wartości zniszczeń między sektorami. Łączna wartość szkód wyrządzonych w okresie od 24 lutego 2022 do 31 grudnia 2025 roku szacowana jest na 195,1 miliarda dolarów amerykańskich. Rozkład tej kwoty między osiemnaście sektorów okazuje się skrajnie nierównomierny: mieszkalnictwo odpowiada za 61,1 miliarda, transport za 40,3 miliarda, a energetyka i wydobycie za 24,8 miliarda dolarów, co łącznie stanowi 64,6 procent całości. Współczynnik Giniego wyznaczony dla tego rozkładu wynosi 0,683. Wskaźnik Herfindahla-Hirschmana przyjmuje wartość 0,178, co odpowiada koncentracji właściwej dla mniej więcej pięciu i pół sektorów równej wielkości. Miary te należy interpretować ostrożnie, ponieważ zależą od przyjętego przez instytucje szacujące podziału na kategorie, nie zaś wyłącznie od własności samego zjawiska. Sektory bezpośrednio odpowiadające pozostałym wymiarom bezpieczeństwa humanitarnego zajmują dalsze miejsca: edukacja i nauka 13,9 miliarda, rolnictwo 12,1 miliarda, zaopatrzenie w wodę i sanitacja 7,8 miliarda, kultura i turystyka 4,5 miliarda, ochrona zdrowia 1,8 miliarda dolarów. Zwraca uwagę pozycja rolnictwa, odpowiadającego wymiarowi żywnościowemu: jest to szósty co do wielkości sektor zniszczeń, a więc jego udziału nie sposób uznać za marginalny. Zestawienie to wymaga jednak ostrożnej interpretacji: niska wartość szkód w sektorze ochrony zdrowia odzwierciedla przede wszystkim mniejszą wartość odtworzeniową jego majątku, nie zaś mniejszą wagę następstw, o których była mowa w części trzeciej. Rozkład wartości zniszczeń według sektorów przedstawiono na wykresie 9.



Wykres 9. Szacowana wartość zniszczeń w Ukrainie według sektorów (luty 2022 – grudzień 2025)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych RDNA5 (2026a, tabela 1, s. 17).

Uwagi: Szkody bezpośrednie za 46 miesięcy do 31 grudnia 2025 roku; dla energetyki i wydobycia okres kończy się 30 listopada 2025 roku. Dwa sektory o szkodach poniżej 0,05 mld USD przedstawiono według wartości podanych w przypisie do tabeli źródłowej. Udziały skumulowane oraz miary koncentracji obliczono od sumy pozycji sektorowych, która wskutek zaokrągleń przewyższa podaną w źródle wartość ogółem o 0,3 mld USD.

Analiza korelacyjna i regresyjna

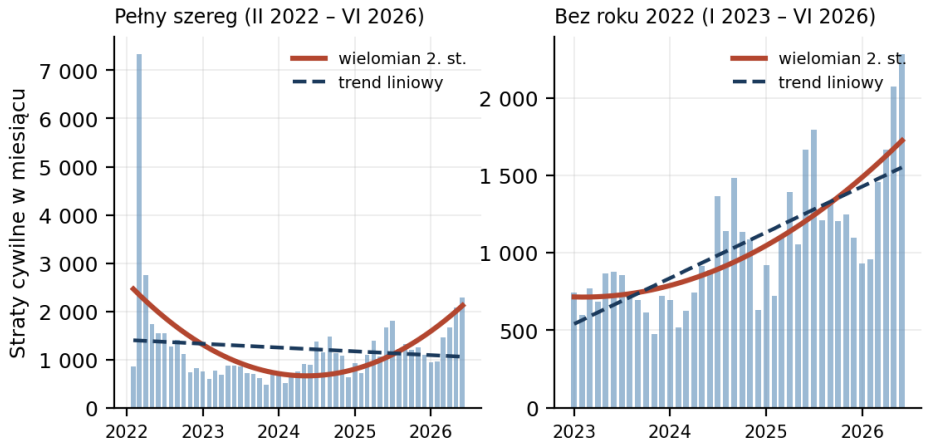
Rok kalendarzowy wiąże się wyraźnie ze zróżnicowaniem ilorazu liczby rannych do liczby zabitych: w latach 2022–2025, czyli w pełnych latach kalendarzowych, różnice między latami odpowiadają za 63,9 procent wariancji tej zmiennej, a jej rozkład - w odróżnieniu od zmiennych licznikowych - jest zbliżony do normalnego.

Korelacja między atakami na ochronę zdrowia a stratami cywilnymi, obliczona jako cząstkowa przy kontroli trendu czasowego i z wyłączeniem roku 2022, wynosi 0,337 - wyraźnie mniej niż korelacja surowa przedstawiona wcześniej. Wspólna dynamika obu zjawisk daje się zatem wykazać przede wszystkim jako współbieżność faz, nie zaś jako zależność utrzymująca się po usunięciu wspólnego trendu. Ustalenie to należy uznać za ograniczające zakres wniosku sformułowanego wcześniej.

Hipoteza o U-kształtnym przebiegu strat wymaga wreszcie sprawdzenia formalnego, ponieważ dotychczasowe ustalenia opierały się na segmentacji zakładającej

skokowe zmiany poziomu. Dopasowano zatem model liniowy oraz wielomianowy drugiego stopnia. Dla pełnego szeregu 53 obserwacji współczynnik przy członie kwadratowym jest dodatni, model wielomianowy wyjaśnia 28,4 procent wariancji wobec 1,1 procent w liniowym, a kryterium Akaikego wskazuje na jego przewagę (866,9 wobec 882,1). Wierzchołek paraboli przypada na maj 2024 roku, a więc dwa miesiące przed środkowym punktem zmiany wskazanym przez segmentację; zbieżność ta nie stanowi jednak potwierdzenia w pełni niezależnego, ponieważ obie procedury minimalizują sumę kwadratów odchyleń.

Analiza podokresu od stycznia 2023 roku prowadzi natomiast do wniosku odmiennego: wystarczający okazuje się model liniowy, w którym trend oznacza przyrost o blisko dwadzieścia pięć ofiar miesięcznie przy R^2 równym 0,524. Krzywizna jest więc własnością całego przebiegu wojny wraz z szokiem inwazyjnym, natomiast po roku 2022 natężenie strat rośnie w tempie zbliżonym do stałego - i rośnie wyraźnie, skoro trend wyjaśnia ponad połowę zmienności miesięcznej. Oba dopasowania przedstawiono na wykresie 10.

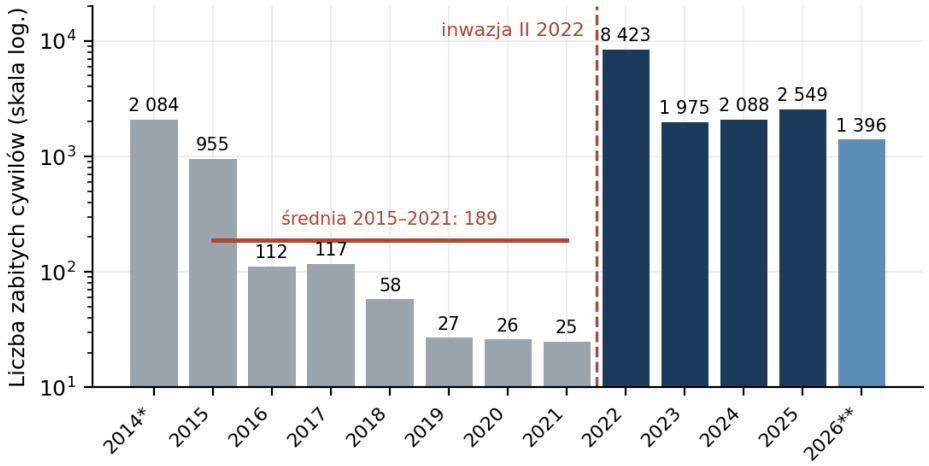


Wykres 10. Regresja wielomianowa i liniowa miesięcznych strat cywilnych: pełny szereg oraz podokres bez roku 2022

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych HRMMU (2026, s. 5), z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteka statsmodels).

Wszystkie dotychczasowe ustalenia dotyczą okresu po lutym 2022 roku i pozostają przez to podatne na zarzut zależności od decyzji o traktowaniu roku inwazji. Zestawienie z okresem wcześniejszym pozwala go ominąć, ponieważ metodyka rejestracji OHCHR pozostaje w całym przedziale ta sama. W latach 2015–2021 roczna liczba zabitych cywilów wynosiła przeciętnie 189 osób, a w trzech latach

bezpośrednio przed inwazją nie przekraczała trzydziestu. Rok 2024 przyniósł ich 2 088, czyli ponad osiemdziesiąt razy więcej niż rok 2021, rok 2025 - 2 549, a samo pierwsze półrocze 2026 roku 1 396. Nawet rok 2023, najniższy w całym okresie pełnoskalowej wojny, przewyższa średnią z lat 2015–2021 ponad dziesięciokrotnie. Zestawienie przedstawiono na wykresie 11.



Wykres 11. Roczna liczba zabitych cywilów w konflikcie rosyjsko-ukraińskim (kwiecień 2014 - czerwiec 2026), skala logarytmiczna

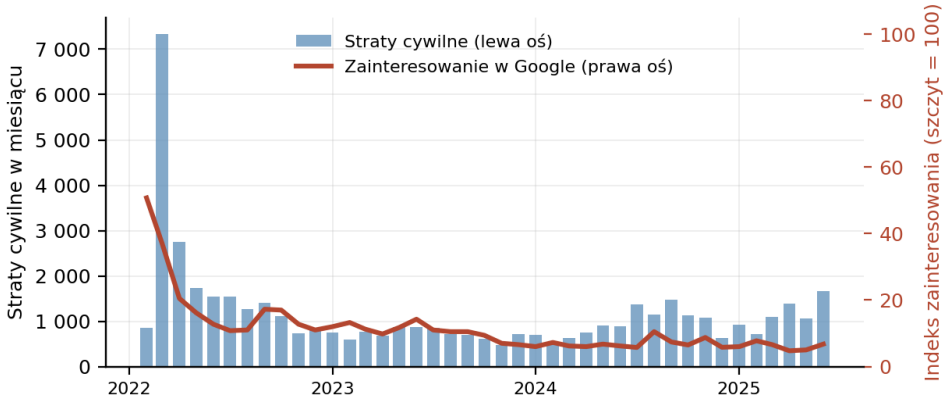
Źródło: Opracowanie własne. Wartości za lata 2014–2021 na podstawie danych OHCHR udostępnionych przez Statistę, wartości za lata 2022–2026 na podstawie raportu HRMMU (2026, s. 5).

Uwagi: Wartość za 2014 rok obejmuje okres od 14 kwietnia i zawiera 298 ofiar katastrofy lotu MH17; wartość za 2026 rok obejmuje okres do 30 czerwca. Zestawienie łączy dwa odczyty tej samej ewidencji, wobec czego wartości za lata 2022–2025 mogą nieznacznie odbiegać od publikowanych wcześniej.

Odnotowania wymaga okoliczność natury metodologicznej. Instytucja monitorująca zastrzega, że liczby podlegają rewizji w miarę potwierdzania kolejnych przypadków, wobec czego wartości za okresy wcześniejsze w bieżącym zestawieniu różnią się od publikowanych uprzednio. Porównanie obu wersji szeregu wykazało różnice w dziesięciu z czterdziestu dziewięciu wspólnych miesięcy, wyłącznie w górę, łącznie o 33 zabitych i 19 rannych. Rewizje koncentrują się w miesiącach najnowszych - sam grudzień 2025 roku odpowiada za piętnaście z tych przypadków - co potwierdza opisane przez instytucję opóźnienie procesu weryfikacji i uzasadnia traktowanie dwóch lub trzech ostatnich miesięcy szeregu jako danych wstępnych. Skala rewizji - 33 przypadki wobec 16 431 zabitych, czyli 0,2 procent - jest przy tym niewspółmierna do niedoszacowania, o którym instytucja pisze osobno, wskazując miasta objęte przewlekłymi walkami w 2022 roku, gdzie brak dostępu uniemożliwił weryfikację. Są to dwa różne zjawiska i tylko drugie z nich uzasadnia traktowanie publikowanych

wartości jako dolnego oszacowania. Bardziej wymowną ilustracją tego drugiego mechanizmu jest zastrzeżenie instytucji, że pojedyncze zdarzenia o wysokiej liczbie ofiar na terytorium okupowanym pozostają poza zestawieniem z powodu braku dostępu. W rozdziale wykorzystano konsekwentnie najnowszą wersję szeregu, obejmującą stan na 30 czerwca 2026 roku.

Analizę zamyka zestawienie natężenia zagrożeń z poziomem uwagi, jaką konflikt przyciąga poza Ukrainą - postawione we wstępie przekonanie o wejściu wojny w fazę wyczerpania wymaga sprawdzenia empirycznego. Jako przybliżenie wykorzystano tygodniowy indeks liczby zapytań o wojnę w wyszukiwarce, uśredniony do wartości miesięcznych. Indeks osiąga maksimum w pierwszym pełnym tygodniu po rozpoczęciu inwazji, po czym opada i od 2024 roku utrzymuje się w przedziale kilku punktów, przy średniej 6,1 w pierwszej połowie 2025 roku - w okresie, w którym natężenie strat rośnie. Współczynnik korelacji wynosi 0,501 dla całego okresu, lecz po ograniczeniu próby do lat 2023–2025 przyjmuje wartość ujemną, równą -0,278. Zestawienie przedstawiono na wykresie 12.



Wykres 12. Miesięczne straty cywilne wobec indeksu zainteresowania wojną w wyszukiwarce internetowej (luty 2022 – czerwiec 2025)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych HRMMU (2026, s. 5) oraz Google Trends udostępnionych przez Statistę, z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteka pandas).

Uwagi: Liczba zapytań w wyszukiwarce jest przybliżeniem zgrubnym: mierzy uwagę doraźną, nie zaś poziom wiedzy czy gotowość do udzielenia wsparcia, a jej spadek odzwierciedla po części naturalne wygasanie zainteresowania każdym przedłużającym się wydarzeniem.

Ustalenie to wymaga zastrzeżenia interpretacyjnego. Liczba zapytań w wyszukiwarce jest przybliżeniem zgrubnym: mierzy uwagę doraźną, nie zaś poziom wiedzy czy gotowość do udzielenia wsparcia, a jej spadek odzwierciedla po części naturalne

wygasanie zainteresowania każdym przedłużającym się wydarzeniem. Kierunek rozejścia się obu wielkości pozostaje jednak wyraźny i stanowi empiryczne potwierdzenie przesłanki, od której rozdział się rozpoczyna.

Przedstawione wyniki wymagają dwóch zastrzeżeń dodatkowych. Szeregi kończą się w różnych momentach: porównania obejmujące rok 2026 opierają się na sześciu miesiącach, a szeregi dotyczące ataków na ochronę zdrowia oraz zainteresowania w wyszukiwarce kończą się w czerwcu 2025 roku. Szacunki zniszczeń podlegają ponadto rewizjom i odzwierciedlają wartość odtworzeniową majątku, nie zaś społeczną wagę jego utraty. Segmentacja i analiza skupień minimalizują ponadto tę samą funkcję celu - podział binarny można traktować jako wariant metody k-średnich z warunkiem ciągłości czasowej - więc zgodność ich wyników nie stanowi potwierdzenia niezależnego. Wsparcia dostarczają natomiast procedury o odmiennych podstawach - analiza korelacji oraz regresja wielomianowa - i na nich opiera się wnioskowanie przedstawione w podsumowaniu.

Podsumowanie

Zebrany materiał pozwala odpowiedzieć na postawione pytania i zweryfikować cztery hipotezy.

Pierwsza hipoteza znalazła potwierdzenie, wymaga jednak doprecyzowania. Przebieg miesięcznych strat cywilnych nie ma charakteru wygasającego: po szczycie z marca 2022 roku i spadku trwającym do połowy 2024 roku następuje ponowny wzrost, w wyniku którego rok 2025 z liczbą 14 725 ofiar staje się drugim pod względem natężenia rokiem wojny, a pierwsze półrocze 2026 przynosi dalsze przyspieszenie do średniej 1 562 ofiar miesięcznie. Krzywiznę potwierdza dopasowanie modelu wielomianowego, którego minimum przypada na maj 2024 roku. Doprecyzowania wymagają dwie okoliczności. Po pierwsze, krzywizna jest własnością całego przebiegu wojny wraz z szokiem inwazyjnym: po wyłączeniu roku 2022 wystarczająco opisuje go trend liniowy rosnący o blisko dwadzieścia pięć ofiar miesięcznie. Po drugie, przebieg lepiej opisuje metafora schodów niż litery U: segmentacja wyodrębniła cztery poziomy o rosnących średnich (3 167, 857, 1 173 i 1 871 ofiar miesięcznie), przy czym poziom ostatni, rozpoczynający się w marcu 2026 roku, nadal pozostaje poniżej fazy inwazyjnej. Ustalenie to zachowuje znaczenie, ponieważ obraz oparty na wartościach skumulowanych prowadziłby do wniosku przeciwnego.

Wniosek ten wzmacnia zestawienie z okresem sprzed pełnoskalowej inwazji, wolne od sporu o traktowanie roku 2022. Przy niezmienionej metodyce rejestracji

rok 2024 przyniósł ponad osiemdziesiąt razy więcej zabitych cywilów niż rok 2021, a rok 2023, najniższy w całym okresie wojny, przewyższa ponad dziesięciokrotnie średnią z lat 2015–2021.

Druga hipoteza również się potwierdziła. Stosunek liczby rannych do liczby zabitych rośnie monotonicznie z 1,50 w 2022 roku do 4,78 w roku 2025 i 5,71 w pierwszym półroczu 2026. Wzrost ten, występujący równocześnie ze wzrostem wartości bezwzględnych, trudno wyjaśnić poprawą skuteczności ochrony ludności. Systematyczny charakter tej zmiany potwierdza rozkład wskaźnika w układzie rok × miesiąc, w którym gradient przebiega między wierszami, nie zaś między pojedynczymi obserwacjami. Wzrost odpowiada zmianie dominującego typu przemocy, na co wskazuje również rozkład ofiar według środka rażenia: broni o szerokim zasięgu oddziaływania przypisuje się 93,2 procent ofiar zarejestrowanych do maja 2025 roku, dla którego rozkład ten jest dostępny. Wniosek ten pozostaje spójny z ustaleniami literatury dotyczącymi następstw stosowania takiej broni w terenie zabudowanym oraz z tezą o przesunięciu współczesnych konfliktów w stronę oddziaływania na ludność (Kaldor, 2012).

Trzecia hipoteza potwierdziła się jedynie częściowo. Szereg ataków na ochronę zdrowia wykazuje przebieg analogiczny do szeregu strat cywilnych, z minimum w 2023 roku i ponownym wzrostem w latach 2024–2025. Współczynnik korelacji spada jednak z 0,962 dla pełnej próby do 0,782 po wyłączeniu marca 2022, do 0,447 po wyłączeniu całego roku 2022 i do 0,337 po kontroli trendu czasowego. Odpowiada za to wspólna faza opadająca pierwszego roku wojny, nie zaś pojedyncza obserwacja skrajna: współbieżność zachodzi na poziomie faz konfliktu, nie jako zależność utrzymująca się po usunięciu wspólnego trendu. Kontrast ten ma wartość metodologiczną - pokazuje, jak łatwo wspólny trend dwóch szeregów wytwarza pozór zależności niemal doskonałej i jak dalece wniosek zależy od zakresu próby.

Czwarta hipoteza znalazła potwierdzenie, choć jej wartość poznawcza jest ograniczona. Trzy sektory o największych szkodach odpowiadają za 64,6 procent łącznej kwoty 195,1 miliarda dolarów, przy współczynniku Giniego równym 0,683 i wskaźniku Herfindahla-Hirschmana równym 0,178. Próg sześćdziesięciu procent, przyjęty w sformułowaniu hipotezy, jest przy tym trudny do niespełnienia: przy osiemnastu kategoriach o naturalnie różnej wartości odtworzeniowej majątku trzy największe niemal zawsze go przekraczają. Ustalenie należy więc odczytywać nie jako potwierdzenie przewidywania, lecz jako opis struktury zniszczeń, w którym istotna jest kolejność sektorów, nie sam fakt koncentracji. Erozja przebiega zatem nierównomiernie, a najgłębiej dotknięte zostały mieszkalnictwo, transport oraz energetyka i wydobycie, czyli sektory warunkujące możliwość zamieszkiwania danego obszaru.

Osobnego omówienia wymaga zdolność metod formalnych do wyodrębnienia faz konfliktu bez informacji o kontekście. Segmentacja, przeprowadzona wyłącznie na wartościach liczbowych, wyznaczyła granice na czerwiec 2022, lipiec 2024 i marzec 2026 roku, samodzielnie identyfikując oba momenty przyspieszenia. Odpowiedź musi być jednak ostrożniejsza, niż sugerowałby ten wynik. Liczba wyodrębnianych faz nie jest rezultatem analizy, lecz jej założeniem; dwie z trzech granic zależą od parametru minimalnej długości segmentu i przy jego zmianie się przesuwają; analiza skupień zaś nie stanowi potwierdzenia niezależnego, ponieważ minimalizuje tę samą funkcję celu, a jej granica przypada na maj 2023 roku. Uprawniony wniosek jest zatem węższy niż sam wynik segmentacji: metody formalne wskazały samodzielnie i odpornie dwa punkty zwrotne - koniec fazy inwazyjnej w połowie 2022 roku oraz początek fazy eskalacji na przełomie zimy i wiosny 2026 roku - oraz zgodnie wyodrębniły marzec 2022 roku jako obserwację nietypową. Umiejscowienia punktu zwrotnego w połowie okresu nie należy natomiast przedstawiać jako ustalenia empirycznego, ponieważ zależy ono od przyjętych parametrów.

Szóste pytanie badawcze, o relację między natężeniem zagrożeń a poziomem uwagi poświęcanej konfliktowi, znalazło odpowiedź jednoznaczną. Indeks zainteresowania wojną w wyszukiwarce opada od 2022 roku i od 2024 roku utrzymuje się w przedziale kilku punktów, podczas gdy natężenie strat rośnie; korelacja obu wielkości, dodatnia dla całego okresu (0,501), przyjmuje wartość ujemną (-0,278) po ograniczeniu próby do lat 2023–2025. Przesłanka, od której rozdział się rozpoczyna, znajduje więc potwierdzenie w materiale, choć wskaźnik liczby zapytań mierzy uwagę doraźną, nie zaś poziom wiedzy czy gotowość do wsparcia.

Wartość poznawcza rozdziału polega przede wszystkim na wykazaniu, że powszechne przekonanie o wygasaniu zagrożeń humanitarnych po pierwszym roku wojny nie znajduje potwierdzenia w danych o wysokiej rozdzielczości czasowej, oraz na wskazaniu miary względnej, która pozwala uchwycić zmianę charakteru przemocy niezależnie od problemu niedoraportowania.

Uzyskane wyniki trzeba jednak interpretować ostrożnie. Analizowane zbiory mają niewielką liczebność, dane o stratach cywilnych obarczone są niedoraportowaniem o zróżnicowanym rozkładzie przestrzennym (Weidmann, 2016), a część wykorzystanych szeregów obejmuje okres krótszy niż całość badanego przedziału.

Ograniczenia te wyznaczają zarazem kierunki dalszych badań. Obiecujące wydaje się przeniesienie analizy na poziom regionalny, co pozwoliłoby powiązać wyodrębnione fazy z przebiegiem linii frontu i sprawdzić, czy zmiana profilu przemocy przebiega jednakowo w obwodach przyfrontowych i w głębi kraju. Wartościowe byłoby także rozszerzenie zbioru zmiennych o wskaźniki dotyczące edukacji i dostępu

do energii, obecnie dostępne wyłącznie w postaci szacunków wartości zniszczeń. Osobnym obszarem pozostaje analiza następstw wtórnych ataków na infrastrukturę ochrony zdrowia, obejmujących ograniczenie dostępu do opieki dla ludności obszaru dotkniętego zniszczeniem. Literatura przedmiotu wskazuje, że następstwa te są rozleglejsze od strat bezpośrednich, natomiast dostępne zbiory danych ich nie rejestrują, wobec czego twierdzenie o ich skali nie może na obecnym etapie zostać zweryfikowane ilościowo.

Bibliografia

Buzan, B., Wæver, O., & de Wilde, J. (1998). *Security: A new framework for analysis*. Lynne Rienner.

Coward, M. (2009). *Urbicide: The politics of urban destruction*. Routledge.

Graham, S. (red.). (2004). *Cities, war and terrorism: Towards an urban geopolitics*. Blackwell.

Graham, S., & Marvin, S. (2001). *Splintering urbanism: Networked infrastructures, technological mobilities and the urban condition*. Routledge.

Huxtable, A. L. (1968, 22 grudnia). Lessons in urbicide. *The New York Times*, D33.

Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis* (wyd. 2). Springer.

Kaldor, M. (2012). *New and old wars: Organized violence in a global era* (wyd. 3). Polity Press.

Killick, R., Fearnhead, P., & Eckley, I. A. (2012). Optimal detection of changepoints with a linear computational cost. *Journal of the American Statistical Association, 107*(500), 1590–1598.

MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. W *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability* (t. 1, s. 281–297). University of California Press.

Messer, E., & Cohen, M. J. (2007). Conflict, food insecurity and globalization. *Food, Culture & Society, 10*(2), 297-315.

Paris, R. (2001). Human security: Paradigm shift or hot air? *International Security, 26*(2), 87-102.

Program Narodów Zjednoczonych do spraw Rozwoju (UNDP). (1994). *Human development report 1994: New dimensions of human security*. Oxford University Press.

Rubenstein, L. S., & Bittle, M. D. (2010). Responsibility for protection of medical workers and facilities in armed conflict. *The Lancet, 375*(9711), 329–340.

Sen, A. (1981). *Poverty and famines: An essay on entitlement and deprivation*. Clarendon Press.

Truong, C., Oudre, L., & Vayatis, N. (2020). Selective review of offline change point detection methods. *Signal Processing, 167*, 107299.

Weidmann, N. B. (2015). On the accuracy of media-based conflict event data. *Journal of Conflict Resolution, 59*(6), 1129–1149.

Weidmann, N. B. (2016). A closer look at reporting bias in conflict event data. *American Journal of Political Science, 60*(1), 206–218.

Źródła danych

Bank Światowy. (b.d.). *Dane o udziale ludności miejskiej w Ukrainie*. Dane udostępnione przez Statista.

Bank Światowy, rząd Ukrainy, Komisja Europejska i Organizacja Narodów Zjednoczonych (RDNA5). (2026a, luty). *Ukraine: Fifth rapid damage and needs assessment (RDNA5), February 2022 to December 2025*.

Biuro Wysokiego Komisarza Narodów Zjednoczonych do spraw Praw Człowieka (OHCHR). (b.d.). *Dane o ofiarach cywilnych w Ukrainie*. Dane udostępnione przez Statista.

Google Trends. (b.d.). *Indeks zainteresowania hasłem „Ukraine war"*. Dane udostępnione przez Statista.

HRMMU. (2026, 14 lipca). *Ukraine: Protection of civilians in armed conflict - June 2026 update*. Misja Monitorująca Prawa Człowieka w Ukrainie, Biuro Wysokiego Komisarza Narodów Zjednoczonych do spraw Praw Człowieka. Data publikacji za stroną, z której udostępniono dokument; sam raport jej nie zawiera.

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO). (b.d.). *Dane o atakach na ochronę zdrowia w Ukrainie*. Dane udostępnione przez Statista.

Światowy Program Żywnościowy (WFP). (b.d.). *Dane o niedostatecznym spożyciu żywności w Ukrainie*. Dane udostępnione przez Statista.

USDA Foreign Agricultural Service. (b.d.). *Pomiary poziomu wody w zbiorniku Kachowka na podstawie serii satelitarnych Jason-3 i Sentinel-6*. Dane udostępnione przez Statista.

HUMANITARIAN AND SECTORAL SECURITY IN UKRAINE UNDER WAR CONDITIONS: HEALTH, FOOD AND CRITICAL INFRASTRUCTURE

Abstract: The chapter asks whether threats to the civilian population of Ukraine have abated after the first year of the full-scale invasion. The empirical basis is a fifty-three-month record of civilian casualties, supplemented by data on attacks on health care, mine-related hazards, insufficient food consumption and the value of destruction by sector. Civilian casualties are shown not to follow a decaying path: after a minimum in 2023 the series rebounds, and the first half of 2026 reaches a level 37 per cent above the same period a year earlier, rising in every consecutive month. Segmentation of the series identified a step-like path with four levels, two of whose three boundaries proved robust to changes in assumptions. The character of the violence changes at the same time: the ratio of injured to killed rises monotonically from 1.50 in 2022 to 4.78 in 2025 and 5.71 in the first half of 2026, and differs almost twofold on either side of the frontline. Weapons with a wide area of effect account for 93.2 per cent of casualties registered up to May 2025, mines and unexploded ordnance for a further 442 deaths. Mine-related incidents in the full-scale phase caused more deaths than nearly eight earlier years of conflict. The value of destruction is distributed highly unevenly across sectors. The hypothesis of shared dynamics between attacks on health care and civilian casualties is confirmed only partially. Search interest in the war, meanwhile, declines as the intensity of casualties rises.

Keywords: human security, Russian-Ukrainian war, civilian casualties, attacks on health care, food security, critical infrastructure, change point detection.

Jacek Janusz Mrozek

dr hab., prof. UWM, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
e-mail: jacek.mrozek@uwm.edu.pl
ORCID: 0000-0002-7260-3308

WOJNA ROSYJSKO-UKRAIŃSKA W DANYCH: OD GOSPODARKI DO ODBUDOWY

Streszczenie: Rozdział przedstawia przebieg i skutki wojny rosyjsko-ukraińskiej w układzie przyczynowo-skutkowym prowadzącym od sytuacji gospodarczej Ukrainy i skali pomocy międzynarodowej, poprzez ruchy ludności i straty wojenne, po szacunki potrzeb odbudowy. Punktem wyjścia jest przegląd dorobku dotyczącego gospodarczych konsekwencji konfliktów zbrojnych, teorii podziału ciężarów wsparcia międzynarodowego oraz mechanizmów przymusowych migracji. Rozważania teoretyczne skonfrontowano z materiałem empirycznym obejmującym dane instytucjonalne oraz dane o śladzie cyfrowym. Wykazano, że relatywny wysiłek pomocowy państw różni się istotnie od ich zaangażowania mierzonego w wartościach bezwzględnych, a kraje sąsiadujące z Ukrainą ponoszą obciążenie jakościowo odmienne od pozostałych państw europejskich. Rozkład przesiedleń oraz geografia potrzeb odbudowy odwzorowują przebieg działań zbrojnych, co potwierdza spójność całego łańcucha przyczynowego. Zastosowane metody uczenia maszynowego pozwoliły zidentyfikować moment wybuchu wojny oraz okres najwyższych strat cywilnych wyłącznie na podstawie własności szeregów danych, bez odwołania do wiedzy o kontekście historycznym.

Słowa kluczowe: Wojna rosyjsko-ukraińska, konsekwencje gospodarcze konfliktu, pomoc międzynarodowa, przymusowe migracje, odbudowa powojenna, uczenie maszynowe.

Wprowadzenie

Pełnoskalowa inwazja Federacji Rosyjskiej na Ukrainę, rozpoczęta 24 lutego 2022 roku, jest największym konfliktem zbrojnym w Europie od zakończenia drugiej wojny światowej. Jej skutki sięgają daleko poza obszar walk. Obejmują załamanie gospodarki państwa napadniętego, mobilizację pomocy międzynarodowej

na niespotykaną skalę, masowe ruchy ludności oraz zniszczenia infrastruktury, których usunięcie wymagać będzie wieloletnich nakładów. Badania nad gospodarczymi i społecznymi konsekwencjami wojen mają ugruntowaną tradycję (Collier, 1999; Blattman & Miguel, 2010). Konflikt ukraiński wyróżnia się na ich tle czymś, co dotąd zdarzało się rzadko: dane o jego przebiegu napływają niemal na bieżąco i w dużej szczegółowości.

Właśnie ta dostępność uzasadnia podejście przyjęte w rozdziale. Instytucje międzynarodowe i krajowe publikują dziś dane o przekroczeniach granic, uchodźcach, ofiarach cywilnych oraz kosztach odbudowy w cyklu miesięcznym, a niekiedy dziennym. Powstają także wyspecjalizowane bazy monitorujące wsparcie udzielane Ukrainie przez poszczególne państwa (Antezza et al., 2022). Źródła instytucjonalne uzupełniają dane o śladzie cyfrowym, przede wszystkim zagregowane statystyki wyszukiwań internetowych, których przydatność do opisu zjawisk społecznych i gospodarczych wykazano wcześniej (Choi & Varian, 2012). Materiał tego rodzaju pozwala nie tylko opisać przebieg konfliktu, lecz także sprawdzić, czy metody automatycznej analizy odtworzą jego kluczowe momenty bez odwołania do wiedzy historycznej.

Dotychczasowe opracowania poświęcone tej wojnie skupiają się zwykle na jednym wymiarze zjawiska: gospodarczym, migracyjnym albo humanitarnym. Rzadziej łączą je w jeden ciąg przyczynowo-skutkowy, w którym natężenie walk przekłada się na ruchy ludności, te zaś na geograficzny rozkład przyszłych kosztów odbudowy. Rozdział stara się wypełnić tę lukę.

Celem rozdziału jest przedstawienie przebiegu i skutków wojny rosyjsko-ukraińskiej w ujęciu ilościowym, w układzie przyczynowo-skutkowym prowadzącym od sytuacji gospodarczej Ukrainy i skali pomocy międzynarodowej, poprzez ruchy ludności oraz straty wojenne, aż po szacunki dotyczące odbudowy kraju.

Tak sformułowany cel prowadzi do pięciu pytań badawczych. Po pierwsze, jak inwazja z 2022 roku wpłynęła na sytuację gospodarczą Ukrainy mierzoną produktem krajowym brutto i jaka jest skala kosztów przyszłej odbudowy. Po drugie, które państwa wniosły relatywnie największy wkład w pomoc dla Ukrainy oraz czy darczyńców można pogrupować w rozłączne typy wsparcia. Po trzecie, jak przebiegały ruchy ludności, zarówno uchodźstwo poza granice kraju, jak i przesiedlenia wewnętrzne, i czy ich rozkład odpowiada profilom pomocowym państw sąsiednich. Po czwarte, czy metody wykrywania anomalii, pozbawione informacji o datach i kontekście historycznym, samodzielnie wskażą moment wybuchu wojny oraz okresy największych strat cywilnych. Po piąte, jaki jest geograficzny i sektorowy rozkład potrzeb odbudowy oraz w jakim zakresie dotychczasowy trend strat poddaje się ekstrapolacji.

Na podstawie przeglądu literatury sformułowano cztery hipotezy badawcze:

H1. Wielkość pomocy odniesiona do produktu krajowego brutto kraju-darczyńcy ujawnia inny obraz zaangażowania niż wielkość pomocy w wartościach bezwzględnych, przy czym relatywnie największy wysiłek ponoszą państwa nordyckie i bałtyckie, a nie kraje o największych budżetach.

H2. Państwa sąsiadujące z Ukrainą lub położone w jej bezpośrednim pobliżu, w szczególności Niemcy i Polska, tworzą odrębną, jakościowo inną kategorię obciążenia pomocowego niż pozostałe kraje europejskie.

H3. Osoby wewnętrznie przesiedlone koncentrują się w obwodach wschodnich i przyfrontowych, natomiast powroty w regionach względnie stabilnych, takich jak obwód kijowski.

H4. Geograficzny rozkład szacowanych potrzeb odbudowy odpowiada regionom o najwyższej intensywności działań zbrojnych i największej skali przesiedleń, to jest obwodom donieckiemu, charkowskiemu i zaporoskiemu.

Podstawę empiryczną rozdziału stanowią dane wtórne pochodzące z bazy Statisty, agregującej zestawienia organizacji międzynarodowych oraz instytucji krajowych, w tym Międzynarodowego Funduszu Walutowego, Kiel Institute for the World Economy, UNHCR, IOM, OHCHR, Banku Światowego, Komisji Europejskiej oraz Straży Granicznej. Wybór tego źródła podyktowany był ujednoliconą postacią zestawień oraz porównywalnością szeregów pochodzących od różnych instytucji, co przy analizie łączącej wiele wymiarów zjawiska ma znaczenie praktyczne. Zestaw ten uzupełniono danymi o częstości wyszukiwań internetowych. Materiał posłużył zarówno do bezpośredniej prezentacji zjawisk, jak i jako podstawa obliczeń własnych. Analiza obejmuje przede wszystkim okres od stycznia 2022 do początku 2026 roku. Szeregi gospodarcze sięgają jednak 1996 roku, a prognozy instytucjonalne perspektywy do 2035 roku. Zastosowano metody uczenia maszynowego: analizę skupień metodą k-średnich (MacQueen, 1967), algorytm gęstościowy DBSCAN (Ester et al., 1996), redukcję wymiarowości metodą głównych składowych (Jolliffe, 2002), wykrywanie anomalii lasem izolacji (Liu et al., 2008) oraz miarą Z-score, a także regresję wielomianową służącą ekstrapolacji trendu.

Struktura rozdziału odzwierciedla logikę wywodu. Część druga omawia gospodarcze konsekwencje konfliktów zbrojnych oraz uwarunkowania odbudowy powojennej. Część trzecia dotyczy teorii podziału ciężarów wsparcia międzynarodowego, część czwarta zaś mechanizmów przymusowych migracji i przesiedleń wewnętrznych. Część piąta przedstawia metody uczenia maszynowego stosowane w analizie danych o konflikcie, wskazuje ograniczenia takich danych i prezentuje wyniki badań

własnych oparte na trzynastu wizualizacjach. Rozdział zamyka podsumowanie z weryfikacją hipotez i wskazaniem kierunków dalszych badań.

Gospodarcze konsekwencje konfliktów zbrojnych i koszty odbudowy

Konflikt zbrojny należy do najsilniejszych szoków, jakich może doświadczyć gospodarka narodowa. Oddziałuje wieloma kanałami naraz: niszczy kapitał rzeczowy, pozbawia kraj kapitału ludzkiego, dezorganizuje wymianę handlową, podnosi niepewność ograniczającą inwestycje prywatne i przesuwa wydatki publiczne z celów rozwojowych na obronne (Collier, 1999; Koubi, 2005). Od strony podaży wojna zmniejsza zasób czynników produkcji, od strony popytu trwale zmienia strukturę wydatków, a oba mechanizmy wzajemnie się wzmacniają. Skutki bywają dotkliwe. Szacunki obejmujące szeroki zbiór konfliktów wskazują, że przeciętna wojna domowa obniża tempo wzrostu o kilka punktów procentowych rocznie, a straty kumulują się długo po ustaniu walk (Blattman & Miguel, 2010; Gates et al., 2012).

Podstawową trudnością w badaniach nad kosztami wojny jest konstrukcja scenariusza kontrfaktycznego. Koszt konfliktu to nie sam spadek obserwowanych wartości, lecz różnica między rzeczywistą trajektorią gospodarki a tą, którą osiągnęłaby ona bez wojny. Rozwiązania szukano w metodach syntetycznej kontroli, gdzie wzorzec porównawczy buduje się z ważonej kombinacji regionów nieobjętych konfliktem. Klasyczna analiza gospodarki Kraju Basków wykazała w ten sposób ubytek produktu rzędu dziesięciu procent wobec skonstruowanego odpowiednika (Abadie & Gardeazabal, 2003). Podejście to pokazuje zarazem, jak silnie każda ocena kosztów wojny zależy od założeń o przebiegu alternatywnym.

Osobną kwestią jest trwałość szoku. Ścierają się tu dwa stanowiska. Zgodnie z koncepcją efektu feniksa gospodarki dotknięte wojną rosną po jej zakończeniu szybciej niż przeciętnie, odbudowując zniszczony kapitał i wracając na wcześniejszą ścieżkę rozwoju (Organski & Kugler, 1977). Badania na szerszych zbiorach danych pokazują jednak, że gwałtowne załamania produkcji rzadko udaje się w pełni odrobić, a poziom wytwarzania pozostaje trwale niższy od trendu sprzed szoku (Cerra & Saxena, 2008). Analizy okresu powojennego potwierdzają, że tempo odbudowy jest silnie zróżnicowane i zależy przede wszystkim od zakresu zniszczeń infrastruktury oraz jakości instytucji państwowych (Kang & Meernik, 2005; Chen et al., 2008). Trwałość skutków wojny nie jest więc prawidłowością uniwersalną, lecz zmienną warunkowaną kontekstem instytucjonalnym.

Ustalenia te przekładają się bezpośrednio na ekonomię odbudowy. Badania nad skutecznością pomocy w państwach pokonfliktowych wskazują, że jej absorpcja przebiega inaczej niż w warunkach pokoju, a produktywność transferów osiąga maksimum dopiero kilka lat po zakończeniu walk (Collier & Hoeffler, 2004). Systematyczna ocena programów Banku Światowego pokazała przy tym, że po uwzględnieniu nielosowego doboru odbiorców wsparcie to nie przynosi systematycznego efektu ani dla tempa odbudowy, ani dla ryzyka nawrotu konfliktu (Flores & Nooruddin, 2009). Sam transfer środków nie wystarcza zatem, jeśli nie towarzyszą mu warunki instytucjonalne po stronie państwa-biorcy. Znaczenie ma również sekwencja odbudowy, ponieważ przywrócenie transportu i energetyki warunkuje odtworzenie pozostałych działów gospodarki oraz powrót ludności do zniszczonych regionów.

Przypadek Ukrainy mieści się w tych ramach, wyróżnia się jednak skalą i stopniem udokumentowania. Kompleksowe oceny szkód i potrzeb, prowadzone cyklicznie przez Bank Światowy wspólnie z rządem Ukrainy, Komisją Europejską i Organizacją Narodów Zjednoczonych, dostarczają usystematyzowanych szacunków w podziale sektorowym i regionalnym, co w warunkach trwającego konfliktu zdarza się rzadko. Powstały też opracowania koncepcyjne dotyczące finansowania i sekwencjonowania odbudowy, wiążące transfery finansowe z reformami instytucjonalnymi oraz z perspektywą integracji europejskiej (Becker et al., 2022).

Skala kosztów wojny i tempo odbudowy zależą więc nie tylko od cech samej gospodarki, lecz również od tego, ile wsparcia napłynie z zewnątrz i jaką przybierze ono postać. Wielkość tego wsparcia nie jest jednak wielkością daną, lecz wynikiem decyzji podejmowanych przez poszczególne państwa, kierujące się własnymi interesami i kalkulacją kosztów.

Pomoc międzynarodowa i podział ciężarów wsparcia

Wsparcie udzielane państwu zaatakowanemu przez podmiot zewnętrzny ma cechy dobra publicznego, co czyni je klasycznym przedmiotem teorii działania zbiorowego. Korzyści z powstrzymania agresji, takie jak stabilność regionu czy wiarygodność systemu bezpieczeństwa zbiorowego, przypadają wszystkim uczestnikom niezależnie od poniesionych przez nich nakładów. Rodzi to pokusę jazdy na gapę, czyli czerpania korzyści bez proporcjonalnego udziału w kosztach. Wywiedziona z ekonomicznej teorii sojuszy hipoteza eksploatacji zakłada, że w takich warunkach państwa większe ponoszą ciężar nieproporcjonalnie wysoki wobec własnego potencjału, mniejsze zaś ograniczają swój wkład (Olson & Zeckhauser, 1966).

Empiryczna weryfikacja tej hipotezy na przykładzie Sojuszu Północnoatlantyckiego przyniosła wyniki niejednoznaczne, zależne od okresu badania i charakteru analizowanego dobra. Wraz z przejściem od odstraszania nuklearnego ku obronie opartej na siłach konwencjonalnych zmienia się bowiem natura wytwarzanego dobra, a wraz z nią rozkład obciążeń między sojusznikami (Oneal, 1990; Sandler & Hartley, 2001). Ma to znaczenie dla oceny wsparcia dla Ukrainy, ponieważ pomoc łączy komponenty o odmiennym charakterze: wsparcie militarne, transfery finansowe oraz przyjęcie i utrzymanie uchodźców. Każdy z nich inaczej rozkłada korzyści i koszty, a część obciąża przede wszystkim państwa położone najbliżej obszaru walk.

Osobny nurt badań dotyczy motywów, którymi kierują się państwa przy alokacji pomocy zagranicznej. Analizy wieloletnich szeregów przepływów pomocowych pokazują, że decyzje darczyńców w dużej mierze odzwierciedlają ich własne interesy polityczne i strategiczne oraz historyczne powiązania z odbiorcami, nie zaś wyłącznie potrzeby państwa wspieranego czy jakość jego instytucji (Alesina & Dollar, 2000). Późniejsze prace potwierdziły, że obie grupy motywów współwystępują, a to, która przeważa, różni się znacznie między darczyńcami (Berthélemy, 2006). Można więc oczekiwać, że wsparcie dla Ukrainy nie będzie jednorodne, lecz ukształtuje odrębne profile pomocowe, odzwierciedlające położenie geograficzne, uwarunkowania historyczne i percepcję zagrożenia poszczególnych państw.

Dla porównań międzynarodowych kluczowa okazuje się przyjęta miara zaangażowania. Wielkości bezwzględne odzwierciedlają przede wszystkim rozmiar gospodarki darczyńcy i z tego powodu systematycznie wskazują na państwa największe. Miary relatywne, odnoszące pomoc do produktu krajowego brutto, ujmują natomiast rzeczywisty wysiłek ponoszony przez społeczeństwo i pozwalają porównać kraje o różnym potencjale. Rozróżnienie to jest standardem w badaniach nad podziałem ciężarów obronnych, gdzie relacja wydatków wojskowych do produktu krajowego stanowi podstawowy wskaźnik zaangażowania (Hartley & Sandler, 1999). Zestawienia wsparcia dla Ukrainy prowadzone równolegle w obu ujęciach wykazują istotne rozbieżności w rankingach darczyńców (Antezza et al., 2022). Obserwacja ta stanowi bezpośrednią podstawę pierwszej z postawionych hipotez.

Szczególnym przypadkiem podziału ciężarów jest przyjmowanie osób uciekających przed wojną. Ochronę uchodźców ujmuje się niekiedy jako dobro publiczne o zasięgu międzynarodowym, którego koszty rozkładają się jednak wysoce nierównomiernie i koncentrują w państwach graniczących z obszarem kryzysu (Suhrke, 1998). Badania nad rozdziałem obciążeń w Unii Europejskiej pokazują, że faktyczny rozkład kosztów wynika bardziej z geografii i istniejących sieci migracyjnych niż z uzgodnionych mechanizmów solidarnościowych (Thielemann, 2003). Państwa sąsiadujące

z obszarem konfliktu ponoszą w efekcie ciężar odmienny nie tylko co do wielkości, lecz i charakteru, obejmujący obciążenie systemów mieszkaniowych, edukacyjnych oraz ochrony zdrowia.

Ciężar ten nie rozkłada się jednak przypadkowo. Wyznacza go to, dokąd i w jakiej liczbie kierują się ludzie uciekający przed walkami, a decyzje te rządzą się własną logiką, dobrze rozpoznaną w badaniach nad przymusowymi migracjami.

Przymusowe migracje i przesiedlenia wewnętrzne

Ucieczka ludności cywilnej należy do najbardziej regularnych następstw wojny. Decyzję o opuszczeniu domu opisuje się zwykle w kategoriach czynników wypychających i przyciągających, przy czym w warunkach wojennych zdecydowanie przeważają te pierwsze. Badania obejmujące wieloletnie szeregi przepływów uchodźczych pokazują, że najsilniejszym predyktorem skali migracji przymusowej jest przemoc, zarówno ta wynikająca z działań zbrojnych, jak i stosowana przez aparat państwowy, natomiast czynniki ekonomiczne odgrywają rolę wyraźnie mniejszą (Schmeidl, 1997; Davenport et al., 2003; Moore & Shellman, 2004). Migracja wojenna różni się więc istotnie od zarobkowej: jest wymuszona, gwałtowna i słabo poddaje się planowaniu.

Szczególnie istotny okazuje się przestrzenny wymiar zagrożenia. Wykazano, że o kierunku i skali ucieczki decyduje bardziej geograficzny zasięg działań zbrojnych niż ich intensywność mierzona liczbą ofiar. Konflikt rozlany na rozległym obszarze wywołuje większe ruchy ludności niż walki bardzo intensywne, lecz ograniczone terytorialnie (Melander & Öberg, 2007). Można zatem oczekiwać, że rozkład przesiedleń odwzoruje przede wszystkim przebieg linii frontu i zasięg ostrzałów, nie zaś samą liczbę ofiar. Uzupełniają to ustalenia, zgodnie z którymi o wyborze między przesiedleniem wewnętrznym a wyjazdem za granicę współdecydują zasoby gospodarstwa domowego oraz dostęp do sieci wsparcia poza krajem, ucieczka za granicę wymaga bowiem większego kapitału finansowego i społecznego (Adhikari, 2013).

Różnica między uchodźstwem zewnętrznym a przesiedleniem wewnętrznym nie jest wyłącznie definicyjna. Osoby przekraczające granicę międzynarodową obejmuje reżim ochrony wynikający z konwencji genewskiej i instrumentów regionalnych, podczas gdy przesiedleni wewnętrznie pozostają pod jurysdykcją własnego państwa i podlegają jedynie standardom niewiążącym (Mooney, 2005). Obie grupy ewidencjonuje się więc inaczej, co przekłada się na dostępność i jakość danych. Przesiedleni wewnętrznie stanowią przy tym zwykle grupę liczniejszą od uchodźców, a zarazem gorzej udokumentowaną, co trzeba uwzględnić przy interpretacji materiału empirycznego.

Osobnym zagadnieniem są powroty. Nie stanowią one prostego odwrócenia ucieczki, lecz rządzą się własną logiką, w której decydują postrzegane bezpieczeństwo obszaru pochodzenia, stan zabudowy mieszkaniowej i dostępność podstawowych usług publicznych (Alrababa'h et al., 2023). Rozpoczynają się zazwyczaj w regionach oddalonych od frontu i mają charakter selektywny, obejmując najpierw określone kategorie gospodarstw domowych. Przestrzenne zróżnicowanie powrotów można więc traktować jako pośredni wskaźnik postępującej stabilizacji poszczególnych regionów.

Skala przemieszczeń wywołanych inwazją z 2022 roku uczyniła z niej największy kryzys uchodźczy w Europie od kilkudziesięciu lat. Unia Europejska uruchomiła wówczas mechanizm tymczasowej ochrony, przewidziany w dyrektywie z 2001 roku, lecz nigdy wcześniej niezastosowany. Pozwolił on objąć ochroną dużą populację z pominięciem indywidualnych procedur azylowych, a przy tym pozostawił beneficjentom swobodę wyboru państwa pobytu (Carrera & Ineli-Ciger, 2023). W efekcie rozkład uchodźców ukształtował się w znacznej mierze zgodnie z wcześniejszymi sieciami migracyjnymi i bliskością geograficzną, co potwierdza wcześniejsze ustalenia o nierównomiernym rozkładzie obciążeń między państwami przyjmującymi.

Przestrzenny rozkład przesiedleń jest zatem pochodną natężenia i zasięgu walk, a zarazem zapowiada rozkład przyszłych potrzeb odbudowy. Uchwycenie tych zależności wymaga jednak narzędzi zdolnych wskazać strukturę oraz punkty przełomu w szeregach o dużej rozdzielczości czasowej, i to bez uprzedniego założenia, gdzie tych punktów szukać.

Uczenie maszynowe w analizie danych o konflikcie i analiza empiryczna

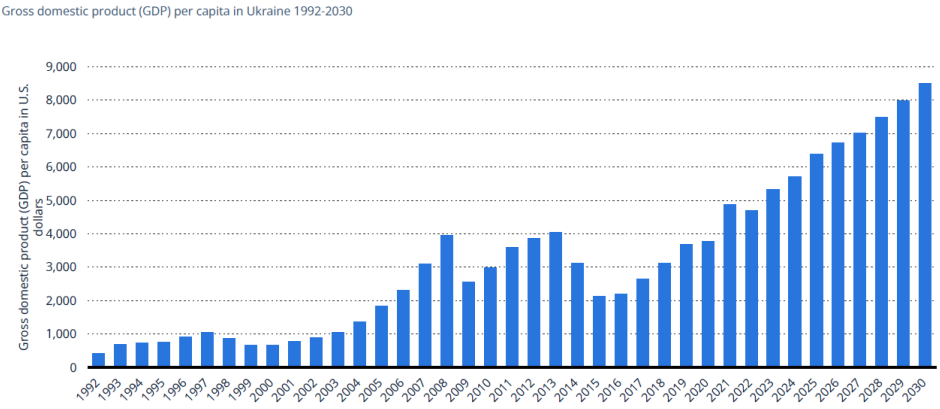
Rosnąca dostępność danych o wysokiej rozdzielczości czasowej sprawiła, że w badaniach nad konfliktami zbrojnymi coraz częściej sięga się po metody uczenia maszynowego. Pozwalają one wykrywać strukturę w zbiorach wielowymiarowych bez uprzedniego formułowania pełnego modelu teoretycznego, co czyni je przydatnymi na etapie eksploracji materiału. W odróżnieniu od klasycznego wnioskowania statystycznego kładą nacisk nie na testowanie hipotez o parametrach populacji, lecz na identyfikację wzorców (Hastie et al., 2009).

W niniejszej analizie wykorzystano dwie rodziny metod. Pierwszą stanowi grupowanie nienadzorowane, obejmujące algorytm k-średnich (MacQueen, 1967) oraz podejście gęstościowe DBSCAN (Ester et al., 1996), uzupełnione redukcją wymiarowości metodą głównych składowych (Jolliffe, 2002). Zestawienie obu algorytmów

pełni funkcję diagnostyczną, ponieważ pierwszy przypisuje każdą obserwację do któregoś skupienia, drugi zaś dopuszcza istnienie przypadków odstających. Drugą rodzinę stanowią metody wykrywania anomalii, czyli obserwacji odbiegających od wzorca uznanego za normalny (Chandola et al., 2009), reprezentowane przez las izolacji (Liu et al., 2008) oraz klasyczną miarę Z-score. Ich szczególny walor poznawczy polega na tym, że identyfikują punkty przełomu wyłącznie na podstawie własności szeregu, bez informacji o datach czy kontekście historycznym, co pozwala potraktować zgodność wyniku ze znanym przebiegiem wydarzeń jako formę walidacji. Osobnym źródłem informacji jest ślad cyfrowy, którego przydatność do opisu zjawisk społecznych wykazano wcześniej (Choi & Varian, 2012), choć jego wartość informacyjna bywa niestabilna w czasie (Lazer et al., 2014), wobec czego traktuje się go tu jako materiał uzupełniający wobec źródeł instytucjonalnych.

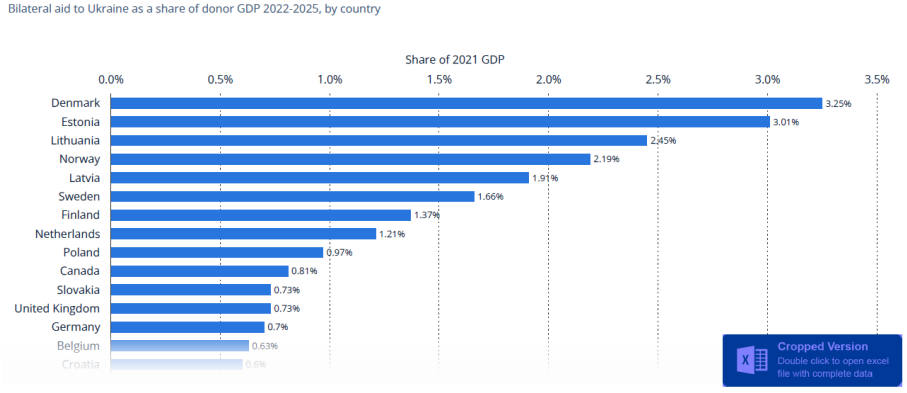
Charakter danych o konflikcie narzuca przy tym istotne ograniczenia. Zbiory rejestrujące zdarzenia zbrojne i ofiary obarczone są systematycznym niedoraportowaniem, którego rozkład nie jest przypadkowy, ponieważ zależy od dostępności obszaru dla obserwatorów i infrastruktury komunikacyjnej (Weidmann, 2015, 2016). Wartości raportowane stanowią zatem oszacowanie dolne. Odrębną kwestią pozostają granice przewidywalności zjawisk społecznych. Modele dobrze dopasowane do danych historycznych wykazują często ograniczoną trafność poza zbiorem uczącym, a istotność statystyczna zmiennych nie przekłada się automatycznie na zdolność prognostyczną (Ward et al., 2010; Cederman & Weidmann, 2017; Hofman et al., 2017). Konieczne jest więc odróżnienie ekstrapolacji trendu, opisującej przebieg zjawiska przy niezmienionych warunkach, od prognozy w sensie ścisłym, która wymagałaby modelowania czynników zdolnych te warunki zmienić. Analiza przedstawiona poniżej mieści się w kategorii pierwszej.

Punktem wyjścia jest kondycja gospodarcza Ukrainy, wyznaczająca układ odniesienia dla oceny skutków wojny. Produkt krajowy brutto obrazuje skalę gospodarki, którą konflikt zaburzył, i pozwala oszacować koszt jej odbudowy. Do 2021 roku wskaźnik ten wykazywał tendencję wzrostową, przerywaną okresami załamań: pierwsze przypada na kryzys finansowy 2008–2009, kolejne na okres po aneksji Krymu w 2014 roku. Pełnoskalowa inwazja z lutego 2022 roku spowodowała gwałtowny spadek, po którym wartość nominalna odbudowuje się powoli. Przebieg PKB Ukrainy w latach 1996–2030, stanowiący gospodarczy układ odniesienia dla całej dalszej analizy, przedstawiono na wykresie 1.



Wykres 1. Produkt krajowy brutto (PKB) Ukrainy w latach 1996–2030
Źródło: Statista na podstawie danych Międzynarodowego Funduszu Walutowego.

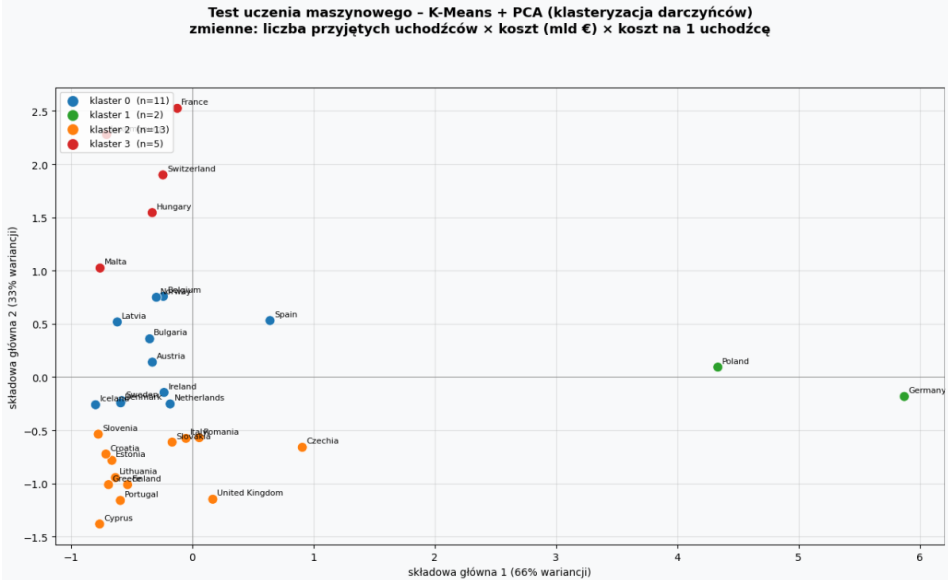
Na kryzys wywołany wojną społeczność międzynarodowa odpowiedziała pomocą o niespotykanej skali. Jej rozmiar znacznie różni się między państwami, a po odniesieniu do PKB darczyńcy obraz ulega zmianie: relatywnie największy wysiłek ponoszą państwa nordyckie i bałtyckie, nie zaś kraje o największych budżetach. Dla tej pierwszej grupy pomoc stanowi znaczący ułamek całej gospodarki. Pomoc bilateralną w odniesieniu do PKB kraju-darczyńcy przedstawiono na wykresie 2.



Wykres 2. Pomoc bilateralna dla Ukrainy jako udział w PKB kraju-darczyńcy (2022–2025)
Źródło: Statista na podstawie danych Kiel Institute for the World Economy (Ukraine Support Tracker).

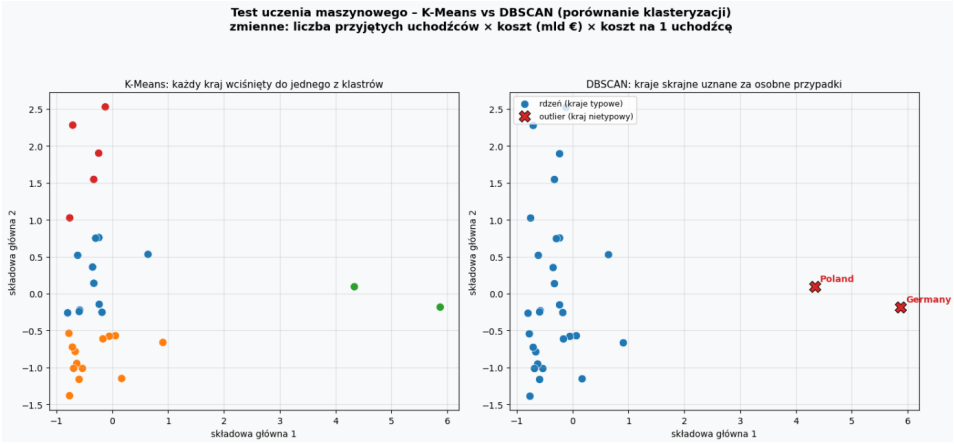
Obserwacja ta nasuwa pytanie o zróżnicowanie profili pomocowych poszczególnych państw. W celu zbadania, czy tworzą one wyraźne, rozłączne typy, przeprowadzono analizę skupień. Każdy kraj scharakteryzowano trzema zmiennymi: liczbą

przyjętych uchodźców, całkowitym kosztem ich przyjęcia oraz kosztem w przeliczeniu na jedną osobę. Analiza obejmuje zatem wyłącznie ten komponent wsparcia, który wiąże się z przyjęciem ludności uciekającej przed wojną, pomijając pomoc militarną i transfery finansowe. Wymiarowość danych zredukowano metodą głównych składowych, a następnie zastosowano algorytm k-średnich, który rozdzielił badane państwa na cztery grupy. Wyróżniają się wśród nich przede wszystkim Niemcy i Polska, przyjmujące nieporównanie więcej uchodźców niż pozostałe kraje, oraz osobna grupa państw o wysokim koszcie jednostkowym, takich jak Francja czy Szwajcaria, co odzwierciedla wyższe koszty utrzymania i bardziej rozbudowane modele wsparcia socjalnego. Wynik grupowania przedstawiono na wykresie 3.



Wykres 3. Klasteryzacja krajów-darczyńców metodą k-średnich w przestrzeni PCA
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Statisty, z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteka scikit-learn).

Uzyskany podział wymaga sprawdzenia, czy wynika ze struktury danych, czy z założeń metody. W tym celu zestawiono algorytm k-średnich z algorytmem gęstościowym DBSCAN, który klasyfikuje Niemcy i Polskę jako przypadki odstające, niepasujące do żadnej gęstej grupy. Potwierdza to wcześniejszą obserwację: oba państwa, sąsiadujące z Ukrainą lub położone w jej pobliżu, ponoszą obciążenie jakościowo różne od pozostałych krajów Europy. Porównanie obu podejść przedstawiono na wykresie 4.

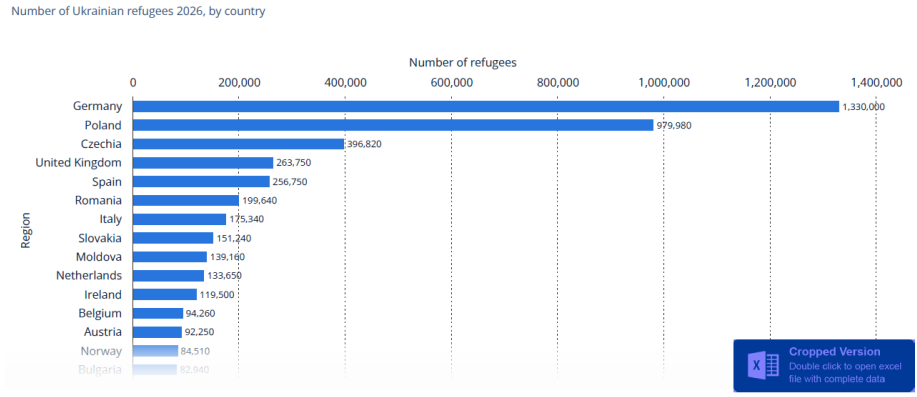


Wykres 4. Porównanie klasteryzacji: k-średnie a DBSCAN

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Statisty, z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteka scikit-learn).

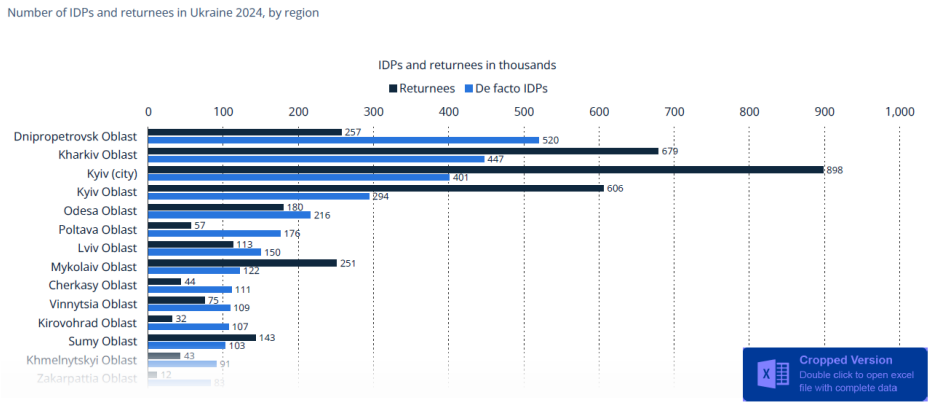
Wynik klasteryzacji warto zestawić z bezpośrednim obrazem rozmieszczenia uchodźców, ponieważ pozwala to ocenić, na ile pozycja obu państw w przestrzeni składowych głównych wynika z samej skali przyjęć, a na ile z pozostałych uwzględnionych cech. Niemcy i Polska przyjęły największą liczbę osób, ze znaczną przewagą nad pozostałymi państwami, a kolejne pozycje zajmują Czechy, Wielka Brytania i Hiszpania. Dane te dotyczą wyłącznie uchodźstwa zewnętrznego, czyli przemieszczeń poza granice Ukrainy. Rozkład liczby uchodźców w Europie i Azji według krajów przedstawiono na wykresie 5.

Obraz uzupełniają przesiedlenia wewnętrzne, stanowiące drugą stronę tego samego zjawiska. Najwięcej osób przesiedlonych odnotowano w obwodach wschodnich i przyfrontowych, natomiast wysokie wartości powracających w obwodzie kijowskim wskazują na postępującą stabilizację regionów położonych dalej od linii frontu. Rozkład powrotów nie pokrywa się jednak w pełni z tym podziałem, ponieważ wysokie wartości odnotowano również w obwodzie charkowskim, pozostającym w zasięgu ostrzałów. Powroty następują zatem nie tylko do obszarów bezpiecznych, lecz także do terenów odzyskanych, w których odbudowano podstawowe usługi publiczne. Takie rozmieszczenie zapowiada geograficzny rozkład przyszłych potrzeb odbudowy. Liczbę osób wewnętrznie przesiedlonych oraz powracających w podziale na regiony przedstawiono na wykresie 6.



Wykres 5. Liczba uchodźców z Ukrainy w Europie i Azji wg kraju (stan na styczeń 2026)

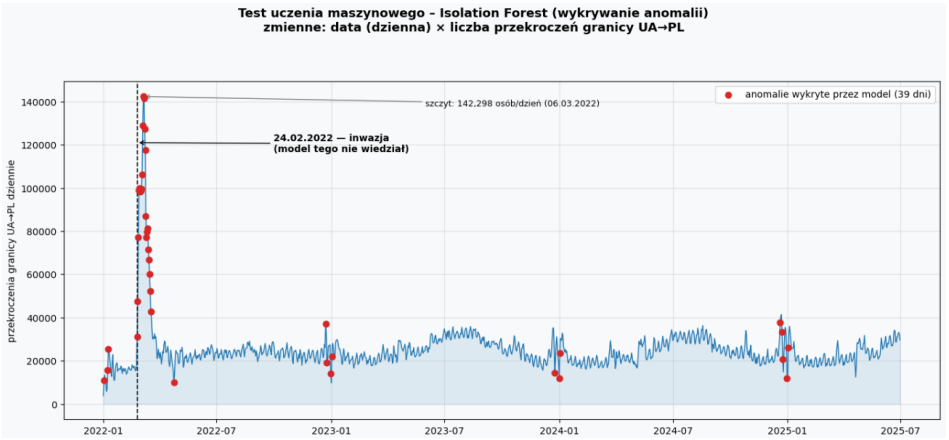
Źródło: Statista na podstawie danych Biura Wysokiego Komisarza Narodów Zjednoczonych do spraw Uchodźców (UNHCR).



Wykres 6. Liczba osób wewnętrznie przesiedlonych (IDP) i powracających w Ukrainie wg regionu (grudzień 2024)

Źródło: Statista na podstawie danych Międzynarodowej Organizacji do spraw Migracji (IOM).

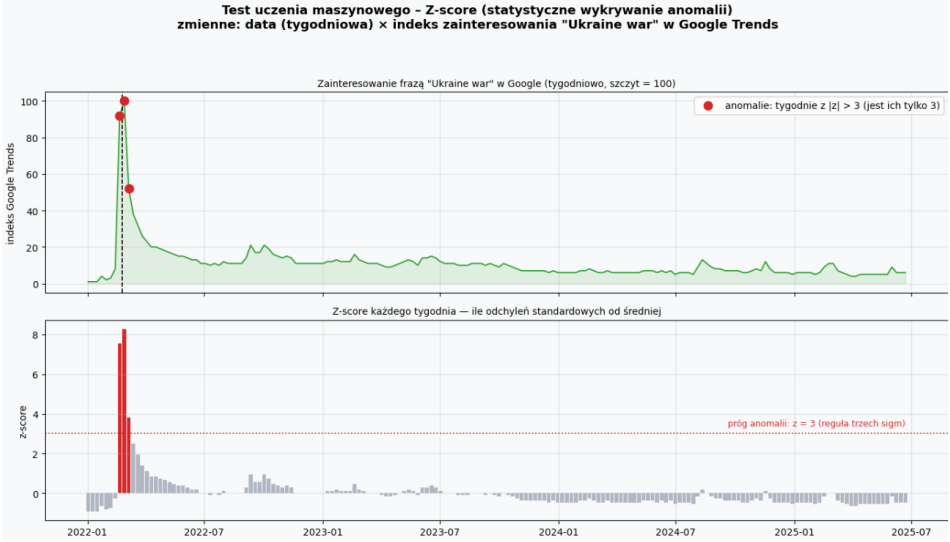
Skala przesiedleń wynika z intensywności działań zbrojnych, co uzasadnia bliższą analizę natężenia konfliktu w czasie. Sprawdzono przy tym, czy algorytm pozbawiony wiedzy o kontekście historycznym samodzielnie wskaże moment wybuchu wojny. Modelowi dostarczono wyłącznie dzienne liczby przekroczeń granicy ukraińsko-polskiej, bez informacji o datach. Mimo to zwarty zbiór wykrytych anomalii rozpoczyna się dokładnie 24 lutego 2022 roku, ze szczytem wynoszącym 142 298 osób w dniu 6 marca 2022 roku. Algorytm wskazał zatem początek inwazji samodzielnie. Wynik zastosowania lasu izolacji przedstawiono na wykresie 7.



Wykres 7. Wykrywanie anomalii w ruchu granicznym metodą lasu izolacji

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Straży Granicznej udostępnionych przez Statistę, z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteka scikit-learn).

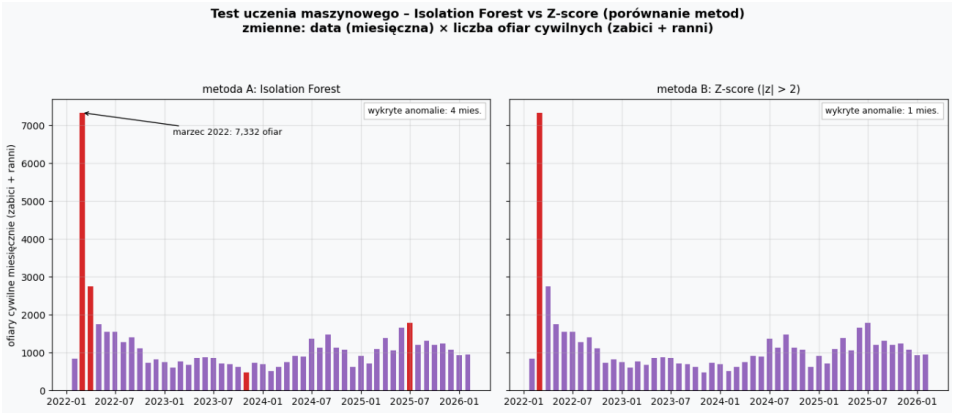
Wynik ten wymaga weryfikacji na odrębnym zbiorze danych, a zarazem sprawdzenia, czy do jego uzyskania konieczny jest rozbudowany aparat obliczeniowy. Tę samą kwestię zbadano więc miarą Z-score, czyli metodą klasyczną i znacznie prostszą, zastosowaną do danych o częstości wyszukiwań internetowych. W całym szeregu wskazuje ona jedynie trzy nietypowe tygodnie, wszystkie przypadające na przełom lutego i marca 2022 roku. Dwie odmienne techniki, zastosowane do dwóch różnych zbiorów danych, wskazują zatem ten sam moment przełomu. Wynik przedstawiono na wykresie 8.



Wykres 8. Wykrywanie anomalii w danych Google Trends metodą Z-score

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Google Trends udostępnionych przez Statistę, z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteka scikit-learn).

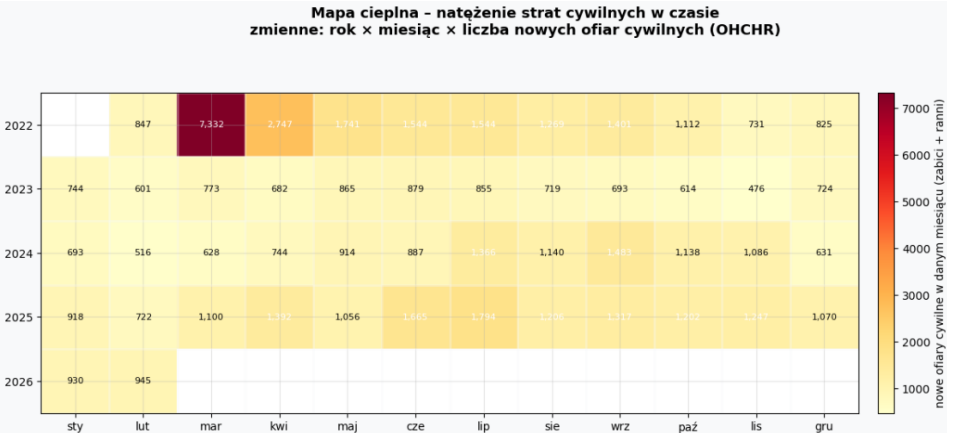
Zgodność metod uzasadnia sprawdzenie ich zachowania na kolejnym zbiorze. Zestawione na danych o ofiarach cywilnych wskazują ten sam najcięższy miesiąc, czyli marzec 2022 roku z liczbą 7 332 ofiar. Las izolacji okazuje się przy tym czulszy i wychwytuje dodatkowe miesiące o podwyższonym natężeniu strat, co ujawnia kompromis między czułością metody a jej selektywnością. Wynik porównania przedstawiono na wykresie 9.



Wykres 9. Porównanie metod wykrywania anomalii na danych o ofiarach cywilnych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Biura Wysokiego Komisarza Narodów Zjednoczonych do spraw Praw Człowieka (OHCHR) udostępnionych przez Statistę, z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteka scikit-learn).

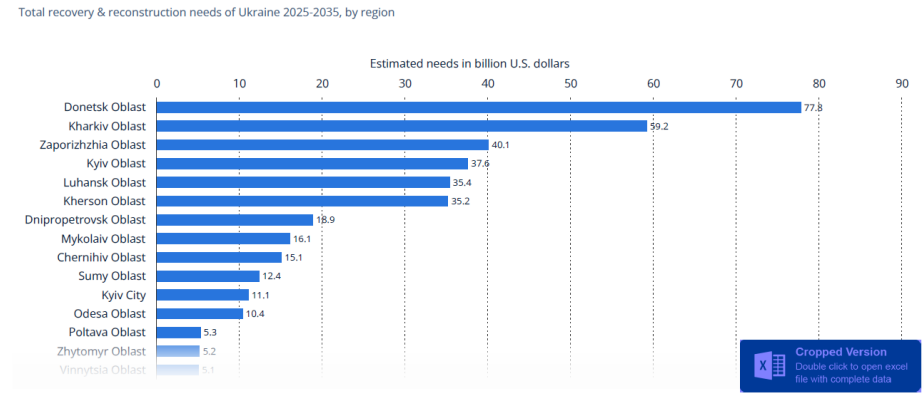
Obraz uzupełnia syntetyczne ujęcie rozkładu strat w czasie. Dane źródłowe mają charakter skumulowany, dlatego przedstawiono przyrosty miesięczne, czyli liczbę nowych ofiar w danym miesiącu. Marzec 2022 wyróżnia się najintensywniejszą barwą jako miesiąc o zdecydowanie najwyższym natężeniu strat, natomiast lata kolejne cechuje natężenie niższe i względnie wyrównane. Natężenie strat cywilnych w układzie rok × miesiąc przedstawiono na wykresie 10.



Wykres 10. Mapa cieplna natężenia strat cywilnych w układzie rok × miesiąc

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych OHCHR udostępnionych przez Statistę, z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteka matplotlib).

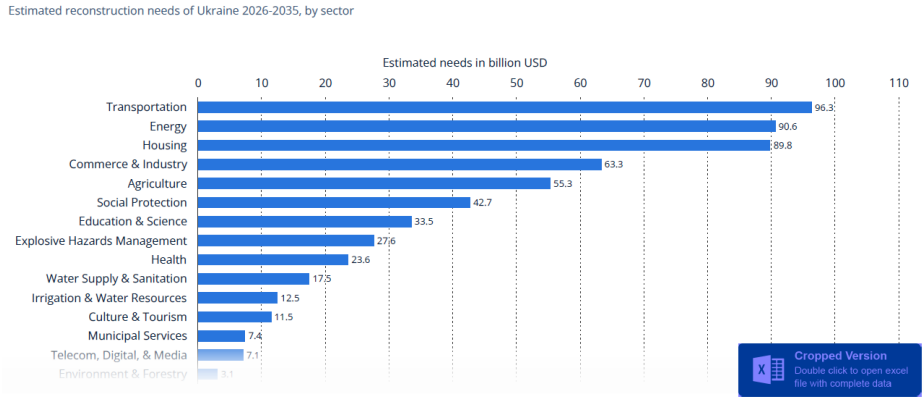
Ostatni etap analizy obejmuje perspektywę przyszłą, wiążącą intensywność działań zbrojnych z ich długofalowymi kosztami. Geograficzny rozkład potrzeb odbudowy odwzorowuje przebieg walk, ponieważ najwyższe koszty szacuje się dla obwodów donieckiego, charkowskiego i zaporoskiego, czyli regionów przyfrontowych, w których wcześniej odnotowano najwyższe liczby osób przesiedlonych. Łańcuch przyczynowo-skutkowy ulega tym samym domknięciu: większej intensywności walk towarzyszy większa skala przesiedleń, a w konsekwencji szerszy zakres zniszczeń. Szacowane potrzeby odbudowy w podziale na regiony przedstawiono na wykresie 11.



Wykres 11. Szacowane potrzeby odbudowy Ukrainy wg regionu (2025–2035)

Źródło: Statista na podstawie danych Banku Światowego, Komisji Europejskiej, Organizacji Narodów Zjednoczonych oraz rządu Ukrainy.

W ujęciu sektorowym największych nakładów wymagają transport, energetyka i mieszkalnictwo. Odbudowa dotyczy zatem przede wszystkim infrastruktury podstawowej, warunkującej funkcjonowanie gospodarki oraz powrót mieszkańców, co odpowiada wcześniejszym ustaleniom o znaczeniu sekwencji odbudowy. Strukturę potrzeb w podziale na sektory przedstawiono na wykresie 12.

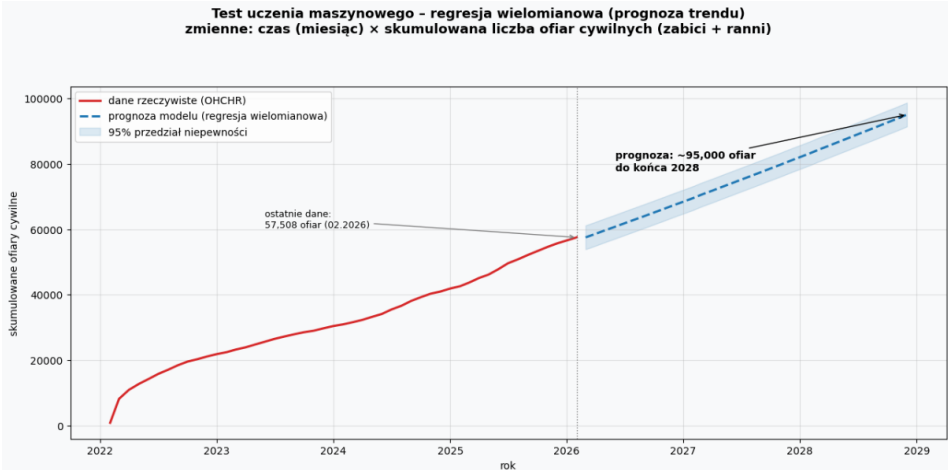


Wykres 12. Szacowane potrzeby odbudowy Ukrainy wg sektora (2026–2035)

Źródło: Statista na podstawie danych Banku Światowego, Komisji Europejskiej, Organizacji Narodów Zjednoczonych oraz rządu Ukrainy.

Analizę zamyka ekstrapolacja trendu strat cywilnych, oparta na regresji wielomianowej. Model dopasowano do danych z lat 2022–2026, a następnie wykorzystano do przedłużenia skumulowanej liczby ofiar do końca 2028 roku. Przy założeniu

utrzymania dotychczasowego tempa liczba ta osiągnęłaby około 95 tysięcy, przy czym wraz z wydłużaniem horyzontu poszerza się przedział niepewności. Współczynnik determinacji wynosi wprawdzie 0,982, wartości tej nie należy jednak traktować jako miary jakości modelu. Szereg skumulowany jest z definicji monotonicznie rosnący i gładki, wobec czego wysokie dopasowanie osiąga na nim niemal każda funkcja wielomianowa, a trafność predykcyjna poza zakresem obserwacji pozostaje kwestią odrębną. Zgodnie z przyjętym wcześniej rozróżnieniem wynik stanowi scenariusz kontynuacji, nie zaś prognozę w sensie ścisłym, ponieważ zakłada niezmienność warunków i nie uwzględnia ani zawieszenia broni, ani eskalacji, ani zmian w metodyce raportowania. Wynik ekstrapolacji przedstawiono na wykresie 13.



Wykres 13. Prognoza skumulowanej liczby ofiar cywilnych metodą regresji wielomianowej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych OHCHR udostępnionych przez Statistę, z wykorzystaniem środowiska Jupyter Notebook (Python, biblioteki scikit-learn i matplotlib).

Przedstawione wyniki wymagają kilku zastrzeżeń. Analizowane zbiory obejmują od kilkudziesięciu do kilkuset obserwacji, co lokuje badanie w obszarze eksploracji, a nie konfirmacji. Wyniki grupowania pozostają wrażliwe na dobór zmiennych i przyjętą liczbę skupień, rezultaty wykrywania anomalii zaś na założony udział obserwacji nietypowych. Dane o ofiarach cywilnych obarczone są niedoraportowaniem o zróżnicowanym rozkładzie przestrzennym, wobec czego wartości raportowane stanowią oszacowanie dolne (Weidmann, 2016). Zastosowane algorytmy identyfikują wyłącznie nietypowość statystyczną, nie zaś jej przyczynę, a nadanie wykrytym anomaliom znaczenia merytorycznego pozostaje zadaniem badacza.

Mimo tych ograniczeń zgodność wyników uzyskanych niezależnie odmiennymi metodami i na odrębnych zbiorach danych pozwala uznać zidentyfikowane prawidłowości za dostatecznie ugruntowane.

Podsumowanie

Celem rozdziału było przedstawienie przebiegu i skutków wojny rosyjsko-ukraińskiej w ujęciu ilościowym, w układzie prowadzącym od sytuacji gospodarczej Ukrainy i skali pomocy międzynarodowej, poprzez ruchy ludności oraz straty wojenne, aż po szacunki dotyczące odbudowy. Zebrany materiał pozwala odpowiedzieć na wszystkie postawione pytania i zweryfikować cztery hipotezy.

Inwazja z 2022 roku przerwała wieloletnią tendencję wzrostową produktu krajowego brutto Ukrainy. Załamanie było gwałtowne, a odbudowa wartości nominalnej przebiega powoli. Szacowane koszty odbudowy, sięgające perspektywy 2035 roku, koncentrują się w regionach przyfrontowych i w sektorach infrastruktury podstawowej. Obraz ten odpowiada ustaleniom literatury, zgodnie z którymi gwałtowne załamania produkcji rzadko udaje się w pełni odrobić, a tempo odbudowy zależy przede wszystkim od zakresu zniszczeń oraz jakości instytucji (Cerra & Saxena, 2008; Chen et al., 2008).

Pierwsza hipoteza znalazła potwierdzenie. Pomoc odniesiona do produktu krajowego brutto darczyńcy daje inny obraz zaangażowania niż wielkości bezwzględne: największy wysiłek wobec własnego potencjału ponoszą państwa nordyckie i bałtyckie, podczas gdy w ujęciu bezwzględnym prowadzą kraje o największych budżetach. Wynik ten pokazuje, jak istotny jest dobór miary w badaniach nad podziałem ciężarów wsparcia (Hartley & Sandler, 1999; Antezza et al., 2022).

Materiał empiryczny potwierdził również hipotezę drugą. Analiza skupień wyodrębniła Niemcy i Polskę jako przypadki o profilu wyraźnie odmiennym od pozostałych państw, a algorytm gęstościowy zaklasyfikował je jako obserwacje odstające, niepasujące do żadnej gęstej grupy. Różnica ma zatem charakter jakościowy, nie zaś wyłącznie ilościowy, co odpowiada ustaleniom o nierównomiernym rozkładzie kosztów ochrony uchodźców w Europie (Thielemann, 2003). Wniosek ten dotyczy jednak wyłącznie obciążenia związanego z przyjęciem uchodźców, ponieważ pomoc militarna i transfery finansowe nie weszły do zbioru zmiennych.

Rozkład przesiedleń wewnętrznych ukształtował się zgodnie z hipotezą trzecią. Najwięcej osób przesiedlonych odnotowano w obwodach wschodnich i przyfrontowych, natomiast powroty koncentrują się w regionach względnie stabilnych, przede wszystkim w obwodzie kijowskim. Układ ten odpowiada ustaleniom, zgodnie

z którymi o kierunku ucieczki decyduje geograficzny zasięg zagrożenia, a powroty rozpoczynają się na obszarach oddalonych od frontu (Melander & Öberg, 2007; Alrababa'h et al., 2023).

Hipoteza czwarta również się potwierdziła. Szacowane potrzeby odbudowy koncentrują się w regionach o najwyższej intensywności działań zbrojnych i największej skali przesiedleń, czyli w obwodach donieckim, charkowskim i zaporoskim. Domyka to łańcuch przyczynowo-skutkowy stanowiący oś rozdziału: natężenie walk warunkuje skalę przesiedleń, ta zaś wyprzedza przestrzenny rozkład przyszłych kosztów odbudowy.

Osobnego omówienia wymaga pytanie o zdolność metod wykrywania anomalii do identyfikacji punktów przełomu bez informacji o kontekście. Algorytmy, którym dostarczono wyłącznie wartości liczbowe, wskazały początek pełnoskalowej inwazji z dokładnością do dnia na dwóch zbiorach obejmujących okres sprzed lutego 2022 roku, to jest na ewidencji przekroczeń granicy oraz na danych o śladzie cyfrowym. Trzeci zbiór, rejestrujący ofiary cywilne, rozpoczyna się dopiero wraz z inwazją, wobec czego pozwolił wskazać nie moment przełomu, lecz okres najwyższych strat, zgodnie wytypowany przez obie metody jako marzec 2022 roku. Na uwagę zasługuje przy tym, że wynik uzyskany lasem izolacji odtworzyła również miara Z-score, czyli narzędzie o kilka dekad starsze i nieporównanie prostsze. Zbieżność ta wzmacnia wiarygodność ustalenia, a zarazem wskazuje, że w przypadku szoków o tak dużej skali rozbudowany aparat obliczeniowy nie jest warunkiem koniecznym ich wykrycia.

Wartość poznawcza rozdziału polega przede wszystkim na powiązaniu wymiarów gospodarczego, pomocowego, migracyjnego i humanitarnego w jeden ciąg przyczynowo-skutkowy, podczas gdy dotychczasowe opracowania skupiały się zwykle na pojedynczych aspektach zjawiska.

Uzyskane wyniki trzeba jednak interpretować ostrożnie. Analizowane zbiory mają niewielką liczebność, co lokuje badanie w obszarze eksploracji, a nie konfirmacji. Dane o ofiarach cywilnych obarczone są niedoraportowaniem o zróżnicowanym rozkładzie przestrzennym (Weidmann, 2016), część danych o odbudowie zaś ma charakter szacunkowy i podlega rewizjom. Przedstawiona ekstrapolacja trendu pozostaje scenariuszem kontynuacji, nie zaś prognozą uwzględniającą możliwe zmiany warunków.

Ograniczenia te wyznaczają zarazem kierunki dalszych badań. Obiecujące wydaje się rozszerzenie zbioru zmiennych opisujących darczyńców o komponenty pomocy militarnej i finansowej, co pozwoliłoby zbudować pełniejszą typologię profili wsparcia. Wartościowe byłoby też zastosowanie metod syntetycznej kontroli do oszacowania kosztu wojny jako różnicy wobec trajektorii kontrfaktycznej (Abadie

& Gardeazabal, 2003) oraz przeniesienie analizy anomalii na poziom regionalny, co umożliwiłoby powiązanie punktów przełomu z przebiegiem linii frontu. Osobnym obszarem pozostaje systematyczna weryfikacja przydatności śladu cyfrowego jako źródła uzupełniającego statystyki instytucjonalne, z uwzględnieniem znanych ograniczeń stabilności tego rodzaju danych (Lazer et al., 2014).

Bibliografia

Abadie, A., & Gardeazabal, J. (2003). The economic costs of conflict: A case study of the Basque Country. *American Economic Review, 93*(1), 113–132.

Adhikari, P. (2013). Conflict-induced displacement, understanding the causes of flight. *American Journal of Political Science, 57*(1), 82–89.

Alesina, A., & Dollar, D. (2000). Who gives foreign aid to whom and why? *Journal of Economic Growth, 5*(1), 33–63.

Alrababa'h, A., Masterson, D., Casalis, M., Hangartner, D., & Weinstein, J. (2023). The dynamics of refugee return: Syrian refugees and their migration intentions. *British Journal of Political Science, 53*(4), 1108–1131.

Antezza, A., Frank, A., Frank, P., Franz, L., Rebinskaya, E., & Trebesch, C. (2022). *The Ukraine Support Tracker: Which countries help Ukraine and how?* (Kiel Working Paper No. 2218). Kiel Institute for the World Economy.

Bank Światowy, Komisja Europejska, Organizacja Narodów Zjednoczonych i rząd Ukrainy. Szacunki potrzeb odbudowy Ukrainy. Dane udostępnione przez Statista.

Becker, T., Eichengreen, B., Gorodnichenko, Y., Guriev, S., Johnson, S., Mylovanov, T., Rogoff, K., & Weder di Mauro, B. (2022). *A blueprint for the reconstruction of Ukraine* (CEPR Rapid Response Economics 1). CEPR Press.

Berthélemy, J.-C. (2006). Bilateral donors' interest vs. recipients' development motives in aid allocation: Do all donors behave the same? *Review of Development Economics, 10*(2), 179–194.

Biuro Wysokiego Komisarza Narodów Zjednoczonych do spraw Praw Człowieka (OHCHR). Dane o ofiarach cywilnych. Dane udostępnione przez Statista.

Biuro Wysokiego Komisarza Narodów Zjednoczonych do spraw Uchodźców (UNHCR). Dane o uchodźcach z Ukrainy. Dane udostępnione przez Statista.

Blattman, C., & Miguel, E. (2010). Civil war. *Journal of Economic Literature, 48*(1), 3–57.

Carrera, S., & Ineli-Ciger, M. (red.). (2023). *EU responses to the large-scale refugee displacement from Ukraine*. European University Institute.

Cederman, L.-E., & Weidmann, N. B. (2017). Predicting armed conflict: Time to adjust our expectations? *Science, 355*(6324), 474–476.

Cerra, V., & Saxena, S. C. (2008). Growth dynamics: The myth of economic recovery. *American Economic Review, 98*(1), 439–457.

Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. *ACM Computing Surveys, 41*(3), Article 15.

Chen, S., Loayza, N. V., & Reynal-Querol, M. (2008). The aftermath of civil war. *The World Bank Economic Review, 22*(1), 63–85.

Choi, H., & Varian, H. (2012). Predicting the present with Google Trends. *Economic Record, 88*(s1), 2–9.

Collier, P. (1999). On the economic consequences of civil war. *Oxford Economic Papers, 51*(1), 168–183.

Collier, P., & Hoeffler, A. (2004). Aid, policy and growth in post-conflict societies. *European Economic Review, 48*(5), 1125–1145.

Davenport, C., Moore, W. H., & Poe, S. C. (2003). Sometimes you just have to leave: Domestic threats and forced migration, 1964–1989. *International Interactions, 29*(1), 27–55.

Ester, M., Kriegel, H.-P., Sander, J., & Xu, X. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. W *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (s. 226–231). AAAI Press.

Flores, T. E., & Nooruddin, I. (2009). Financing the peace: Evaluating World Bank post-conflict assistance programs. *The Review of International Organizations, 4*(1), 1–27.

Gates, S., Hegre, H., Nygård, H. M., & Strand, H. (2012). Development consequences of armed conflict. *World Development, 40*(9), 1713–1722.

Google Trends. Zagregowane statystyki wyszukiwań. Dane udostępnione przez Statista.

Hartley, K., & Sandler, T. (1999). NATO burden-sharing: Past and future. *Journal of Peace Research, 36*(6), 665–680.

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction* (wyd. 2). Springer.

Hofman, J. M., Sharma, A., & Watts, D. J. (2017). Prediction and explanation in social systems. *Science, 355*(6324), 486–488.

Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis* (wyd. 2). Springer.

Kang, S., & Meernik, J. (2005). Civil war destruction and the prospects for economic growth. *The Journal of Politics, 67*(1), 88–109.

Kiel Institute for the World Economy. Ukraine Support Tracker. Dane udostępnione przez Statista.

Koubi, V. (2005). War and economic performance. *Journal of Peace Research, 42*(1), 67–82.

Lazer, D., Kennedy, R., King, G., & Vespignani, A. (2014). The parable of Google Flu: Traps in big data analysis. *Science, 343*(6176), 1203–1205.

Liu, F. T., Ting, K. M., & Zhou, Z.-H. (2008). Isolation forest. W *2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining* (s. 413–422). IEEE.

MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. W *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability* (t. 1, s. 281–297). University of California Press.

Melander, E., & Öberg, M. (2007). The threat of violence and forced migration: Geographical scope trumps intensity of fighting. *Civil Wars, 9*(2), 156–173.

Międzynarodowa Organizacja do spraw Migracji (IOM). Dane o osobach wewnętrznie przesiedlonych i powracających. Dane udostępnione przez Statista.

Międzynarodowy Fundusz Walutowy. Dane o produkcie krajowym brutto Ukrainy. Dane udostępnione przez Statista.

Mooney, E. (2005). The concept of internal displacement and the case for internally displaced persons as a category of concern. *Refugee Survey Quarterly, 24*(3), 9–26.

Moore, W. H., & Shellman, S. M. (2004). Fear of persecution: Forced migration, 1952–1995. *Journal of Conflict Resolution, 48*(5), 723–745.

Olson, M., & Zeckhauser, R. (1966). An economic theory of alliances. *The Review of Economics and Statistics, 48*(3), 266–279.

Oneal, J. R. (1990). The theory of collective action and burden sharing in NATO. *International Organization, 44*(3), 379–402.

Organski, A. F. K., & Kugler, J. (1977). The costs of major wars: The Phoenix factor. *American Political Science Review, 71*(4), 1347–1366.

Sandler, T., & Hartley, K. (2001). Economics of alliances: The lessons for collective action. *Journal of Economic Literature, 39*(3), 869–896.

Schmeidl, S. (1997). Exploring the causes of forced migration: A pooled time-series analysis, 1971–1990. *Social Science Quarterly, 78*(2), 284–308.

Straż Graniczna. Ewidencja przekroczeń granicy ukraińsko-polskiej. Dane udostępnione przez Statista.

Suhrke, A. (1998). Burden-sharing during refugee emergencies: The logic of collective versus national action. *Journal of Refugee Studies, 11*(4), 396–415.

Thielemann, E. R. (2003). Between interests and norms: Explaining burden-sharing in the European Union. *Journal of Refugee Studies, 16*(3), 253–273.

Ward, M. D., Greenhill, B. D., & Bakke, K. M. (2010). The perils of policy by p-value: Predicting civil conflicts. *Journal of Peace Research, 47*(4), 363–375.

Weidmann, N. B. (2015). On the accuracy of media-based conflict event data. *Journal of Conflict Resolution, 59*(6), 1129–1149.

Weidmann, N. B. (2016). A closer look at reporting bias in conflict event data. *American Journal of Political Science, 60*(1), 206–218.

THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR IN DATA: FROM THE ECONOMY TO RECONSTRUCTION

Abstract: The chapter examines the course and consequences of the Russian-Ukrainian war along a causal sequence leading from Ukraine's economic situation and the scale of international aid, through population movements and wartime losses, to estimates of reconstruction needs. It begins with a review of research on the economic consequences of armed conflict, theories of international burden-sharing, and the mechanisms of forced migration. These theoretical considerations are confronted with empirical material comprising institutional statistics and digital trace data. The findings show that the relative aid effort of individual states differs substantially from their engagement measured in absolute terms, and that countries neighbouring Ukraine bear a qualitatively different burden from other European states. The distribution of displacement and the geography of reconstruction needs mirror the course of hostilities, confirming the coherence of the entire causal chain. The machine learning methods applied made it possible to identify both the outbreak of the war and the period of highest civilian losses solely on the basis of the properties of the data series, without recourse to knowledge of the historical context.

Keywords: Russian-Ukrainian war, economic consequences of conflict, international aid, forced migration, post-war reconstruction, machine learning.

Daniel Ślęzak

dr, Gdański Uniwersytet Medyczny, Wydział Nauk o Zdrowiu
z Instytutem Medycyny Morskiej i Tropikalnej,
Zakład Ratownictwa Medycznego
ORCID: 0000-0002-0052-5654

ROLA SYMULACJI MEDYCZNEJ W PRZYGOTOWANIU STUDENTÓW PIELĘGNIARSTWA DO PRACY Z PACJENTEM

Streszczenie: Niniejszy artykuł podejmuje problematykę roli symulacji medycznej w procesie kształcenia studentów pielęgniarstwa, ze szczególnym uwzględnieniem ich wpływu na gotowość do samodzielnej i kompetentnej pracy z pacjentem. Celem opracowania jest systematyczna analiza teoretycznych podstaw metody symulacyjnej, jej typologii oraz udokumentowanych efektów zastosowania w kształceniu pielęgniarskim, a także weryfikacja czterech hipotez badawczych. Hipotezy zakładają, że: regularne stosowanie symulacji medycznej istotnie zwiększa kompetencje praktyczne studentów (H1); symulacje wpływają pozytywnie na poczucie własnej skuteczności i pewność siebie w kontakcie z pacjentem (H2); strukturyzowany debriefing wzmacnia efekty uczenia się i sprzyja rozwojowi krytycznego myślenia (H3); symulacja może skutecznie uzupełniać, a w określonych warunkach częściowo zastępować tradycyjne zajęcia praktyczne (H4). Artykuł oparty jest na przeglądzie literatury naukowej – zarówno polskiej, jak i zagranicznej – oraz na analizie wyników istniejących badań empirycznych. Omówiono m.in. wyniki wieloośrodkowego badania NCSBN (National Council of State Boards of Nursing), wskazującego że symulacja może zastąpić do 50% tradycyjnych godzin klinicznych, wyniki badań dotyczących wpływu symulacji na poczucie własnej skuteczności (self-efficacy) i kompetencje komunikacyjne studentów, a także standardy INACSL regulujące jakość kształcenia symulacyjnego. Przeanalizowano ponadto uwarunkowania instytucjonalne wdrażania symulacji w Polsce, w tym dynamiczny rozwój Centrów Symulacji Medycznych finansowanych ze środków Unii Europejskiej. Wyniki analiz jednoznacznie potwierdzają wszystkie cztery hipotezy badawcze – symulacja kliniczna jest skutecznym narzędziem dydaktycznym, podnoszącym jakość kształcenia pielęgniarskiego w zakresie umiejętności technicznych, interpersonalnych i decyzyjnych. Jej efektywność zależy jednak od właściwej organizacji procesu dydaktycznego, kwalifikacji kadry prowadzącej i integracji z programem studiów. Artykuł wskazuje na konieczność prowadzenia dalszych badań longitudinalnych w polskim kontekście edukacyjnym.

Słowa kluczowe: Symulacja medyczna, kształcenie pielęgniarskie, kompetencje praktyczne, debriefing, bezpieczeństwo pacjenta.

Wstęp

Kształcenie pielęgniarskie należy do tych dziedzin edukacji zawodowej, w których praktyczne przygotowanie studentów do bezpośredniej pracy z pacjentem stanowi nie tylko wymóg programowy, lecz przede wszystkim warunek bezpiecznego wykonywania zawodu. Rosnące wymagania systemu ochrony zdrowia, złożoność procedur klinicznych oraz konieczność minimalizowania ryzyka błędów wynikających z niedostatecznego przygotowania adeptów zawodu sprawiają, że tradycyjne metody kształcenia klinicznego wymagają uzupełnienia o nowoczesne, bezpieczne i powtarzalne formy nauczania.

Odpowiedzią na te potrzeby jest symulacja medyczna – metoda edukacyjna umożliwiająca uczenie się przez doświadczenie w kontrolowanym środowisku, która zyskuje coraz większe znaczenie w programach kształcenia na kierunkach medycznych na całym świecie. Jej zasadniczym celem jest odtwarzanie konkretnych schematów działań klinicznych w warunkach zbliżonych do rzeczywistości, bez narażania pacjentów na ryzyko wynikające z błędów popełnianych przez osoby uczące się. Dzięki temu studenci mogą wielokrotnie ćwiczyć procedury pielęgniarskie, rozwijać kompetencje decyzyjne oraz kształtować postawę zawodową w sposób bezpieczny i metodycznie kontrolowany.

Celem niniejszego artykułu jest systematyczna analiza roli symulacji medycznej w przygotowaniu studentów pielęgniarstwa do pracy z pacjentem, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu tej metody dydaktycznej na nabywanie kompetencji praktycznych, kształtowanie postawy zawodowej oraz rozwijanie umiejętności interpersonalnych niezbędnych w praktyce pielęgniarskiej. Problem badawczy sformułowano następująco: W jakim stopniu symulacja medyczna jako metoda dydaktyczna wpływa na gotowość studentów pielęgniarstwa do samodzielnej i kompetentnej pracy z pacjentem?

Na podstawie analizy literatury przedmiotu sformułowano następujące hipotezy badawcze:

H1: Regularne uczestnictwo studentów pielęgniarstwa w symulacjach medycznych istotnie zwiększa ich kompetencje praktyczne oraz techniczną sprawność w wykonywaniu procedur pielęgniarskich.

H2: Symulacje medyczne wpływają pozytywnie na poczucie własnej skuteczności (self-efficacy) oraz pewność siebie studentów pielęgniarstwa w kontakcie z pacjentem.

H3: Strukturyzowany debriefing przeprowadzany po symulacji medycznej wzmacnia efekty uczenia się i sprzyja rozwojowi kompetencji krytycznego myślenia.

H4: Symulacja medyczna może skutecznie uzupełniać, a w określonych warunkach częściowo zastępować tradycyjne zajęcia praktyczne w programie kształcenia pielęgniarskiego.

Artykuł podejmuje analizę teoretycznych podstaw symulacji medycznej, ich typologii oraz udokumentowanych efektów zastosowania w kształceniu pielęgniarskim. W kolejnych sekcjach omówiono rodzaje symulatorów i scenariuszy klinicznych, rolę debriefingu jako kluczowego elementu procesu uczenia się, wpływ symulacji na kompetencje praktyczne i emocjonalne studentów, a także zagadnienie zastępowalności tradycyjnych praktyk klinicznych przez symulację. Artykuł wieńczą wnioski oraz propozycje dalszych kierunków badań.

Teoretyczne podstawy symulacji medycznej w pielęgniarstwie

Symulacja medyczna jest definiowana jako metoda edukacyjna polegająca na stwarzaniu możliwości nauki przez doświadczenie w kontrolowanym środowisku – laboratorium symulacyjnym – poprzez odtworzenie konkretnych zachowań, procedur lub warunków klinicznych nieangażujących rzeczywistych pacjentów. Celem symulacji jest umożliwienie studentom zdobycia doświadczenia sytuacyjnego, które może wystąpić w codziennej praktyce klinicznej, w warunkach naśladujących rzeczywistość, przy jednoczesnym zachowaniu pełnego bezpieczeństwa wszystkich uczestników procesu dydaktycznego (Betke, 2026).

Istotą metody symulacyjnej jest zasada uczenia się przez działanie (learning by doing), wywodząca się z konstruktywistycznej teorii uczenia się. Student nie jest biernym odbiorcą wiedzy, lecz aktywnym uczestnikiem sytuacji klinicznej, który musi podejmować decyzje, reagować na zmieniające się parametry stanu pacjenta i współpracować z innymi członkami zespołu. Takie podejście sprzyja trwałemu utrwaleniu wiedzy, rozwijaniu umiejętności praktycznych oraz kształtowaniu postaw zawodowych niezbędnych w pracy pielęgniarki (Adamczuk i in., 2021).

Warto podkreślić, że symulacja medyczna nie jest jednorodną metodą, lecz szeroką kategorią technik dydaktycznych obejmujących zarówno proste ćwiczenia manualne na fantomach niskiej wierności, jak i złożone scenariusze z udziałem zaawansowanych symulatorów pacjenta reagujących na działania uczącego się w czasie rzeczywistym. Dobór odpowiedniego rodzaju symulacji powinien być uzależniony

od poziomu zaawansowania studenta, celów kształcenia oraz dostępnych zasobów dydaktycznych (Kuśnierz, 2025).

Warto również zwrócić uwagę na rodzaje symulacji i ich zastosowanie w pielęgniarstwie. Współczesna literatura dydaktyczna wyróżnia kilka głównych typów symulacji stosowanych w kształceniu pielęgniarskim. Pierwszym z nich jest trening zadaniowy (task training), polegający na wielokrotnym ćwiczeniu pojedynczych procedur – takich jak pobieranie krwi, podawanie leków drogą dożylną czy pielęgnacja rany – na fantomach niskiej wierności. Kolejną metodą jest symulacja z udziałem standaryzowanego pacjenta, czyli osoby wyszkolonej w odgrywaniu roli chorego z określonym wywiadem i objawami. Najwyższym poziomem zaawansowania jest symulacja wysokiej wierności (high-fidelity simulation, HFS), realizowana z użyciem zaawansowanych manekinów reagujących na interwencje uczących się (Czekirda, 2019; Admed, 2025).

Symulacja wysokiej wierności zasługuje na szczególną uwagę z uwagi na stopień realizmu, który umożliwia studentom pielęgniarstwa doświadczanie złożonych, wielowymiarowych sytuacji klinicznych niemożliwych do odtworzenia w ramach tradycyjnych ćwiczeń laboratoryjnych. Zaawansowane manekiny symulujące fizjologię człowieka – takie jak systemy oddechu, tętna, ciśnienia, reakcji źrenic – pozwalają odzwierciedlić rzeczywiste stany kliniczne i umożliwiają studentom ćwiczenie zarówno procedur technicznych, jak i decyzji klinicznych w warunkach zbliżonych do realnego oddziału szpitalnego (Kuśnierz, 2025).

Uzupełnieniem powyższych form są symulacje wirtualne i komputerowe, które w ostatnich latach zyskały na znaczeniu w kontekście kształcenia zdalnego i hybrydowego. Wirtualne środowiska kliniczne pozwalają studentom na doskonalenie procesu decyzyjnego, interpretacji danych klinicznych i zarządzania opieką nad pacjentem bez konieczności fizycznej obecności w centrum symulacji. Rozwiązania te stanowią wartościowe uzupełnienie symulacji wysokiej wierności, szczególnie w kontekście wyrównywania dostępu do praktycznych form kształcenia dla studentów z różnych ośrodków akademickich (Sim i in., 2022).

Standardy i regulacje prawne w zakresie symulacji medycznej

Organizacją ustanawiającą standardy jakości symulacji medycznej na poziomie międzynarodowym jest INACSL (International Nursing Association for Clinical Simulation and Learning), której standardy Healthcare Simulation Standards of Best Practice™ zostały przetłumaczone na język polski i są dostępne dla polskich

ośrodków akademickich. Standardy te precyzują wymagania dotyczące projektowania symulacji, prebriefingu, debriefingu, oceny kompetencji oraz kwalifikacji kadry prowadzącej zajęcia symulacyjne, tworząc kompleksową mapę drogową dla instytucji wdrażających symulację do programów kształcenia (Międzynarodowe Stowarzyszenie Pielęgniarskie Symulacji Klinicznej i Nauczania, 2021).

Przełomowym wydarzeniem w dziedzinie standaryzacji symulacji medycznej było wieloośrodkowe badanie przeprowadzone przez NCSBN (National Council of State Boards of Nursing), które wykazało, że symulacja może zastąpić do 50% tradycyjnych godzin klinicznych w programach kształcenia pielęgniarskiego, pod warunkiem spełnienia określonych wymogów organizacyjnych i dydaktycznych. Warunki te obejmują m.in. formalne przygotowanie kadry w zakresie pedagogiki symulacyjnej, opartego na teorii debriefingu prowadzonego przez wykwalifikowanych edukatorów, a także odpowiednie wyposażenie centrum symulacji i celową integrację symulacji z programem kształcenia (National League for Nursing, 2014).

Warte odnotowania są również Krajowe Wytyczne Symulacyjne NCSBN (National Simulation Guidelines for Prelicensure Nursing Programs), które – opierając się na dorobku badania NCSBN oraz aktualnych standardach INACSL – stanowią kompleksowy przewodnik po wdrażaniu symulacji do programów kształcenia pielęgniarek, obejmujący wytyczne dotyczące eksperckich kwalifikacji kadry, jakości scenariuszy, monitorowania wyników kształcenia i regularnej ewaluacji programu symulacyjnego (National Council of State Boards of Nursing, 2026).

W Polsce działania na rzecz instytucjonalizacji symulacji medycznej w kształceniu pielęgniarskim są prowadzone m.in. przez Ministerstwo Zdrowia, które w ramach programów finansowanych ze środków Unii Europejskiej organizuje nabory na projekty dotyczące kształcenia podyplomowego lekarzy, pielęgniarek i położnych z zastosowaniem symulacji medycznej przy wykorzystaniu infrastruktury Centrów Symulacji Medycznej. Plany alokacji sięgają 120 milionów PLN, co świadczy o rosnącym priorytetowym traktowaniu tej formy kształcenia przez polskie organy odpowiedzialne za politykę zdrowotną (Ministerstwo Zdrowia, 2026).

Systematyczny rozwój infrastruktury centrów symulacji medycznych na polskich uczelniach medycznych otwiera nowy rozdział edukacji medycznej w naszym kraju, umożliwiając studentom pielęgniarstwa korzystanie z nowoczesnych narzędzi dydaktycznych zgodnych z międzynarodowymi standardami (Akademia Medycznych i Społecznych Nauk Stosowanych, 2025; Ministerstwo Zdrowia, 2025). W ramach dotychczasowych naborów finansowanych ze środków unijnych dofinansowanie otrzymało 78 Centrów Symulacji Medycznej, w tym 18 wieloprofilowych i 61 monoprofilowych (Podyplomie.pl, 2022). Wzrost liczby centrów stwarza warunki

do upowszechnienia symulacji wysokiej wierności jako standardowego elementu programów kształcenia na kierunku pielęgniarstwo, co wpisuje się w wymagania wynikające ze standardów kształcenia określonych rozporządzeniem ministra właściwego do spraw szkolnictwa wyższego (Adamczuk i in., 2021).

Wpływ symulacji medycznej na kompetencje praktyczne studentów pielęgniarstwa

Jednym z podstawowych celów symulacji medycznej w kształceniu pielęgniarskim jest kształtowanie i doskonalenie umiejętności technicznych niezbędnych w codziennej pracy pielęgniarki. Liczne badania potwierdzają, że metoda symulacyjna – zarówno niskiej, jak i wysokiej wierności – jest skuteczniejsza od tradycyjnych metod nauczania w zakresie nabywania sprawności manualnej, poprawności wykonywania procedur oraz tempa reagowania na zmieniający się stan kliniczny pacjenta. Metoda symulacyjna pozwala na nabycie umiejętności klinicznych poprzez celową praktykę (deliberate practice), powtarzalną w kontrolowanych warunkach i korygowaną przez ustrukturyzowane informacje zwrotne (Adamczuk i in., 2021).

Badanie opublikowane w Nurse Education Today (2021) wykazało, że powtarzane doświadczenia symulacyjne prowadzone z elementem debriefingu znacząco podnoszą poczucie własnej skuteczności (self-efficacy) studentów w zakresie wykonywania procedur klinicznych. Co istotne, autorzy zaobserwowali charakterystyczny wzorzec: po pierwszej symulacji poczucie własnej skuteczności studenta może chwilowo obniżyć się – w związku z uświadomieniem sobie deficytów kompetencyjnych – lecz po kolejnych doświadczeniach symulacyjnych następuje wyraźny i trwały wzrost tego wskaźnika, co świadczy o rzeczywistym przyroście kompetencji (Al Gharibi i in., 2021).

Przegląd wyników badań opublikowanych w PubMed wskazuje, że kształcenie oparte na symulacji istotnie poprawia wiedzę, umiejętności i pewność siebie studentów pielęgniarstwa, a efekt ten jest szczególnie widoczny w obszarach wymagających precyzji technicznej i szybkiego podejmowania decyzji – takich jak obsługa pacjenta w stanie nagłym, resuscytacja krążeniowo-oddechowa czy zarządzanie powikłaniami pooperacyjnymi. Regularne uczestnictwo w scenariuszach symulacyjnych prowadzi do internalizacji algorytmów postępowania klinicznego i zwiększa zdolność studenta do działania pod presją (Tong i in., 2024).

Kompetencje techniczne stanowią jedynie część przygotowania do zawodu pielęgniarki – równie istotne są umiejętności komunikacyjne, interpersonalne i zdolność do efektywnej pracy w interdyscyplinarnym zespole terapeutycznym. Symulacja

medyczna, szczególnie w warunkach wysokiej wierności, stwarza unikalne możliwości ćwiczenia komunikacji z pacjentem i jego rodziną, w tym przekazywania trudnych informacji, prowadzenia wywiadu pielęgniarskiego w sytuacjach stresowych oraz efektywnego porozumiewania się w ramach zespołu (Trojnar, 2025).

Badanie opublikowane w Journal of Nursing Education and Practice (2025) wykazało, że kształcenie oparte na symulacji jest związane z istotną poprawą umiejętności komunikacyjnych, wyższym poziomem satysfakcji studentów i wzrostem pewności siebie w kontakcie z pacjentem. Spośród 91,1% uczestników badania wyrażających wysokie zadowolenie z doświadczeń symulacyjnych, zdecydowana większość wskazała, że symulacja skutecznie przygotowuje ich do realnych wyzwań komunikacyjnych w środowisku klinicznym (Jallad, 2024).

Warto zwrócić uwagę na fakt, że praca w warunkach symulowanego oddziału szpitalnego wymaga od studentów przestrzegania protokołów komunikacyjnych obowiązujących w praktyce klinicznej, takich jak struktura SBAR (Situation – Background – Assessment – Recommendation), techniki aktywnego słuchania pacjenta czy procedury bezpiecznego przekazywania dyżuru. Regularne ćwiczenie tych elementów w ramach symulacji przyczynia się do kształtowania nawyków zawodowych, które w warunkach realnego oddziału bezpośrednio przekładają się na bezpieczeństwo pacjenta i jakość sprawowanej opieki (Hayden i in., 2014; Tully, 2024).

Debriefing jako kluczowy element procesu uczenia się w symulacji

Kolejnym istotnym aspektem jest rola i struktura debriefingu. Debriefing – rozumiany jako ustrukturyzowana refleksja prowadzona bezpośrednio po zakończeniu scenariusza symulacyjnego – jest powszechnie uznawany za najważniejszy element całego procesu uczenia się w symulacji klinicznej. Jego celem jest umożliwienie studentom krytycznej analizy własnych działań, identyfikacji popełnionych błędów oraz sformułowania wniosków transferowalnych do praktyki klinicznej. Badania potwierdzają, że to właśnie jakość debriefingu, a nie sama symulacja, decyduje w największym stopniu o trwałości efektów kształcenia i głębokości przyswojenia kompetencji klinicznych (Dreifuerst, 2012).

Standardy INACSL precyzują, że debriefing powinien być prowadzony przez wykwalifikowanego edukatora przeszkolonego w zakresie technik facilitacji refleksji, a jego przebieg powinien uwzględniać trzy zasadnicze etapy: fazę reakcji emocjonalnych (reaction phase), fazę analizy zdarzeń (analysis phase) oraz fazę podsumowania i generalizacji wniosków (summary phase). Prowadzący debriefing

powinien stosować pytania otwarte, unikać krytyki bezpośredniej i stwarzać przestrzeń psychologicznego bezpieczeństwa, sprzyjającą szczerej i pogłębionej refleksji uczestników (Międzynarodowe Stowarzyszenie Pielęgniarskie Symulacji Klinicznej i Nauczania, 2021).

Warunkiem koniecznym skutecznego debriefingu jest przestrzeń psychologicznego bezpieczeństwa (psychological safety), rozumiana jako przekonanie uczestników, że mogą otwarcie mówić o popełnionych błędach, wyrażać wątpliwości i zadawać pytania bez obawy przed oceną lub ośmieszeniem. Brak tego elementu sprawia, że debriefing staje się jedynie formalnym podsumowaniem scenariusza, pozbawionym głębszego waloru edukacyjnego, zaś studenci nie są w stanie przeprowadzić autentycznej refleksji nad własną praktyką kliniczną (Laerdal, 2026).

Jednym z najczęściej podnoszonych celów symulacji medycznej jest rozwijanie kompetencji krytycznego myślenia (critical thinking), definiowanego jako zdolność do systematycznej analizy sytuacji klinicznej, oceny dostępnych danych, formułowania hipotez diagnostycznych i wyboru optymalnej strategii działania pielęgniarskiego. Badanie przeprowadzone w ramach programu kształcenia studentów pielęgniarstwa ostatniego roku wykazało istotny wzrost wskaźników krytycznego myślenia po uczestnictwie w celowo zaprojektowanym 15-godzinnym cyklu symulacyjnym z debriefingiem, potwierdzając, że symulacja jest efektywnym narzędziem kształtowania tej kompetencji (Saghafi i in., 2024).

Rozwijanie krytycznego myślenia przez symulację jest możliwe przede wszystkim dzięki temu, że scenariusze kliniczne stawiają studentów przed problemami wymagającymi integracji wiedzy z wielu dziedzin, szybkiego rozpoznania sytuacji zagrożenia zdrowia lub życia pacjenta oraz podjęcia działań adekwatnych do dynamicznie zmieniającego się obrazu klinicznego. Faza debriefingu stanowi forum, na którym studenci mogą wspólnie analizować przebieg podejmowania decyzji, identyfikować alternatywne możliwości działania i konfrontować swoje rozumowanie z wiedzą opartą na dowodach (evidence-based practice) (Adamczuk i in., 2021).

Wyniki badań empirycznych nad skutecznością symulacji medycznej

Przegląd systematyczny opublikowany w BMC Nursing (2024) dostarczył cennych danych na temat efektywności kształcenia opartego na symulacji w zakresie poprawy kompetencji studentów pielęgniarstwa. Autorzy przeanalizowali kilkadziesiąt badań empirycznych i jednoznacznie potwierdzili, że symulacja istotnie poprawia zarówno umiejętności techniczne, jak i kompetencje kliniczne studentów, a jej

skuteczność jest zbliżona lub przewyższa skuteczność tradycyjnych zajęć w warunkach klinicznych, szczególnie w zakresie procedur ratunkowych i sytuacji rzadkich (Tong i in., 2024).

Badanie przeprowadzone przez National Council of State Boards of Nursing (NCSBN), obejmujące 666 studentów z 10 programów pielęgniarskich na terenie Stanów Zjednoczonych, wykazało, że studenci, którzy do 50% swoich zajęć klinicznych zastąpili symulacją wysokiej jakości, uzyskiwali wyniki na egzaminach licencyjnych NCLEX-RN porównywalne z wynikami studentów uczestniczących wyłącznie w tradycyjnych praktykach klinicznych, a ich oceny z placementu klinicznego przez pracodawców nie różniły się istotnie. Wyniki te stanowią silny argument empiryczny na rzecz tezy, że dobrze zorganizowana symulacja może skutecznie uzupełniać tradycyjne kształcenie kliniczne (Hayden i in., 2014).

Przechodząc do wyników polskich badań, należy odwołać się do pracy doktorskiej Trojnara (2025) analizującej percepcję i efektywność symulacji wysokiej wierności w polskim kontekście kształcenia pielęgniarskiego. Autor wykazał, że studenci pielęgniarstwa wysoko oceniają skuteczność symulacji jako metody kształcenia, podkreślając jej rolę w kształtowaniu umiejętności pracy w zespole, działania pod presją stresu, wzmacniania satysfakcji zawodowej i pewności siebie. Wyniki wskazują ponadto, że studenci postrzegają symulację jako przydatny i rozwijający sposób uczenia się, uzupełniający tradycyjne praktyki kliniczne (Trojnar, 2025).

Poczucie własnej skuteczności (self-efficacy) jest jednym z kluczowych predyktorów rzeczywistej skuteczności działania zawodowego pielęgniarki i stanowi ważny wskaźnik gotowości do podjęcia samodzielnej pracy z pacjentem. Badania przeprowadzone przez Healthy Simulation (2024) potwierdzają, że studenci uczestniczący w kształceniu opartym na symulacji wykazują istotnie wyższy poziom poczucia własnej skuteczności w porównaniu z grupami kontrolnymi kształconymi metodami tradycyjnymi, a efekt ten utrzymuje się w czasie i koreluje z wyższą jakością wykonywanych procedur klinicznych po zakończeniu programu kształcenia (Tully, 2024).

Uzupełnieniem powyższych danych są wyniki badania opublikowanego w PubMed (2015), które wykazało, że kształcenie oparte na symulacji ma silny pozytywny wpływ na osiągnięcia studentów, w tym na nabywanie umiejętności pielęgniarskich i poczucie własnej skuteczności w zakresie ich wykonywania. Autorzy zwrócili uwagę na potencjalne czynniki zakłócające, takie jak lęk technologiczny studenta, krytyczna postawa egzaminatora wobec błędów popełnianych podczas symulacji oraz nieprzewidywalne reakcje werbalne i niewerbalne oceniających, które mogą negatywnie wpływać na poczucie bezpieczeństwa psychologicznego uczestnika (Lin, 2015).

Warto też przytoczyć wyniki badania opublikowanego na łamach PMC (2025), dotyczącego wpływu liczby godzin symulacyjnych na zdolność studentów pielęgniarstwa do radzenia sobie ze stresem w warunkach klinicznych. Autorzy dowiedli, że zwiększenie liczby godzin symulacyjnych w programach kształcenia istotnie wzmacnia tę zdolność, co ma bezpośrednie przełożenie na jakość opieki nad pacjentem – szczególnie w sytuacjach nagłych, wymagających działania pod dużą presją czasową i emocjonalną (Hebel i in., 2025).

Kolejnym istotnym aspektem jest symulacja medyczna a opinie studentów pielęgniarstwa w Polsce. Badanie przeprowadzone wśród polskich studentów pielęgniarstwa, opublikowane w czasopiśmie Pielęgniarstwo XXI Wieku (2022), wykazało, że symulacja medyczna jest przez respondentów oceniana jako metoda skutecznie przygotowująca do przyswojenia umiejętności praktycznych i poszerzenia kompetencji społecznych. Studenci podkreślali szczególną wartość symulacji w kontekście ćwiczenia reagowania na sytuacje kryzysowe, które w warunkach rzeczywistego oddziału szpitalnego byłyby zbyt rzadkie lub zbyt stresujące, aby studenci mogli uczestniczyć w nich jako aktywni uczestnicy procesu terapeutycznego (Tomaszewska i Majchrowicz, 2022).

Kontynuując analizę opinii studentów, należy odnotować, że jedną z najczęściej podkreślanych przez polskich respondentów zalet symulacji jest jej wkład w kształtowanie umiejętności analizowania przypadków klinicznych i wyciągania wniosków z popełnionych błędów – co jest możliwe właśnie dzięki strukturze symulacji, która łączy aktywne działanie w scenariuszu z krytyczną refleksją w fazie debriefingu. Studenci wskazują, że możliwość uczenia się na błędach bez konsekwencji dla realnego pacjenta stanowi unikalne i nieocenione środowisko edukacyjne (Trojnar, 2025).

Wyzwania i ograniczenia symulacji medycznej w kształceniu pielęgniarskim

W pierwszej kolejności należy zwrócić uwagę na bariery organizacyjne i zasobowe. Pomimo udokumentowanej skuteczności symulacji medycznych, ich wdrożenie i utrzymanie na wysokim poziomie jakości napotyka liczne trudności o tym charakterze. Pierwszą i najpoważniejszą jest wysoki koszt zakupu i serwisowania zaawansowanych symulatorów pacjenta, budowy i wyposażenia laboratoriów symulacyjnych oraz zapewnienia stałego przeszkolenia kadry dydaktycznej. Bariery finansowe sprawiają, że dostęp do symulacji wysokiej wierności jest nierównomiernie rozłożony pomiędzy polskie uczelnie kształcące pielęgniarki, co rodzi ryzyko pogłębienia różnic w jakości

kształcenia pomiędzy ośrodkami akademickimi dysponującymi i niedysponującymi nowoczesną infrastrukturą symulacyjną (Czekirda, 2019).

Kolejnym wyzwaniem jest konieczność zapewnienia odpowiednio wykwalifikowanej kadry prowadzącej zajęcia symulacyjne. Skuteczność symulacji w dużej mierze zależy od kompetencji pedagogicznych i klinicznych instruktora, jego zdolności do tworzenia realistycznych scenariuszy, facilitacji procesu uczenia się i prowadzenia debriefingu na najwyższym poziomie metodycznym. Tymczasem w Polsce nadal brakuje systemu formalnej certyfikacji instruktorów symulacji medycznej, porównywalnego z rozwiązaniami stosowanymi w krajach anglosaskich, co stwarza ryzyko niespójności jakości kształcenia symulacyjnego w różnych ośrodkach akademickich (Międzynarodowe Stowarzyszenie Pielęgniarskie Symulacji Klinicznej i Nauczania, 2021).

Prowadząc krytyczną analizę bazy dowodów na temat skuteczności symulacji medycznych, należy również wskazać na istotne ograniczenia metodologiczne wielu przeprowadzonych badań. Większość z nich opiera się na próbach nielosowych, krótkich interwencjach o niskim stopniu replikacji i subiektywnych miarach wynikowych – takich jak samoocena studentów czy wyniki testów wiedzy przeprowadzonych bezpośrednio po symulacji. Stosunkowo rzadko przeprowadza się badania longitudinalne, które pozwoliłyby ocenić trwałość efektów symulacji w długim horyzoncie czasowym i ich przełożenie na rzeczywistą jakość opieki sprawowanej przez pielęgniarki w środowisku klinicznym po ukończeniu studiów (Tong i in., 2024).

Istotnym ograniczeniem jest ponadto problem transferu kompetencji (transfer of learning) – to jest pytanie, w jakim stopniu umiejętności nabyte w warunkach symulacyjnych rzeczywiście przekładają się na skuteczniejsze i bezpieczniejsze działanie w warunkach rzeczywistego środowiska klinicznego. Badania wskazują, że transfer ten jest uwarunkowany jakością symulacji, stopniem jej realizmu, liczbą powtórzeń scenariuszy i jakością debriefingu, jednak dokładne mechanizmy i warunki optymalnego transferu pozostają przedmiotem dalszych dociekań naukowych (Podlinski, 2016).

Zakończenie

Niniejszy artykuł podjął problematykę roli symulacji medycznej w przygotowaniu studentów pielęgniarstwa do samodzielnej i kompetentnej pracy z pacjentem. Celem opracowania była systematyczna analiza wpływu metody symulacyjnej na kompetencje praktyczne, postawę zawodową i umiejętności interpersonalne studentów pielęgniarstwa, z uwzględnieniem teoretycznych podstaw symulacji, jej typologii,

roli debriefingu oraz wyników badań empirycznych. Przegląd literatury naukowej pozwolił na weryfikację sformułowanych hipotez badawczych oraz sformułowanie wniosków o wymiarze zarówno naukowym, jak i praktycznym.

W odniesieniu do hipotezy pierwszej (H1) przeprowadzona analiza jednoznacznie potwierdza, że regularne uczestnictwo studentów pielęgniarstwa w symulacjach medycznych istotnie zwiększa ich kompetencje praktyczne oraz techniczną sprawność w wykonywaniu procedur pielęgniarskich. Dowody empiryczne wskazują, że metoda deliberate practice realizowana w warunkach symulacyjnych umożliwia wielokrotne, korygowane ćwiczenie umiejętności manualnych, co przekłada się na trwałe utrwalenie poprawnych wzorców postępowania klinicznego. Hipoteza druga (H2) również uzyskała potwierdzenie w świetle przytoczonych badań – symulacje medyczne wpływają pozytywnie na poczucie własnej skuteczności (self-efficacy) oraz pewność siebie studentów w kontakcie z pacjentem, przy czym efekt ten jest szczególnie wyraźny po wielokrotnych doświadczeniach symulacyjnych i utrzymuje się w dłuższej perspektywie czasowej. Hipoteza trzecia (H3), dotycząca roli strukturyzowanego debriefingu, znalazła pełne potwierdzenie – analiza literatury konsekwentnie wskazuje, że to właśnie jakość debriefingu, a nie sama symulacja, decyduje w największym stopniu o głębokości przyswojenia kompetencji klinicznych i trwałości efektów kształcenia. Wreszcie, w zakresie hipotezy czwartej (H4), wyniki badania NCSBN stanowią silny argument empiryczny na rzecz tezy, że dobrze zorganizowana symulacja może skutecznie uzupełniać, a w określonych warunkach – zastępować do 50% tradycyjnych godzin klinicznych, bez uszczerbku dla jakości kształcenia mierzonej wynikami egzaminów licencyjnych i oceną kompetencji przez pracodawców.

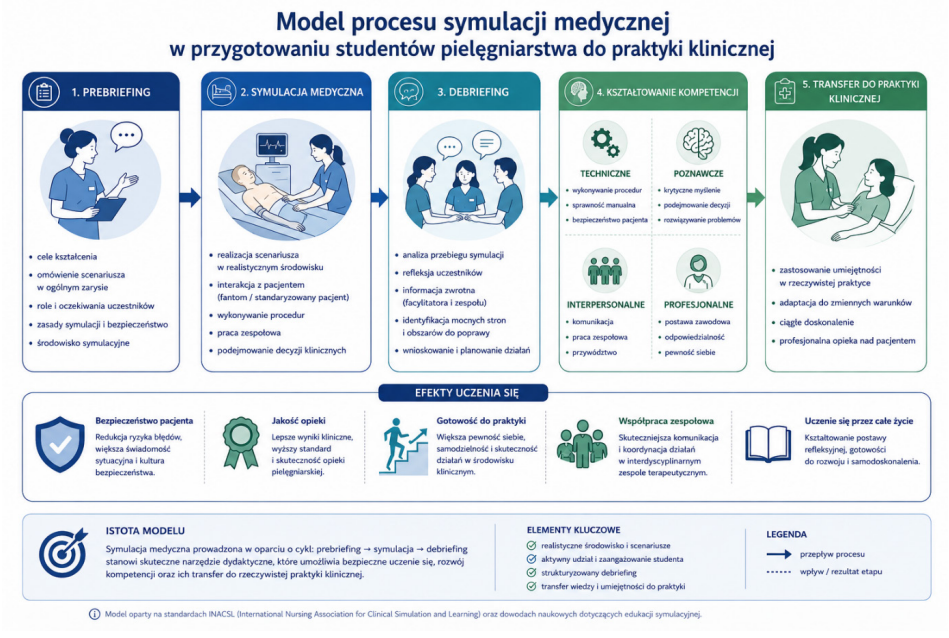
Na podstawie przeprowadzonej analizy sformułować można następujące wnioski główne:

- Symulacja medyczna jest skutecznym i empirycznie potwierdzonym narzędziem dydaktycznym, podnoszącym jakość kształcenia pielęgniarskiego w zakresie kompetencji technicznych, komunikacyjnych i decyzyjnych.
- Efektywność metody symulacyjnej jest uwarunkowana jakością scenariuszy, kwalifikacjami kadry dydaktycznej, dostępnością infrastruktury oraz integracją symulacji z programem studiów.
- Strukturyzowany debriefing prowadzony przez wykwalifikowanego facilitatora w atmosferze psychologicznego bezpieczeństwa stanowi fundament skuteczności kształcenia symulacyjnego.
- Polskie uczelnie kształcące pielęgniarki czyniły w ostatnich latach istotny postęp w zakresie rozbudowy infrastruktury symulacyjnej, jednak potencjał

tej metody nie jest jeszcze w pełni wykorzystany, w szczególności w kontekście standaryzacji i certyfikacji kadry.

- Bariery finansowe i organizacyjne pozostają poważnym wyzwaniem dla równomiernego dostępu do symulacji wysokiej wierności w różnych ośrodkach akademickich w Polsce.

Wyniki przeglądu literatury wskazują jednocześnie na potrzebę prowadzenia dalszych badań w kilku kluczowych kierunkach. Po pierwsze, niezbędne są badania longitudinalne oceniające trwałość efektów kształcenia symulacyjnego oraz ich rzeczywiste przełożenie na jakość opieki pielęgniarskiej sprawowanej przez absolwentów w środowisku klinicznym – zarówno w perspektywie krótkoterminowej (pierwsze lata pracy zawodowej), jak i długofalowej. Po drugie, pilnej eksploracji wymaga kwestia transferu kompetencji ze środowiska symulacyjnego do rzeczywistych warunków oddziałowych, ze szczególnym uwzględnieniem czynników moderujących ten transfer. Po trzecie, literatura polskojęzyczna dotycząca symulacji klinicznych w pielęgniarstwie pozostaje stosunkowo skromna w porównaniu z dorobkiem anglosaskim – stąd konieczne jest prowadzenie badań w polskim kontekście edukacyjnym, uwzględniających specyfikę systemu kształcenia pielęgniarskiego w Polsce, w tym dostępność infrastruktury oraz kulturowe uwarunkowania relacji dydaktycznych.



Po czwarte, wartościowym obszarem badań byłoby opracowanie i walidacja standaryzowanych narzędzi oceny kompetencji symulacyjnych dostosowanych do polskich realiów edukacyjnych, umożliwiających rzetelne porównania wyników między ośrodkami akademickimi. Wreszcie, rosnące znaczenie symulacji wirtualnych i kształcenia hybrydowego wskazuje na potrzebę systematycznych badań nad skutecznością tych form w kontekście polskiego pielęgniarstwa, gdzie stanowią one stosunkowo nowe, lecz obiecujące uzupełnienie tradycyjnych metod kształcenia klinicznego.

Reasumując, symulacja medyczna stanowi dziś nie opcjonalne uzupełnienie, lecz nieodzowny element nowoczesnego kształcenia pielęgniarskiego. Jej systematyczne, metodycznie poprawne wdrożenie – wsparte odpowiednimi zasobami, wykwalifikowaną kadrą i kulturą refleksji nad własną praktyką – jest warunkiem kształcenia pielęgniarek gotowych do sprostania rosnącym wymaganiom współczesnego systemu ochrony zdrowia i zapewnienia pacjentom opieki na najwyższym poziomie.

Bibliografia

Adamczuk, J., Cisoń-Apanasewicz, U., Kuzera, G., Majoch, M., Nieckula, M., Ogonowska, D., Potok, H., Rafa, E., & Siekierczak, S. (2021). *Podręcznik symulacji medycznej*. Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu. http://wydawnictwo.ans-ns.edu.pl/images/pdf/Podrecznik_symulacji_2021.pdf

Al Gharibi, K. A., Schmidt, N., & Arulappan, J. (2021). Effect of repeated simulation experience on perceived self-efficacy among undergraduate nursing students. *Nurse Education Today, 106*, Article 105057. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.105057

Betke, K. (2026). *Wprowadzenie do symulacji medycznej*. Centrum Symulacji Medycznych Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. https://csm.cm.umk.pl/wprowadzenie-do-symulacji-medycznej/

Czekirda, M. (Red.). (2019). *Symulacja medyczna w pielęgniarstwie: Dla studentów i absolwentów kierunków medycznych*. Innovatio Press. http://wydawnictwo.wsei.eu/wp-content/uploads/2020/11/Innovatio_Press_Symulacja_medyczna_w_pielegniarstwie.pdf

Dreifuerst, K. T. (2012). Using debriefing for meaningful learning to foster development of clinical reasoning in simulation. *Journal of Nursing Education, 51*(6), 326–333. https://doi.org/10.3928/01484834-20120409-02

Hayden, J. K., Smiley, R. A., Alexander, M., Kardong-Edgren, S., & Jeffries, P. R. (2014). The NCSBN national simulation study: A longitudinal, randomized, controlled study replacing clinical hours with simulation in prelicensure nursing education. *Journal of Nursing Regulation, 5*(2), S3–S40. https://doi.org/10.1016/S2155-8256(15)30062-4

Hebel, K., Steliga, A., Lewandowska, K., Majkowicz, M., Goral-Kubasik, A., Buzanowska, M., Lammek, M., Sykes, A., Puslecki, M., & Kowiański, P. (2025). Simulated learning, real emotions: The impact of simulation-based education on nursing students' stress levels during objective structured clinical examination: A longitudinal observational cohort study. *Nursing Reports, 15*(8), Article 307. https://doi.org/10.3390/nursrep15080307

International Nursing Association for Clinical Simulation and Learning. (2021). *Healthcare Simulation Standards of Best Practice™: Standardy najlepszych praktyk w symulacji medycznej*. Clinical Simulation. https://inacsl.memberclicks.net/assets/INACSL_HSSOBP_Polish.pdf

Jallad, S. T. (2025). Effectiveness of simulation-based education on educational practices of communication skills, satisfaction, and self-confidence among undergraduate nursing students. *Creative Nursing, 31*(2), 135–143. https://doi.org/10.1177/10784535241301115

Lin, H.-H. (2015). Effectiveness of simulation-based learning on student nurses' self-efficacy and performance while learning fundamental nursing skills. *Technology and Health Care, 24*(Suppl. 1), S369–S375. https://doi.org/10.3233/THC-151094

Ministerstwo Zdrowia. (2025, 9 lipca). *D2.1.1 Inwestycje związane z modernizacją i doposażeniem obiektów dydaktycznych w związku ze zwiększeniem limitów przyjęć na studia medyczne: Nabór 4*. https://www.gov.pl/web/zdrowie/d211-inwestycje-zwiazane-z-modernizacja-i-doposazeniem-obiektow-dydaktycznych-w-zwiazku-ze-zwiekszeniem-limitow-przyjec-na-studia-medyczne-nabor-4

Ministerstwo Zdrowia. (2026, 18 lutego). *Rusza nabór FERS na szkolenia z symulacji medycznej – wsparcie dla rozwoju kompetencji lekarzy i lekarek*. https://www.gov.pl/web/zdrowie/rusza-nabor-fers-na-szkolenia-z-symulacji-medycznej--wsparcie-dla-rozwoju-kompetencji-lekarzy-i-lekarek

National Council of State Boards of Nursing. (2026). *National simulation guidelines for prelicensure nursing programs*. https://www.ncsbn.org/nursing-regulation/education/national-simulation-guidelines.page

Podlinski, L. A. (2016). *The effect of simulation training on nursing students' content exam scores* [Rozprawa doktorska, Walden University]. Walden Dissertations and Doctoral Studies Collection. https://scholarworks.waldenu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3274&context=dissertations

Podyplomie.pl. (2022, 20 października). *Ministerstwo Zdrowia stawia na centra symulacji medycznej*. https://podyplomie.pl/legacy_news/08514

Saghafi, F., Blakey, N., Guinea, S., & Levett-Jones, T. (2024). Effectiveness of simulation in nursing students' critical thinking scores: A pre-/post-test study. *Clinical Simulation in Nursing, 89*, Article 101500. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2023.101500

Sim, J. J. M., Rusli, K. D. B., Seah, B., Levett-Jones, T., Lau, Y., & Liaw, S. Y. (2022). Virtual simulation to enhance clinical reasoning in nursing: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Simulation in Nursing, 69*, 26–39. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2022.05.006

Tomaszewska, K., & Majchrowicz, B. (2022). Medical simulation as an educational tool in the opinion of nursing students. *Nursing in the 21st Century, 21*(2), 80–87. https://doi.org/10.2478/pielxxiw-2022-0016

Tong, L. K., Li, Y. Y., Au, M. L., Ng, W. I., Wang, S. C., Liu, Y., Shen, Y., Zhong, L., & Qiu, X. (2024). The effects of simulation-based education on undergraduate nursing students' competences: A multicenter randomized controlled trial. *BMC Nursing, 23*, Article 400. https://doi.org/10.1186/s12912-024-02069-7

Trojnar, P. (2025). *Percepcja i efektywność symulacji wysokiej wierności w procesie kształcenia studentów kierunków medycznych województwa podkarpackiego* [Rozprawa doktorska, Uniwersytet Rzeszowski]. https://bip.ur.edu.pl/storage/file/core_files/2025/6/17/6798fff8b4a106a8f0a12263f0890832/P.Trojnar-%20Praca%20Doktorska%20(1).pdf

THE ROLE OF MEDICAL SIMULATION IN PREPARING NURSING STUDENTS FOR PATIENT CARE

Abstract: This article addresses the role of medical simulation in the educational process of nursing students, with particular emphasis on its influence on their readiness for independent and competent patient care. The aim of the study is a systematic analysis of the theoretical foundations of the simulation method, its typologies, and the documented effects of its application in nursing education, as well as the verification of four research hypotheses. The hypotheses assume that: regular use of medical simulation significantly increases students' practical competencies (H1); simulations positively affect self-efficacy and confidence in patient contact (H2); structured debriefing reinforces learning outcomes and fosters the development of critical thinking (H3); and simulation can effectively complement, and under certain conditions partially replace, traditional practical classes (H4). The article is based on a review of scientific literature – both Polish and international – and an analysis of the results of existing empirical studies. Among other things, it discusses the results of a multi-site NCSBN (National Council of State Boards of Nursing) study, which indicates that simulation can replace up to 50% of traditional clinical hours, the results of studies on the impact of simulation on students' self-efficacy and communication competencies, as well as INACSL standards regulating the quality of simulation education. The article further analyzes the institutional conditions for implementing simulation in Poland, including the dynamic development of Medical Simulation Centers financed with European Union funds. The results of the analyses unequivocally confirm all four research hypotheses – clinical simulation is an effective didactic tool for nursing education in the areas of technical, interpersonal, and decision-making skills. Its effectiveness, however, depends on the proper organization of the didactic process, the qualifications of the instructing staff, and integration with the curriculum. The article points to the need to conduct further longitudinal research in the Polish educational context.

Keywords: Medical simulation, nursing education, practical competence, debriefing, patient safety.

Magdalena Wrońska

Dr, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Polska.
email: magdalena.wronska@ujk.edu.pl
ORCID: 0000-0001-8368-154X

STRUKTURALNE ASYMETRIE ROZWOJU E-GOSPODARKI W POLSCE NA TLE UNII EUROPEJSKIEJ: DOJRZAŁOŚĆ E-KONSUMENTÓW, PLATFORMIZACJA PRZEDSIĘBIORSTW I KONCENTRACJA RYNKU HANDLU ELEKTRONICZNEGO

Streszczenie: Celem artykułu jest identyfikacja i ocena asymetrii rozwoju e-gospodarki w Polsce na tle Unii Europejskiej, rozumianej jako nierównomierne tempo cyfryzacji popytu konsumpcyjnego, sprzedaży przedsiębiorstw, kanałów dostępu do rynku oraz komplementarnych zdolności cyfrowych. Badanie ma charakter empiryczno-przeglądowy i wykorzystuje dane wtórne Eurostatu za lata 2014–2025, dane Głównego Urzędu Statystycznego oraz studium konkurencji na rynkach platformowych OECD z 2026 r. Zastosowano analizę luk w punktach procentowych, relacji względnych, zróżnicowania według wielkości przedsiębiorstwa oraz wskaźniki koncentracji C1, C4 i HHI. Wyniki wskazują, że po stronie popytu Polska zbliżyła się do średniej UE: w 2025 r. zakupy internetowe deklarowało 77,04% polskich internautów wobec 77,82% w UE. Po stronie podaży utrzymywała się jednak wyraźna luka: sprzedaż elektroniczną w 2024 r. prowadziło 18,55% przedsiębiorstw w Polsce wobec 23,59% w UE. Asymetria miała charakter strukturalny. Duże polskie przedsiębiorstwa osiągały poziom nieco wyższy od unijnego, podczas gdy małe i średnie pozostawały w tyle. Polscy sprzedawcy internetowi częściej korzystali z platform handlowych, a dane o ruchu na platformach ujawniały wysoką koncentrację. Jednocześnie Polska przewyższała średnią UE w korzystaniu z płatnej chmury, lecz pozostawała wyraźnie poniżej niej w intensywności cyfrowej MŚP, analityce danych i sztucznej inteligencji. Wyniki uzasadniają wniosek, że głównym wyzwaniem nie jest już cyfryzacja konsumenta, lecz rozwój zdolności MŚP do samodzielnego tworzenia wartości, wykorzystywania danych i dywersyfikacji kanałów sprzedaży. Zależności mają charakter opisowy i nie stanowią identyfikacji przyczynowej.

Słowa kluczowe: E-gospodarka, handel elektroniczny, platformy cyfrowe, MŚP, koncentracja rynku, transformacja cyfrowa

Wprowadzenie

E-gospodarka nie jest już wydzielonym segmentem aktywności gospodarczej, lecz systemem, w którym dane, sieci teleinformatyczne, płatności cyfrowe, platformy oraz oprogramowanie współtworzą mechanizmy wymiany i koordynacji. Cyfrowy kanał zakupu stał się rutynowym elementem zachowań konsumentów, natomiast przedsiębiorstwa wykorzystują handel elektroniczny zarówno do obsługi rynku krajowego, jak i do skalowania działalności poza granice państwa. Rozwój ten nie musi jednak przebiegać równomiernie. Możliwa jest sytuacja, w której popyt cyfrowy dojrzewa szybciej niż zdolność krajowych przedsiębiorstw do sprzedaży online, a łatwy dostęp do odbiorców jest osiągany głównie za pośrednictwem platform kontrolujących reguły dostępu do rynku.

Punktem wyjścia artykułu jest właśnie taka wielowymiarowa asymetria. Po pierwsze, należy odróżnić cyfryzację konsumenta od cyfryzacji przedsiębiorstwa. Wysoki odsetek osób kupujących online nie oznacza automatycznie, że krajowe firmy są w podobnym stopniu zdolne do pozyskiwania zamówień elektronicznych, wykorzystywania danych czy eksportu cyfrowego. Po drugie, sam fakt prowadzenia sprzedaży internetowej nie przesądza o kontroli nad relacją z klientem. Sprzedaż przez własną witrynę lub aplikację pozwala kształtować interfejs, dane i warunki transakcji, podczas gdy sprzedaż na platformie zmniejsza koszty wyszukiwania i wejścia, lecz może zwiększać zależność od algorytmów widoczności, opłat, logistyki i dostępu do danych. Po trzecie, średnia dla przedsiębiorstw może ukrywać silne różnice między dużymi organizacjami a sektorem MŚP.

Problem jest istotny z perspektywy konkurencyjności Polski. Jeżeli krajowi konsumenci szybko przyswajają zakupy internetowe, a małe i średnie firmy wolniej rozwijają sprzedaż elektroniczną i zaawansowane zdolności cyfrowe, część korzyści popytowych może przejmować ograniczona grupa dużych przedsiębiorstw albo podmioty zagraniczne. Zależność od platform może być przy tym racjonalną strategią indywidualnej firmy, ponieważ platforma zapewnia ruch, zaufanie, płatności i logistykę. W ujęciu systemowym duża koncentracja pośrednictwa tworzy jednak ryzyko jednostronnych zmian warunków oraz słabszej pozycji negocjacyjnej sprzedawców. Cutolo & Kenney (2021) określają takie podmioty mianem przedsiębiorców zależnych od platform, podkreślając asymetrię dostępu do informacji, reguł i odbiorców.

Celem artykułu jest ocena, czy rozwój e-gospodarki w Polsce ma strukturę asymetryczną względem UE oraz określenie, gdzie koncentrują się najważniejsze różnice. Postawiono cztery pytania badawcze: (1) czy konwergencja zachowań zakupowych konsumentów przebiega szybciej niż konwergencja sprzedaży elektronicznej

przedsiębiorstw; (2) jak wielkość firmy różnicuje udział w e-sprzedaży; (3) czy polscy sprzedawcy internetowi w większym stopniu niż przeciętnie w UE polegają na platformach handlowych; oraz (4) czy wzorzec e-sprzedaży współwystępuje z lukami w komplementarnych zdolnościach cyfrowych, takich jak analityka danych i sztuczna inteligencja.

Sformułowano trzy hipotezy opisowe. H1 zakłada, że luka Polska–UE w zakupach internetowych konsumentów jest mniejsza niż luka w odsetku przedsiębiorstw prowadzących e-sprzedaż. H2 stanowi, że w Polsce udział użytkowników platform wśród przedsiębiorstw prowadzących sprzedaż przez strony lub aplikacje jest wyższy niż średnio w UE. H3 zakłada, że luka e-sprzedaży dotyczy przede wszystkim MŚP, podczas gdy duże przedsiębiorstwa osiągają poziom zbliżony do unijnego. Dodatkowo analizowana jest propozycja interpretacyjna, zgodnie z którą niska dojrzałość danych i zaawansowanych technologii ogranicza zdolność firm do przechodzenia od obecności w kanale cyfrowym do samodzielnego tworzenia wartości.

E-gospodarka i platformy cyfrowe – ramy teoretyczne

Ekonomiczna specyfika technologii cyfrowych wynika z obniżenia kilku kategorii kosztów. Goldfarb & Tucker (2019) wskazują na koszty wyszukiwania, replikacji, transportu, monitorowania i weryfikacji. Spadek kosztu wyszukiwania ułatwia konsumentom porównanie ofert, a przedsiębiorstwom dotarcie do rozproszonych odbiorców. Niski koszt replikacji dóbr informacyjnych sprzyja skalowaniu, natomiast śledzenie zachowań pozwala personalizować ofertę i mierzyć efekty działań. Jednocześnie te same mechanizmy wzmacniają znaczenie danych i skali, przez co mogą sprzyjać koncentracji.

W ekonomii dóbr sieciowych istotne jest rozróżnienie efektów bezpośrednich i pośrednich. Efekt bezpośredni występuje wtedy, gdy użyteczność użytkownika zmienia się wraz z liczbą uczestników należących do tej samej grupy. Może być dodatni, jak w komunikatorze, albo ujemny, gdy rosną zatłoczenie, konkurencja lub ryzyko obniżenia jakości. Efekt pośredni powstaje między odrębnymi grupami: większa liczba kupujących zwiększa atrakcyjność platformy dla sprzedawców, a większa liczba ofert podnosi wartość dla kupujących. Belleflamme & Peitz (2021) pokazują, że znaczenie ma nie sama liczba użytkowników, lecz kierunek i siła powiązań, jakość interakcji, zasady dostępu oraz sposób zarządzania informacją. Dlatego wzrost platformy może uruchamiać zarówno spiralę przyciągania, jak i mechanizm odpychania, jeżeli ekspansji towarzyszy pogorszenie jakości lub nadmierna konkurencja wewnątrz jednej strony rynku.

Platforma wielostronna nie jest zwykłym sklepem internetowym. Tworzy infrastrukturę interakcji co najmniej dwóch grup użytkowników, na przykład sprzedawców i kupujących, a wartość uczestnictwa jednej strony zależy od obecności drugiej. Rochet & Tirole (2003) pokazują, że struktura cen po obu stronach platformy wpływa na wolumen transakcji, dlatego opłata pobierana od sprzedawcy nie może być oceniana w oderwaniu od bezpłatnych lub subsydiowanych usług dla konsumenta. Hagiu & Wright (2015) akcentują z kolei, że platforma umożliwia bezpośrednią interakcję stron, zachowując jednocześnie określony poziom kontroli nad warunkami tej interakcji.

Powstanie platformy wiąże się z problemem koordynacji określanym jako dylemat „jajka i kury": sprzedawcy nie chcą dołączyć bez kupujących, a kupujący bez dostatecznie szerokiej oferty. Evans & Schmalensee (2016) opisują platformy jako podmioty kojarzące strony rynku i wskazują, że warunkiem samopodtrzymującego się wzrostu jest osiągnięcie masy krytycznej po obu stronach. Z tego powodu platforma może subsydiować grupę generującą silniejszy efekt sieciowy, a większą część przychodów pobierać od strony odnoszącej wyższe korzyści komercyjne. Cena równa zeru dla konsumenta nie oznacza więc braku modelu biznesowego, lecz może być elementem struktury cenowej maksymalizującej liczbę wartościowych interakcji.

Efekty sieciowe tworzą mechanizm samowzmacniający. Większa liczba kupujących przyciąga sprzedawców, większa liczba sprzedawców poszerza ofertę, a szersza oferta zwiększa atrakcyjność dla kupujących. Do tego dochodzą skala reklamy, dane o transakcjach, system reputacji, płatności, narzędzia promocyjne i logistyka. Konkurencja między platformami nie jest jednak wyłącznie wyścigiem o maksymalną liczbę uczestników. Cennamo & Santaló (2013) wykazują, że strategia platformy wymaga kompromisu między budową udziału w rynku a ochroną jakości i wartości ekosystemu. Multihoming, czyli równoległe korzystanie z wielu platform, może ograniczać siłę największego pośrednika, lecz wymaga dodatkowej obsługi ofert, danych i zamówień.

Ujęcie strategiczne wymaga również rozróżnienia platform transakcyjnych, innowacyjnych i hybrydowych. Pierwsze ułatwiają wymianę między stronami rynku, drugie udostępniają bazę technologiczną, na której zewnętrzni komplementorzy tworzą produkty i usługi, a hybrydowe łączą obie funkcje. Cusumano et al. (2019) podkreślają, że trwałość przewagi nie wynika wyłącznie z rozmiaru bazy użytkowników. Zależy od jakości zarządzania ekosystemem, bodźców dla komplementorów, reguł dostępu, standardów technicznych oraz zdolności do ograniczania negatywnych efektów zewnętrznych. Zbyt zamknięta architektura może hamować innowacje, a zbyt duża otwartość utrudniać kontrolę jakości, bezpieczeństwa i spójności

doświadczenia użytkownika. Governance platformy staje się zatem mechanizmem alokacji praw decyzyjnych i wartości ekonomicznej między operatorem, sprzedawcami oraz konsumentami.

Z perspektywy przedsiębiorstwa platforma jest jednocześnie zasobem i źródłem ryzyka. Redukuje koszty wejścia, zapewnia gotowy popyt i infrastrukturę zaufania, co ma szczególne znaczenie dla małych podmiotów. Może jednak ograniczać autonomię cenową i marketingową, utrudniać przenoszenie reputacji, pośredniczyć w dostępie do danych oraz zmieniać reguły widoczności. Cutolo & Kenney (2021) pokazują, że strategie ograniczania zależności obejmują budowę własnej marki, wielokanałowość, multihoming i rozwijanie zasobów poza platformą, lecz nie każda mała firma dysponuje kompetencjami i kapitałem potrzebnymi do ich wdrożenia.

W literaturze polskiej znaczenie komplementarności technologii i organizacji podkreśla Wrońska (2026), ujmując inteligentny biznes jako połączenie danych, automatyzacji, decyzji i przeprojektowania procesów. Wcześniejsza analiza automatyzacji procesów finansowych wskazuje, że korzyści technologiczne współistnieją z ryzykiem jakości danych, cyberbezpieczeństwa i niedopasowania wdrożenia do strategii rozwoju (Wrońska, 2025a). Na poziomie makroekonomicznym wpływ zaawansowanych technologii na produktywność zależy od dyfuzji, kompetencji i jakości projektów inwestycyjnych, a nie jedynie od dostępności narzędzia (Wrońska, 2025b). Wnioski te można rozszerzyć na e-gospodarkę: samo uruchomienie kanału sprzedaży nie tworzy jeszcze dojrzałej zdolności cyfrowej.

Na potrzeby badania przyjęto więc czterowarstwowy model analityczny. Pierwszą warstwę stanowi popyt cyfrowy konsumentów. Drugą jest zdolność przedsiębiorstw do przyjmowania zamówień elektronicznych i generowania obrotu. Trzecia obejmuje strukturę kanału, w tym relację między własną witryną a platformą. Czwarta to komplementarne zdolności cyfrowe: intensywność cyfrowa, chmura, analityka danych i AI. Asymetria występuje, gdy rozwój warstw jest nierównomierny, a dojrzały popyt nie znajduje odpowiednika w szerokiej i autonomicznej podaży cyfrowej.

Materiał i metoda badawcza

Badanie ma charakter empiryczno-przeglądowy. Podstawę ilościową stanowią zharmonizowane dane Eurostatu pobrane 4 sierpnia 2026 r. Dla gospodarstw domowych wykorzystano zbiór isoc_ec_ib20 i wskaźnik osób, które w ciągu 12 miesięcy kupiły lub zamówiły towary bądź usługi przez internet. W tabelach rozróżniono udział wśród wszystkich osób w wieku 16–74 lata oraz udział wśród osób

korzystających z internetu w ostatnich 12 miesiącach. Pozwala to oddzielić lukę w dostępie lub użyciu internetu od samej skłonności internautów do zakupów.

Analiza przedsiębiorstw obejmuje jednostki zatrudniające co najmniej 10 osób, zgodnie z zakresem europejskiego badania wykorzystania ICT. Zasadnicza populacja obejmuje sekcje C–J, L–N oraz grupę 95.1 NACE Rev. 2, z wyłączeniem sektora finansowego. Wykorzystano zbiory isoc_ec_esels dotyczący udziału przedsiębiorstw prowadzących sprzedaż elektroniczną oraz isoc_ec_evals dotyczący udziału obrotu z e-sprzedaży w obrocie ogółem. Rok obserwacji w bazie przedsiębiorstw jest rokiem badania, natomiast pytanie dotyczy sprzedaży w poprzednim roku kalendarzowym. Dlatego wartości z badania 2025 opisano jako e-sprzedaż w 2024 r. Takie przesunięcie zapobiega błędnemu zestawianiu danych konsumenckich z wynikami przedsiębiorstw.

Kanały sprzedaży zbadano za pomocą udziału przedsiębiorstw przyjmujących zamówienia przez strony internetowe lub aplikacje, własne witryny i aplikacje oraz platformy handlowe. Dla porównania struktury wykorzystano dwa mianowniki: wszystkie badane przedsiębiorstwa i wyłącznie sprzedawców internetowych. Drugi mianownik pokazuje wybór kanału wśród firm aktywnych w sprzedaży webowej. Kategorie nie są rozłączne, ponieważ firma może jednocześnie sprzedawać we własnym sklepie i na platformie. Dane GUS (2025) posłużyły jako walidacja wartości krajowych, ale wszystkie obliczenia porównawcze wykonano na jednej ekstrakcji Eurostatu, aby uniknąć różnic wynikających z zaokrągleń i rewizji.

Czwartą grupę danych tworzą wskaźniki intensywności cyfrowej MŚP (isoc_e_dii), wykorzystania płatnych usług chmurowych (isoc_cicce_use), analityki danych (isoc_eb_das) oraz sztucznej inteligencji (isoc_eb_ai). Nie traktowano ich jako zmiennych przyczynowych. Służą do oceny spójności interpretacyjnej: jeżeli kraj dysponuje porównywalnym dostępem do chmury, ale pozostaje w tyle w analityce i AI, to bariera może dotyczyć bardziej zdolności organizacyjnych, danych i kompetencji niż samej dostępności infrastruktury usługowej.

Studium platformowe oparto na raporcie OECD (2026), który analizuje internetowe platformy handlowe w Polsce, Łotwie i Litwie. Udziały w Polsce bazują na danych Similarweb o zaangażowanym ruchu w witrynach, po wyłączeniu wizyt ograniczonych do jednej strony. Nie są to udziały w wartości transakcji i nie stanowią formalnej delimitacji rynku właściwego w rozumieniu prawa konkurencji. Z tego powodu w artykule używa się określenia „udział w zaangażowanym ruchu", a wnioski ogranicza się do struktury obserwowanej w źródle.

Zastosowano analizę luk bezwzględnych i relatywnych. Lukę w punktach procentowych zapisano jako G = xUE – xPL, a względny poziom Polski jako R =

xPL / xUE × 100%. Dla danych platformowych obliczono wskaźnik C1, C4 oraz HHI = Σs_i^2, gdzie s_i jest udziałem platformy wyrażonym w procentach. HHI mieści się w przedziale od wartości bliskiej zeru do 10 000. Wysoka wartość opisuje koncentrację, ale sama nie rozstrzyga o nadużyciu siły rynkowej. Wszystkie obliczenia mają charakter opisowy; brak mikrodanych panelowych uniemożliwia estymację wpływu kanału sprzedaży lub koncentracji na produktywność przedsiębiorstw.

Dojrzały konsument i słabsza konwergencja przedsiębiorstw

Po stronie popytu Polska w latach 2021–2025 wyraźnie zbliżyła się do średniej UE. Wśród osób korzystających z internetu w ostatnich 12 miesiącach udział kupujących online wzrósł w Polsce z 70,41% do 77,04%, natomiast w UE z 74,39% do 77,82% (Eurostat, 2026a, 2026b). Luka zmniejszyła się z 3,98 p.p. do zaledwie 0,78 p.p. Oznacza to, że polski internauta jest pod względem uczestnictwa w handlu elektronicznym niemal równie aktywny jak przeciętny internauta unijny.

Obraz jest nieco mniej korzystny przy odniesieniu do wszystkich osób w wieku 16–74 lata. W 2025 r. kupujących online było w Polsce 69,73%, a w UE 73,56%, co daje lukę 3,83 p.p. Różnica między dwoma mianownikami pokazuje, że część dystansu wynika nie ze skłonności internautów do zakupów, lecz z różnic w wykorzystaniu internetu w całej populacji. GUS (2025) podał dla Polski 69,7%, potwierdzając spójność danych po zaokrągleniu. Z perspektywy przedsiębiorstw oznacza to istnienie dużego i dojrzałego krajowego rynku cyfrowego.

Tabela 1. Zakupy internetowe konsumentów w Polsce i UE w latach 2021–2025

Rok	UE: internauci (%)	Polska: internauci (%)	Luka (p.p.)	UE: wszystkie osoby (%)	Polska: wszystkie osoby (%)
2021	74,39	70,41	3,98	67,11	61,17
2022	74,60	73,03	1,57	67,95	64,58
2023	75,35	73,00	2,35	69,60	64,32
2024	76,58	75,07	1,51	71,76	67,41
2025	77,82	77,04	0,78	73,56	69,73

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Eurostat (2026b), isoc_ec_ib20, wskaźnik I_BLT12; ekstrakcja 4.08.2026. Internauci: osoby korzystające z internetu w ostatnich 12 miesiącach; wszystkie osoby: ludność w wieku 16–74 lata.

Udział przedsiębiorstw w e-sprzedaży i znaczenie obrotu

Konwergencja po stronie przedsiębiorstw była znacznie słabsza. W 2014 r. e-sprzedaż prowadziło 11,77% przedsiębiorstw w Polsce i 18,93% w UE. Do 2024 r.

wartości wzrosły odpowiednio do 18,55% i 23,59%. Luka zmniejszyła się z 7,16 p.p. do 5,04 p.p., lecz pozostawała ponad sześciokrotnie większa niż luka wśród internautów kupujących online. H1 znajduje zatem potwierdzenie opisowe: popyt cyfrowy osiągnął niemal pełną konwergencję, podczas gdy uczestnictwo firm w e-sprzedaży pozostało wyraźnie słabsze.

Udział obrotu z e-sprzedaży daje bardziej zniuansowany obraz. W 2024 r. stanowił on w Polsce 17,66% obrotu przedsiębiorstw wobec 19,49% w UE. Względny poziom Polski wynosił 90,6%, podczas gdy relacja udziału sprzedających przedsiębiorstw osiągała tylko 78,6%. Oznacza to, że mniejsza grupa polskich firm generowała relatywnie znaczący obrót cyfrowy. Nie jest to dowód wyższej efektywności e-sprzedawców, ponieważ wskaźnik może odzwierciedlać koncentrację e-handlu w dużych podmiotach i strukturę branżową. Jest jednak spójny z tezą o dwubiegunowości: liderzy są cyfrowo intensywni, a znaczna część przedsiębiorstw pozostaje poza kanałem.

Tabela 2. Udział przedsiębiorstw prowadzących e-sprzedaż i udział obrotu z e-sprzedaży

Rok sprzedaży	UE: firmy (%)	Polska: firmy (%)	Luka (p.p.)	UE: obrót (%)	Polska: obrót (%)
2014	18,93	11,77	7,16	16,43	13,11
2018	19,72	15,74	3,98	18,06	17,74
2020	22,34	17,96	4,38	19,77	17,67
2022	22,91	17,97	4,94	18,29	17,25
2024	23,59	18,55	5,04	19,49	17,66

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Eurostat (2026c, 2026d), isoc_ec_esels (E_AESELL) i isoc_ec_evals (E_ETURN); ekstrakcja 4.08.2026. Dane pochodzą z badań przeprowadzonych rok po wskazanym roku sprzedaży; przedsiębiorstwa zatrudniające co najmniej 10 osób.

Wielkość przedsiębiorstwa jako oś asymetrii

Dane według klas wielkości ujawniają rdzeń problemu. W 2024 r. e-sprzedaż prowadziło 16,38% małych przedsiębiorstw w Polsce wobec 21,38% w UE. W grupie średniej wartości wynosiły 24,06% i 31,67%, a luka osiągała 7,61 p.p. Tymczasem duże polskie przedsiębiorstwa nie pozostawały w tyle: wynik 49,81% był o 1,33 p.p. wyższy niż średnia UE. H3 zostaje więc potwierdzona.

Różnica między dużymi i małymi firmami wynosiła w Polsce 33,43 p.p., a w UE 27,10 p.p. Duże podmioty częściej dysponują marką, budżetem marketingowym, zespołem technologicznym, systemem ERP, zintegrowaną logistyką i wolumenem pozwalającym rozłożyć koszty stałe. Średnie przedsiębiorstwa mogą z kolei doświadczać szczególnej bariery skalowania: ich procesy są już złożone, lecz zasoby nie zawsze pozwalają na budowę własnego ekosystemu sprzedaży. Wnioski te odpowiadają

analizie Wrońskiej (2025a), zgodnie z którą automatyzacja wymaga jednoczesnego dopasowania technologii, procesów, kontroli i strategii inwestycyjnej.

Wynik dla dużych przedsiębiorstw ostrzega przed interpretacją średniej krajowej jako powszechnego zacofania. Polska posiada organizacje zdolne do wdrożeń na poziomie europejskim. Problemem jest dyfuzja tych zdolności do szerokiej populacji MŚP. Polityka wspierania e-gospodarki powinna zatem koncentrować się nie tylko na zwiększeniu liczby sklepów internetowych, ale na obniżeniu kosztów integracji, zarządzania danymi, marketingu wielokanałowego, logistyki zwrotnej i sprzedaży transgranicznej.

Tabela 3. E-sprzedaż według wielkości przedsiębiorstwa w 2024 r.

Klasa wielkości	UE (%)	Polska (%)	Luka UE–PL (p.p.)	Polska/UE (%)
Małe (10–49)	21,38	16,38	5,00	76,6
Średnie (50–249)	31,67	24,06	7,61	76,0
Duże (250 i więcej)	48,48	49,81	–1,33	102,7

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Eurostat (2026c), isoc_ec_esels, E_AESELL, badanie 2025 dotyczące sprzedaży w 2024 r.; ekstrakcja 4.08.2026.

Kanały sprzedaży i zależność od platform

W 2024 r. sprzedaż przez strony internetowe lub aplikacje prowadziło 16,81% polskich przedsiębiorstw wobec 20,69% w UE. Wśród wszystkich badanych firm 13,18% w Polsce korzystało z własnej witryny lub aplikacji, a 10,69% z platform handlowych. Po przeliczeniu na populację sprzedawców webowych oznacza to odpowiednio 78,41% i 63,62%. W UE własne kanały wykorzystywało 85,65% sprzedawców webowych, a platformy 45,00%. H2 znajduje więc potwierdzenie: udział platform wśród polskich sprzedawców był wyższy o 18,62 p.p.

Wskaźniki własnego kanału i platform nie sumują się do 100%, ponieważ przedsiębiorstwo może korzystać z obu. Taka strategia jest często racjonalna. Platforma zapewnia pozyskanie ruchu i zaufanie, natomiast własny sklep umożliwia budowę marki, retencję klienta i większą kontrolę nad danymi. Problem pojawia się wtedy, gdy jeden kanał staje się niemożliwy do zastąpienia, a koszt migracji obejmuje utratę reputacji, narzędzi reklamowych, historii sprzedaży i dostępu do bazy klientów.

Udział obrotu pokazuje, że platformy nie są dominującym kanałem pod względem wartości całej e-sprzedaży przedsiębiorstw. W UE obrót przez platformy stanowił 1,30% obrotu ogółem, a przez własne witryny i aplikacje 7,09%. W Polsce wartości wynosiły 1,56% i 5,11%. Platformowy udział był zatem w Polsce nieco wyższy niż średnio w UE, lecz większość wartości sprzedaży webowej nadal przypadała na

kanały własne. Te dwa wyniki nie są sprzeczne: liczne, zwłaszcza mniejsze firmy mogą korzystać z platform, podczas gdy obrót własnych kanałów jest koncentrowany w większych podmiotach.

Zależność platformowa powinna być oceniana w kilku wymiarach: udziału kanału w sprzedaży firmy, możliwości przeniesienia klientów, udziału wydatków reklamowych, znaczenia usług logistycznych, dostępu do danych i realnej możliwości multihomingu. Zagregowane dane Eurostatu nie pozwalają mierzyć tych elementów. Wysoki udział użytkowników platform jest jednak ważnym sygnałem potrzeby rozwijania kompetencji wielokanałowych. W ujęciu Wrońskiej (2026) inteligentny model biznesowy powinien wykorzystywać narzędzia cyfrowe do wzmocnienia procesów i decyzji przedsiębiorstwa, a nie jedynie przenosić zależność z tradycyjnego pośrednika do algorytmicznego ekosystemu.

Tabela 4. Struktura kanałów webowej sprzedaży elektronicznej w 2024 r.

Wskaźnik	UE (%)	Polska (%)	Różnica PL–UE (p.p.)
Sprzedawcy webowi wśród wszystkich firm	20,69	16,81	–3,88
Własna witryna/aplikacja wśród sprzedawców webowych	85,65	78,41	–7,24
Platforma wśród sprzedawców webowych	45,00	63,62	+18,62
Obrót webowy w obrocie ogółem	8,39	6,66	–1,73
Obrót przez własną witrynę/aplikację	7,09	5,11	–1,98
Obrót przez platformy	1,30	1,56	+0,26

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Eurostat (2026c, 2026d), isoc_ec_esels i isoc_ec_evals, badanie 2025 dotyczące sprzedaży w 2024 r.; ekstrakcja 4.08.2026. Kategorie własnego kanału i platformy nie są rozłączne.

Koncentracja platformowa – studium przypadku polskiego rynku

Raport OECD (2026) umożliwia pogłębienie analizy kanału platformowego. W grupie podstawowych platform ogólnych, zorientowanych na polski rynek, największy podmiot odpowiadał w okresie styczeń–grudzień 2025 r. za 81% zaangażowanego ruchu po stronie konsumentów, kolejne za 8%, 6%, 3% i 2%. Wskaźnik C1 wynosił więc 81%, C4 98%, a HHI 6674. Po rozszerzeniu zbioru o międzynarodowe platformy ogólne udział lidera spadał do 64%, C4 do 90%, a HHI do 4372. Mimo różnicy definicji oba warianty wskazują na silnie skoncentrowaną strukturę ruchu.

Po stronie sprzedawców struktura podstawowej grupy była identyczna, a w szerszym zbiorze HHI wynosił 5489,5. OECD uwzględniła również wejście Temu na stronę podażową pod koniec 2025 r. W okresie listopad 2025–luty 2026 udział

lidera spadł do 61%, Temu osiągnęło 11%, a HHI obniżył się do 4032. Zmiana pokazuje, że wejście dużego międzynarodowego gracza może szybko zmieniać rozkład ruchu, lecz nie oznacza przejścia do struktury rozproszonej.

OECD (2026) podaje ponadto, że 73,1% konsumentów odwiedzających pięć największych platform odwiedziło Allegro, a 42,3% jego użytkowników nie odwiedziło w analizowanym roku żadnego rywala. Dane te wskazują na ograniczone multihoming części odbiorców. Nazwa przedsiębiorstwa jest tu konieczna dla transparentności przypadku, lecz celem artykułu nie jest ocena indywidualnej praktyki ani przesądzenie pozycji dominującej w sensie prawnym. Udział w ruchu nie jest równoznaczny z udziałem w transakcjach, a wysoki HHI nie stanowi samodzielnego dowodu naruszenia prawa.

Źródła przedsiębiorstwa potwierdzają dużą skalę ekosystemu: Grupa Allegro raportowała za 2025 r. wartość GMV bliską 70 mld zł, 21 mln aktywnych kupujących w grupie i 15,3 mln w Polsce (Allegro.eu, 2026). Są to dane raportowane przez spółkę i nie należy utożsamiać ich z niezależnym pomiarem rynku. Skala bazy użytkowników, oferty, reklamy, płatności oraz logistyki ilustruje jednak, dlaczego platforma może zapewniać małym firmom wartość trudną do samodzielnego odtworzenia.

W lutym 2026 r. UOKiK poinformował o przeszukaniu w ramach postępowania wyjaśniającego dotyczącego możliwego faworyzowania własnych metod dostawy kosztem innych przedsiębiorców (Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów, 2026). Komunikat nie oznacza postawienia zarzutów ani stwierdzenia naruszenia. Ma znaczenie analityczne, ponieważ pokazuje, że integracja platformy z logistyką może stać się przedmiotem oceny konkurencyjnej. Im więcej warstw ekosystemu kontroluje pośrednik, tym większe znaczenie mają przejrzystość zasad, interoperacyjność i możliwość wyboru usług komplementarnych.

Tabela 5. Koncentracja zaangażowanego ruchu na platformach ogólnych w Polsce

Strona / zakres platform	Okres	C1 (%)	C4 (%)	HHI
Konsumenci – grupa podstawowa	I–XII 2025	81,0	98,0	6674,0
Konsumenci – grupa rozszerzona	I–XII 2025	64,0	90,0	4372,0
Sprzedawcy – grupa podstawowa	I–XII 2025	81,0	98,0	6674,0
Sprzedawcy – grupa rozszerzona	I–XII 2025	73,0	93,5	5489,5
Sprzedawcy – po wejściu Temu	XI 2025–II 2026	61,0	89,0	4032,0

Źródło: Obliczenia własne na podstawie OECD (2026), danych Similarweb o zaangażowanym ruchu w witrynach. HHI = suma kwadratów udziałów. Wskaźniki nie są udziałami w GMV i nie przesądzają delimitacji rynku właściwego.

Studium przypadku prowadzi do dwóch równoległych wniosków. Po pierwsze, platforma tworzy realne korzyści efektywnościowe i obniża barierę wejścia dla MŚP.

Po drugie, koncentracja ruchu i integracja usług mogą wzmacniać zależność sprzedawców. Polityka publiczna nie powinna zatem zmierzać do eliminacji pośrednictwa platformowego, lecz do zachowania mobilności przedsiębiorstw: łatwiejszego przenoszenia danych, przejrzystości rankingu i opłat, interoperacyjności oraz rozwoju alternatywnych kanałów sprzedaży.

Komplementarne zdolności cyfrowe przedsiębiorstw

Dane o technologiach uzupełniają obraz e-gospodarki. W 2025 r. co najmniej podstawowy poziom intensywności cyfrowej osiągało 58,98% polskich MŚP wobec 71,39% w UE. Szczególnie istotna była wysoka grupa o bardzo niskiej intensywności: 41,02% MŚP w Polsce wobec 28,61% w UE. Wskaźnik jest kompozytowy i obejmuje różne elementy wyposażenia oraz praktyk cyfrowych, dlatego nie identyfikuje pojedynczej bariery. Pokazuje jednak, że słabsza e-sprzedaż MŚP współwystępuje z szerszym deficytem dojrzałości cyfrowej.

Ciekawym wyjątkiem jest chmura. Z płatnych usług chmurowych korzystało 54,71% polskich przedsiębiorstw wobec 52,74% w UE. Polska nie pozostaje więc w tyle pod względem ogólnego dostępu do modelu usługowego. Równocześnie analitykę danych stosowało jedynie 24,50% firm w Polsce wobec 39,85% w UE, a sztuczną inteligencję 8,36% wobec 19,95%. Największa luka nie dotyczy zatem samego korzystania z zewnętrznej infrastruktury, lecz zdolności do przetwarzania danych i wdrażania bardziej zaawansowanych funkcji.

Wzorzec ten jest zgodny z koncepcją komplementarności. Dostęp do chmury obniża koszt technologiczny, ale nie zapewnia jakości danych, integracji procesów, kompetencji analitycznych ani umiejętności oceny projektu. Wrońska (2025b) wskazuje, że wpływ AI na produktywność gospodarki zależy od jakości wdrożeń i zdolności absorpcyjnych. Na poziomie przedsiębiorstwa analogiczny mechanizm dotyczy e-sprzedaży: narzędzie SaaS może szybko uruchomić sklep, lecz trwała przewaga wymaga analityki klienta, automatyzacji zapasów, zarządzania marżą, personalizacji i integracji obsługi posprzedażowej.

Związek między kompetencjami cyfrowymi a zależnością od platform może być dwukierunkowy. Firmy o ograniczonych zasobach wybierają platformy, ponieważ zastępują one brakujące funkcje. Jednocześnie długotrwałe opieranie się na gotowej infrastrukturze może osłabiać bodźce do rozwijania własnych danych, marki i kanałów. Dane zagregowane nie pozwalają rozstrzygnąć tego mechanizmu. Uzasadniają jednak badania mikroekonomiczne, które połączą kanał sprzedaży, strukturę kosztów, dojrzałość danych i wyniki przedsiębiorstwa.

Tabela 6. Wybrane komplementarne zdolności cyfrowe przedsiębiorstw w 2025 r.

Wskaźnik	Populacja	UE (%)	Polska (%)	Luka UE–PL (p.p.)
Co najmniej podstawowa intensywność cyfrowa	MŚP 10–249	71,39	58,98	12,41
Płatne usługi chmurowe	Firmy ≥10	52,74	54,71	–1,97
Analityka danych	Firmy ≥10	39,85	24,50	15,35
Co najmniej jedna technologia AI	Firmy ≥10	19,95	8,36	11,59

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Eurostat (2026e–2026h): isoc_e_dii, isoc_cicce_use, isoc_eb_das i isoc_eb_ai; ekstrakcja 4.08.2026. Znak minus oznacza wyższy wynik Polski.

Dyskusja

Wyniki potwierdzają, że pojęcie e-gospodarki powinno być operacjonalizowane szerzej niż sam odsetek kupujących w internecie. Polska osiągnęła niemal unijny poziom uczestnictwa internautów w zakupach online, lecz po stronie przedsiębiorstw utrzymuje się luka w e-sprzedaży. Jednocześnie udział obrotu cyfrowego jest relatywnie bliższy średniej UE niż liczba firm prowadzących e-sprzedaż. Oznacza to asymetrię między dojrzałym popytem a nierównomierną podażą, skoncentrowaną w bardziej zdolnych organizacjach.

Potwierdzenie wszystkich trzech hipotez opisowych nie oznacza dowodu zależności przyczynowej. H1 pokazuje różne rozmiary luk, H2 różne struktury kanałów, a H3 silne zróżnicowanie według wielkości. Nie można jednak na tej podstawie stwierdzić, że platformy powodują niższą dojrzałość cyfrową MŚP ani że wzrost analityki automatycznie zwiększyłby e-sprzedaż. Możliwe są czynniki wspólne: struktura sektorowa, produktywność, dostęp do kapitału, kompetencje menedżerskie, orientacja eksportowa i lokalizacja.

Najważniejsza implikacja dla przedsiębiorstw dotyczy architektury kanałów. Platforma może być skutecznym narzędziem akwizycji i skalowania, ale powinna stanowić element portfela, nie jedyne repozytorium relacji z klientem. Strategia odporności obejmuje własną witrynę, bazę klientów pozyskaną zgodnie z prawem, rozpoznawalną markę, możliwość eksportu danych produktowych, zintegrowany pomiar marży oraz co najmniej jeden alternatywny kanał. Nie każda firma musi budować rozbudowany sklep od podstaw; istotna jest zdolność do zmiany proporcji kanałów, gdy warunki ekonomiczne ulegną zmianie.

Dla polityki publicznej priorytetem powinny być zdolności MŚP, a nie wyłącznie popytowe programy cyfryzacji. Potrzebne są audyty dojrzałości, bony na integrację systemów, doradztwo w analityce danych, wsparcie sprzedaży transgranicznej,

standardy interoperacyjności oraz szkolenia łączące handel, finanse, logistykę i cyberbezpieczeństwo. Wsparcie powinno być rozliczane przez rezultaty procesowe, na przykład integrację stanów magazynowych, skrócenie czasu obsługi zamówienia, dywersyfikację przychodów lub poprawę jakości danych, a nie sam zakup licencji.

W polityce konkurencji i regulacji platform istotna jest równowaga. Nadmierna ingerencja może osłabić efektywności skali i podnieść koszty transakcyjne, natomiast brak przejrzystości może utrwalać zależność. Raport OECD (2026) wskazuje na potrzebę poprawy warunków konkurencji w ekosystemie platform. Z perspektywy e-gospodarki szczególnie ważne są porównywalność ofert, jawność kluczowych zasad pozycjonowania, przenoszalność danych, uczciwy dostęp do usług logistycznych i ograniczanie nieuzasadnionych kosztów multihomingu.

Z punktu widzenia gospodarki przyszłości AI może pogłębić obecne różnice albo pomóc je zmniejszyć. Gotowe narzędzia generatywne obniżają koszty tworzenia opisów, obsługi klienta i analizy treści, co sprzyja małym firmom. Zaawansowane zastosowania wymagają jednak danych, integracji i nadzoru, a te zasoby są skoncentrowane. Ujęcie inteligentnego biznesu zaproponowane przez Wrońską (2026) prowadzi do wniosku, że technologia przynosi trwałą wartość dopiero po osadzeniu w procesach i systemie decyzji. Bez tej warstwy cyfryzacja może zwiększać liczbę narzędzi, lecz nie autonomię ani produktywność przedsiębiorstwa.

Tabela 7. Synteza weryfikacji hipotez opisowych

Hipoteza	Kryterium	Wynik	Ocena
H1	Luka konsumentów < luka firm	0,78 p.p. < 5,04 p.p.	Potwierdzona opisowo
H2	Wyższy udział platform wśród sprzedawców webowych w PL	63,62% wobec 45,00%	Potwierdzona opisowo
H3	MŚP poniżej UE, duże firmy na poziomie UE	Mali –5,00 p.p.; średni –7,61 p.p.; duzi +1,33 p.p.	Potwierdzona opisowo

Źródło: Opracowanie własne. Ocena dotyczy zgodności danych opisowych z hipotezami; nie stanowi testu przyczynowego.

Ograniczenia badania i kierunki dalszych analiz

Pierwszym ograniczeniem jest zakres populacji przedsiębiorstw. Eurostat nie obejmuje jednostek zatrudniających mniej niż 10 osób, mimo że mikroprzedsiębiorstwa stanowią dominującą część liczby podmiotów w Polsce. Wyników nie można więc odnosić do wszystkich firm. Drugim ograniczeniem jest deklaratywny charakter badania ICT. Sam fakt przyjmowania zamówień elektronicznych nie informuje o rentowności, liczbie transakcji, jakości integracji ani stopniu kontroli nad klientem.

Trzecie ograniczenie dotyczy agregacji. Różnice między Polską i UE mogą wynikać ze struktury sektorowej i wielkościowej, a artykuł nie przeprowadza dekompozycji. Czwartym ograniczeniem jest sposób pomiaru platform. Dane Similarweb opisują ruch w witrynach, nie obejmują w pełni aplikacji i nie są miarą GMV. Scenariusze OECD różnią się doborem platform oraz okresem, dlatego obliczone HHI służą porównaniu struktur w ramach definicji raportu, nie formalnej ocenie rynku właściwego.

Piątym ograniczeniem jest brak identyfikacji przyczynowej. Współwystępowanie niższej intensywności cyfrowej, słabszej analityki, wyższego udziału platform i luki e-sprzedaży nie rozstrzyga kolejności zależności. Dalsze badania powinny połączyć dane firmowe o kanałach sprzedaży, marży, kosztach reklamowych, eksporcie, produktywności i inwestycjach cyfrowych. Szczególnie wartościowy byłby panel MŚP obserwowanych przed i po uruchomieniu własnego kanału albo zmianie warunków platformy.

Potrzebne są także badania jakościowe. Wywiady z przedsiębiorcami mogą wyjaśnić, czy wybór platformy wynika z braku kompetencji, przewagi kosztowej, efektów sieciowych, logistyki czy zachowań klientów. W obszarze AI należy mierzyć nie tylko adopcję, lecz także integrację z danymi i procesami. Pozwoliłoby to zweryfikować, czy nowe narzędzia zwiększają samodzielność MŚP, czy raczej pogłębiają zależność od dostawców infrastruktury.

Wnioski

Rozwój e-gospodarki w Polsce ma charakter wyraźnie asymetryczny. W 2025 r. udział kupujących online wśród internautów był niższy od średniej UE zaledwie o 0,78 p.p., lecz odsetek przedsiębiorstw prowadzących e-sprzedaż w 2024 r. pozostawał niższy o 5,04 p.p. Popyt cyfrowy osiągnął zatem poziom bliski konwergencji, podczas gdy cyfrowa podaż rozwija się nierównomiernie.

Największa różnica przebiega między klasami wielkości. Duże polskie przedsiębiorstwa nie ustępowały średniej UE, lecz małe i średnie pozostawały w tyle. Równocześnie sprzedawcy webowi w Polsce częściej korzystali z platform handlowych, a analizowany ruch platformowy był skoncentrowany. Platformy obniżają barierę wejścia i są ważnym źródłem efektywności, ale wysoka zależność kanałowa może osłabiać odporność przedsiębiorstw na zmiany zasad, opłat i logistyki.

Dane o technologiach wskazują, że barierą nie jest wyłącznie dostęp do infrastruktury. Polska przewyższała średnią UE w ogólnym wykorzystaniu płatnej chmury, pozostając jednocześnie znacznie poniżej niej w intensywności cyfrowej MŚP,

analityce danych i AI. Priorytetem powinno być więc budowanie zdolności organizacyjnych: jakości danych, integracji systemów, kompetencji menedżerskich i analitycznych, pomiaru rentowności kanałów oraz możliwości multihomingu.

E-gospodarka przyszłości będzie konkurencyjna wtedy, gdy cyfrowo dojrzały konsument spotka szeroką grupę przedsiębiorstw zdolnych nie tylko wystawić ofertę online, lecz również kontrolować dane, procesy i relacje z klientem. Dla Polski oznacza to przesunięcie akcentu z samego upowszechniania dostępu na produktywną i autonomiczną cyfryzację MŚP. Wyniki artykułu wyznaczają diagnozę strukturalną, ale wymagają dalszej weryfikacji na danych mikroekonomicznych.

Bibliografia

Allegro.eu. (2026). *Allegro Q4 2025 press release*. https://about.allegro.eu/wp-content/uploads/2026/03/Allegro-Q4-2025-Press-release.pdf

Belleflamme, P., & Peitz, M. (2021). *The economics of platforms: Concepts and strategy*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108696913

Cennamo, C., & Santaló, J. (2013). Platform competition: Strategic trade-offs in platform markets. *Strategic Management Journal, 34*(11), 1331–1350. https://doi.org/10.1002/smj.2066

Cusumano, M. A., Gawer, A., & Yoffie, D. B. (2019). *The business of platforms: Strategy in the age of digital competition, innovation, and power*. Harper Business. https://www.harpercollins.com/products/the-business-of-platforms-michael-a-cusumanoannabelle-gawerdavid-b-yoffie

Cutolo, D., & Kenney, M. (2021). Platform-dependent entrepreneurs: Power asymmetries, risks, and strategies in the platform economy. *Academy of Management Perspectives, 35*(4), 584–605. https://doi.org/10.5465/amp.2019.0103

Eurostat. (2026a). *E-commercestatisticsforindividuals*. StatisticsExplained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=E-commerce_statistics_for_individuals

Eurostat. (2026b). *Individuals having ordered/bought goods or services for private use over the internet* [Data set; online data code: isoc_ec_ib20]. Retrieved August 4, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ec_ib20/default/table?lang=en

Eurostat. (2026c). *E-sales and web sales by size class of enterprise* [Data set; online data code: isoc_ec_esels]. Retrieved August 4, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ec_esels/default/table?lang=en

Eurostat. (2026d). *Value of e-commerce sales* [Data set; online data code: isoc_ec_evals]. Retrieved August 4, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ec_evals/default/table?lang=en

Eurostat. (2026e). *Digital intensity by size class of enterprise* [Data set; online data code: isoc_e_dii]. Retrieved August 4, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_e_dii/default/table?lang=en

Eurostat. (2026f). *Data analytics by size class of enterprise* [Data set; online data code: isoc_eb_das]. Retrieved August 4, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_eb_das/default/table?lang=en

Eurostat. (2026g). *Artificial intelligence by size class of enterprise* [Data set; online data code: isoc_eb_ai]. Retrieved August 4, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_eb_ai/default/table?lang=en

Eurostat. (2026h). *Purchases of cloud computing services by enterprises* [Data set; online data code: isoc_cicce_use]. Retrieved August 4, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_cicce_use/default/table?lang=en

Evans, D. S., & Schmalensee, R. (2016). *Matchmakers: The new economics of multisided platforms*. Harvard Business Review Press. https://hbsp.harvard.edu/product/10028-HBK-ENG

Goldfarb, A., & Tucker, C. (2019). Digital economics. *Journal of Economic Literature, 57*(1), 3–43. https://doi.org/10.1257/jel.20171452

Główny Urząd Statystyczny. (2025). *Społeczeństwo informacyjne w Polsce w 2025 r.* https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5497/1/19/1/spoleczenstwo_informacyjne_w_polsce_2025.pdf

Hagiu, A., & Wright, J. (2015). Multi-sided platforms. *International Journal of Industrial Organization, 43*, 162–174. https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2015.03.003

OECD. (2026). *Competition market study of online marketplaces in Poland, Latvia and Lithuania*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/3134e707-en

Rochet, J.-C., & Tirole, J. (2003). Platform competition in two-sided markets. *Journal of the European Economic Association, 1*(4), 990–1029. https://doi.org/10.1162/154247603322493212

Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów. (2026, 26 lutego). *Czy Allegro ogranicza konkurencję? Przeszukanie UOKiK*. https://uokik.gov.pl/czy-allegro-ogranicza-konkurencje-przeszukanie-uokik

Wrońska, M. (2025a). Automatyzacja procesów finansowych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji w kontekście strategii rozwoju przedsiębiorstw: Szanse i zagrożenia. W E. Chomać-Pierzecka & B. Nieścior (red.), *Nowe horyzonty badań interdyscyplinarnych: Technologie, finanse, zdrowie i bezpieczeństwo* (s. 156–179). ArchaeGraph. https://archaegraph.pl/lib/l231bv/Nowe-horyzonty_red-Chomac_Pierzecka-mixmnlc0.pdf

Wrońska, M. (2025b). Wpływ sztucznej inteligencji na produktywność i konkurencyjność gospodarek w ujęciu makroekonomicznym z uwzględnieniem metod oceny projektów gospodarczych. W E. Chomać-Pierzecka & B. Nieścior (red.), *Nowe horyzonty badań interdyscyplinarnych: Technologie, finanse, zdrowie i bezpieczeństwo* (s. 195–206). ArchaeGraph. https://archaegraph.pl/lib/l231bv/Nowe-horyzonty_red-Chomac_Pierzecka-mixmnlc0.pdf

Wrońska, M. (2026). *Era inteligentnego biznesu: Jak sztuczna inteligencja zmienia procesy ekonomiczne w przedsiębiorstwach?* ArchaeGraph. https://archaegraph.pl/lib/l231bv/AI-mq6zyrke.pdf

MAGDALENA WROŃSKA

STRUCTURAL ASYMMETRIES IN THE DEVELOPMENT OF THE E-ECONOMY IN POLAND AGAINST THE BACKGROUND OF THE EUROPEAN UNION: THE MATURITY OF E-CONSUMERS, THE PLATFORMIZATION OF ENTERPRISES, AND MARKET CONCENTRATION IN E-COMMERCE

Abstract: The aim of this article is to identify and assess asymmetries in the development of Poland's e-economy compared with the European Union. The asymmetry is understood as uneven progress in digital consumer demand, firms' e-sales, market-access channels and complementary digital capabilities. The empirical review draws on Eurostat secondary data for 2014–2025, Statistics Poland publications and the OECD's 2026 competition market study of online marketplaces. The analysis uses percentage-point gaps, relative ratios, firm-size comparisons and the C1, C4 and Herfindahl–Hirschman concentration indices. The results show near convergence on the demand side: in 2025, 77.04% of Polish internet users purchased online, compared with 77.82% in the EU. A clear supply-side gap nevertheless persisted: in 2024, 18.55% of Polish enterprises conducted e-sales, compared with 23.59% in the EU. This asymmetry was structural. Large Polish enterprises slightly exceeded the EU average, while small and medium-sized firms lagged behind. Polish web sellers relied more heavily on online marketplaces, and traffic-based platform indicators revealed high concentration. Poland was above the EU average in paid cloud use, but substantially below it in SME digital intensity, data analytics and artificial intelligence adoption. The findings suggest that the central policy challenge is no longer consumer digitalisation, but strengthening SMEs' capacity to create value independently, use data and diversify sales channels. The relationships are descriptive and do not constitute causal identification.

Keywords: E-economy, e-commerce, digital platforms, SMEs, market concentration, digital transformation

Magdalena Wrońska

Dr, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Polska.
email: magdalena.wronska@ujk.edu.pl
ORCID: 0000-0001-8368-154X

SZTUCZNA INTELIGENCJA JAKO CZYNNIK TRANSFORMACJI GOSPODARKI CYFROWEJ. UWARUNKOWANIA I KONSEKWENCJE ABSORPCJI AI W PRZEDSIĘBIORSTWACH W POLSCE NA TLE UNII EUROPEJSKIEJ

Streszczenie: Celem artykułu jest ocena skali i struktury wykorzystania sztucznej inteligencji (AI) w przedsiębiorstwach w Polsce na tle Unii Europejskiej oraz identyfikacja mechanizmów, które warunkują przełożenie adopcji AI na produktywność i konkurencyjność gospodarki cyfrowej. Badanie ma charakter empiryczno-przeglądowy. W części empirycznej wykorzystano dane Eurostatu z zestawu isoc_eb_ai za lata 2021, 2023–2025, odnoszące się do przedsiębiorstw zatrudniających co najmniej 10 osób, oraz dane Głównego Urzędu Statystycznego. Zastosowano analizę dynamiki, luk bezwzględnych i relatywnych, zróżnicowania według klas wielkości, typów technologii i celów wykorzystania AI. Część przeglądowa obejmuje badania eksperymentalne, badania na poziomie firm oraz opracowania OECD, ILO i IMF. Wyniki wskazują, że w 2025 r. AI wykorzystywało 8,36% przedsiębiorstw w Polsce wobec 19,95% w UE, a Polska zajmowała 26. miejsce wśród 27 państw członkowskich. Luka adopcyjna była szczególnie duża w małych przedsiębiorstwach. Jednocześnie polskie firmy relatywnie częściej koncentrowały zastosowania AI na generowaniu treści oraz marketingu i sprzedaży niż na analizie języka, uczeniu maszynowym i zaawansowanej integracji procesowej. Na podstawie wyników sformułowano wniosek, że gospodarcze efekty AI zależą nie tylko od dostępności technologii, lecz przede wszystkim od komplementarnych inwestycji w dane, kompetencje, infrastrukturę cyfrową i reorganizację procesów. Nierównomierna zdolność absorpcyjna może powodować, że AI będzie jednocześnie źródłem wzrostu produktywności i czynnikiem pogłębiającym różnice między przedsiębiorstwami.

Słowa kluczowe: Sztuczna inteligencja, gospodarka cyfrowa, przedsiębiorstwa, produktywność, zdolność absorpcyjna, transformacja cyfrowa

Wprowadzenie

Sztuczna inteligencja staje się jednym z najważniejszych komponentów współczesnej transformacji cyfrowej. Jej znaczenie wynika nie tylko z możliwości automatyzowania powtarzalnych czynności, lecz również z rosnącej zdolności systemów do przetwarzania języka, rozpoznawania obrazów, generowania treści, wspierania decyzji oraz wykonywania wybranych zadań poznawczych. Rozwój generatywnej AI po 2022 r. obniżył koszt dostępu do zaawansowanych funkcji analitycznych i komunikacyjnych, jednak sama dostępność narzędzi nie przesądza o ich trwałym wpływie na wyniki przedsiębiorstw. Między użyciem pojedynczej aplikacji a organizacyjną transformacją procesów istnieje zasadnicza różnica ekonomiczna.

W literaturze AI jest często ujmowana jako technologia ogólnego zastosowania, czyli rozwiązanie zdolne do przenikania wielu sektorów, podlegające ciągłemu doskonaleniu i generujące komplementarne innowacje (Bresnahan & Trajtenberg, 1995). Takie technologie nie wywołują jednak natychmiastowego i równomiernego wzrostu produktywności. Ich wykorzystanie wymaga inwestycji w aktywa niematerialne, przebudowę procesów, kompetencje, jakość danych i systemy kontroli. W konsekwencji efekty mogą pojawiać się z opóźnieniem, co odpowiada koncepcji krzywej J produktywności (Brynjolfsson et al., 2021).

Problem ten ma szczególne znaczenie dla Polski. Komisja Europejska wskazuje na wolną absorpcję zaawansowanych technologii przez polskie przedsiębiorstwa oraz niedobory kompetencji cyfrowych (European Commission, 2025). Dane Eurostatu ujawniają szybki wzrost udziału firm wykorzystujących AI, lecz równocześnie utrzymującą się i rosnącą w ujęciu bezwzględnym lukę wobec średniej UE. W 2025 r. odsetek przedsiębiorstw stosujących co najmniej jedną technologię AI wyniósł w Polsce 8,36%, podczas gdy w UE osiągnął 19,95% (Eurostat, 2026a). Oznacza to, że dyskusja o AI w gospodarce przyszłości powinna zostać przesunięta z pytania o techniczne możliwości algorytmów na pytanie o zdolność przedsiębiorstw do ich produktywnej absorpcji.

Celem artykułu jest ocena skali i struktury absorpcji AI przez przedsiębiorstwa w Polsce na tle UE oraz określenie uwarunkowań, od których zależy przełożenie wykorzystania AI na produktywność i konkurencyjność. Postawiono cztery pytania badawcze: (1) jak zmieniała się luka adopcji AI między Polską a UE w latach 2021–2025; (2) jak wielkość przedsiębiorstwa różnicuje absorpcję AI; (3) czy struktura technologii i celów wykorzystania AI w Polsce wskazuje na wdrożenia powierzchowne czy procesowe; oraz (4) w jakim zakresie wyniki badań mikroekonomicznych pozwalają wnioskować o efektach na poziomie firm i gospodarki.

Hipoteza główna zakłada, że wpływ AI na produktywność i konkurencyjność gospodarki jest warunkowany zdolnością absorpcyjną przedsiębiorstw, obejmującą kompetencje, dane, infrastrukturę cyfrową, zasoby finansowe i zdolność do reorganizacji procesów. Hipoteza pomocnicza stanowi, że ograniczona zdolność absorpcyjna ma silniejsze znaczenie dla małych przedsiębiorstw, dlatego dyfuzja AI może początkowo pogłębiać różnice produktywności między klasami wielkości firm.

AI w gospodarce cyfrowej – ramy teoretyczne

Gospodarka cyfrowa obejmuje działalność gospodarczą, w której dane, infrastruktura teleinformatyczna, oprogramowanie i sieciowe modele koordynacji stanowią istotne czynniki tworzenia wartości. AI nie jest w tym ujęciu odrębnym sektorem, lecz warstwą technologiczno-decyzyjną wykorzystywaną w wielu funkcjach przedsiębiorstwa. Może zmieniać koszt prognozowania, klasyfikacji, tworzenia treści i wyszukiwania wzorców, a przez to wpływać na sposób organizacji produkcji, marketingu, finansów, logistyki i działalności badawczo-rozwojowej.

Koncepcja technologii ogólnego zastosowania wyjaśnia szeroki potencjał AI, ale również jej nierównomierną dyfuzję. Korzyści z technologii bazowej zależą od innowacji komplementarnych tworzonych przez użytkowników, natomiast rozwój zastosowań zwiększa zwrot z dalszego doskonalenia technologii (Bresnahan & Trajtenberg, 1995). Mechanizm ten tworzy sprzężenie zwrotne, lecz może zarazem sprzyjać koncentracji: przedsiębiorstwa posiadające dane, kompetencje i kapitał szybciej rozwijają zastosowania, a osiągnięte korzyści zwiększają ich zdolność do kolejnych inwestycji.

Z perspektywy przedsiębiorstwa użyteczna jest teoria zdolności absorpcyjnej. Cohen & Levinthal (1990) określili ją jako zdolność rozpoznania wartości nowej wiedzy, jej przyswojenia oraz wykorzystania do celów komercyjnych. W przypadku AI nie wystarcza zakup licencji. Firma musi umieć zidentyfikować proces, w którym technologia przyniesie wartość, zapewnić dostęp do odpowiednich danych, połączyć narzędzie z istniejącymi systemami, zmienić podział zadań oraz kontrolować jakość i ryzyko wyników. Zdolność absorpcyjna ma charakter kumulacyjny: wcześniejsze inwestycje w cyfryzację, chmurę, analitykę danych i kompetencje ułatwiają wdrożenie AI.

Wzrost produktywności może następować kilkoma kanałami. Pierwszy polega na automatyzacji, czyli zastępowaniu pracy człowieka w części zadań. Drugi to komplementarność: AI zwiększa skuteczność pracownika, dostarcza rekomendacji lub skraca czas potrzebny na wykonanie zadania. Trzeci obejmuje tworzenie nowych

zadań, produktów i modeli biznesowych. Czwarty wynika z poprawy alokacji zasobów dzięki dokładniejszym prognozom i szybszemu przetwarzaniu informacji. Bilans zależy od tego, które kanały dominują oraz czy oszczędność czasu zostanie przełożona na większą produkcję, lepszą jakość, innowacje albo redukcję kosztów.

Istotne jest rozróżnienie produktywności zadania, pracownika, przedsiębiorstwa i gospodarki. Skrócenie czasu wykonania konkretnego zadania nie oznacza automatycznie proporcjonalnego wzrostu wartości dodanej firmy. Wąskie gardła mogą znajdować się w innych częściach procesu, a zaoszczędzony czas może nie zostać produktywnie wykorzystany. Wdrożenie generuje również koszty: zakup technologii, integrację, szkolenia, nadzór, cyberbezpieczeństwo, weryfikację wyników i zgodność regulacyjną. Z tego powodu pozytywne efekty mikroekonomiczne mogą przez pewien czas nie być widoczne w statystykach makroekonomicznych.

Brynjolfsson et al. (2021) wskazują, że inwestycje w technologie ogólnego zastosowania mogą początkowo obniżać mierzoną produktywność, ponieważ przedsiębiorstwa ponoszą koszty tworzenia komplementarnych aktywów niematerialnych, które nie zawsze są właściwie ujmowane w rachunkach. Dopiero po reorganizacji procesów pojawia się faza wzrostowa. W odniesieniu do AI oznacza to, że rozproszone eksperymenty z narzędziami generatywnymi nie powinny być utożsamiane z dojrzałą transformacją organizacyjną.

Materiał i metoda badawcza

Badanie ma charakter empiryczno-przeglądowy. Podstawowym źródłem części ilościowej jest zestaw Eurostatu isoc_eb_ai „Artificial intelligence by size class of enterprise", pobrany 4 sierpnia 2026 r. Dane obejmują przedsiębiorstwa zatrudniające co najmniej 10 osób, prowadzące działalność zaliczaną do sekcji C–J, L–N oraz grupy 95.1 klasyfikacji NACE Rev. 2. Z zakresu wyłączono rolnictwo, leśnictwo i rybactwo, górnictwo i wydobywanie oraz sektor finansowy. Jednostką jest odsetek przedsiębiorstw, a kategorie technologii odpowiadają definicjom stosowanym w badaniu ICT przedsiębiorstw (Eurostat, 2026b). Taka delimitacja ogranicza możliwość odnoszenia wyników do całej populacji mikroprzedsiębiorstw.

Analizie poddano wskaźnik przedsiębiorstw wykorzystujących co najmniej jedną z technologii AI (E_AI_TANY), jego wartości w latach 2021, 2023, 2024 i 2025, klasy wielkości przedsiębiorstw oraz strukturę typów technologii i celów biznesowych. Brak roku 2022 wynika z harmonogramu modułów badania ICT, a nie z imputacji autora. Dla zapewnienia porównywalności we wszystkich zestawieniach Eurostatu zastosowano ten sam zakres sektorowy, jednostkę i próg zatrudnienia.

Wykorzystano cztery miary opisowe. Luka bezwzględna została obliczona jako różnica między odsetkiem dla UE i Polski: G_t = A_UE,t – A_PL,t. Względny poziom absorpcji Polski wyrażono jako R_t = A_PL,t / A_UE,t × 100%. Dynamikę oceniono za pomocą zmiany w punktach procentowych oraz względnej stopy zmiany. Zróżnicowanie według wielkości opisano również ilorazem odsetka dużych i małych przedsiębiorstw stosujących AI. Obliczenia własne wykonano na niezaokrąglonych wartościach Eurostatu, a wyniki prezentacyjne zaokrąglono do dwóch miejsc po przecinku.

Drugim źródłem są publikacje GUS dotyczące wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych w przedsiębiorstwach. Dane GUS wykorzystano do weryfikacji i interpretacji wyników, zachowując rozróżnienie między wartościami publikowanymi w krajowym opracowaniu i później aktualizowaną bazą Eurostatu. GUS podał dla Polski wartość 8,7% w 2025 r., natomiast aktualna ekstrakcja Eurostatu 8,36%. Różnica wynika najprawdopodobniej z zaokrąglenia oraz rewizji lub harmonizacji danych, lecz bez dokumentacji rewizji nie należy przypisywać jej jednej przyczynie. Dlatego w obliczeniach wykorzystano konsekwentnie wartości z jednej ekstrakcji Eurostatu.

Część przeglądowa obejmuje recenzowane badania eksperymentalne i quasi-eksperymentalne dotyczące wpływu AI na wykonywanie zadań, badania produktywności na poziomie przedsiębiorstw oraz raporty OECD, IMF i ILO. Źródła zestawiono według poziomu analizy, próby, rodzaju interwencji, miernika wyniku i ograniczeń generalizacji. Przegląd ma charakter ukierunkowany, a nie pełny systematyczny; jego zadaniem jest interpretacja wyników statystycznych, nie estymacja łącznego efektu metodą metaanalizy.

Wyniki analizy danych wtórnych

W latach 2021–2025 wykorzystanie AI rosło zarówno w Polsce, jak i w UE. W UE odsetek przedsiębiorstw stosujących co najmniej jedną technologię AI zwiększył się z 7,65% do 19,95%, czyli o 12,30 p.p. W Polsce wzrost nastąpił z 2,86% do 8,36%, a więc o 5,50 p.p. W ujęciu względnym tempo wzrostu było wysokie w obu przypadkach: 160,8% w UE oraz 192,3% w Polsce. Wyższa względna dynamika Polski wynika jednak z bardzo niskiej wartości początkowej i nie doprowadziła do konwergencji w ujęciu bezwzględnym.

Luka między UE a Polską wynosiła 4,79 p.p. w 2021 r., zmniejszyła się do 4,39 p.p. w 2023 r., po czym wzrosła do 7,58 p.p. w 2024 r. i 11,59 p.p. w 2025 r. W 2025 r. poziom wykorzystania AI w Polsce odpowiadał 41,9% średniej UE.

Oznacza to dywergencję po 2023 r.: absorpcja przyspieszyła w Polsce, lecz jeszcze szybciej rosła w całej UE. Szczególnie silne zwiększenie wskaźnika w UE między 2024 a 2025 r. – o 6,47 p.p. – wskazuje na fazę szybkiej dyfuzji technologii.

Tabela 1. Wykorzystanie co najmniej jednej technologii AI w przedsiębiorstwach w UE i Polsce w latach 2021–2025

Rok	UE (%)	Polska (%)	Luka UE–PL (p.p.)	Polska/UE (%)
2021	7,65	2,86	4,79	37,4
2023	8,06	3,67	4,39	45,5
2024	13,48	5,90	7,58	43,8
2025	19,95	8,36	11,59	41,9

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Eurostat, zbiór isoc_eb_ai, kod E_AI_TANY; ekstrakcja 4.08.2026. Brak obserwacji za 2022 r.

Wielkość przedsiębiorstwa a adopcja AI

Wielkość przedsiębiorstwa jest jednym z najsilniejszych czynników różnicujących adopcję. W 2025 r. AI stosowało 17,00% małych, 30,36% średnich i 55,03% dużych przedsiębiorstw w UE. W Polsce wartości wynosiły odpowiednio 5,79%, 14,77% i 45,81%. Duże polskie przedsiębiorstwa osiągały zatem 83,2% poziomu unijnego, podczas gdy małe jedynie 34,1%.

W UE duże firmy wykorzystywały AI 3,24 razy częściej niż małe, natomiast w Polsce aż 7,91 razy częściej. Wynik ten jest zgodny z hipotezą pomocniczą. Problem Polski nie sprowadza się do powszechnego opóźnienia wszystkich firm w jednakowym stopniu; ma strukturę silnie zależną od skali organizacji. Duże przedsiębiorstwa mają łatwiejszy dostęp do specjalistów, danych, finansowania i infrastruktury, a ponadto mogą rozłożyć koszty integracji i zgodności na większą skalę działalności. W małych firmach koszty stałe wdrożenia, niepewność zwrotu i ograniczenia kompetencyjne są relatywnie bardziej dotkliwe.

Tabela 2. Wykorzystanie AI według wielkości przedsiębiorstwa w 2025 r.

Klasa wielkości	UE (%)	Polska (%)	Luka UE–PL (p.p.)	Polska/UE (%)
Małe (10–49)	17,00	5,79	11,21	34,1
Średnie (50–249)	30,36	14,77	15,59	48,6
Duże (250 i więcej)	55,03	45,81	9,22	83,2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Eurostat, isoc_eb_ai, E_AI_TANY; ekstrakcja 4.08.2026.

Struktura wykorzystywanych technologii

Analiza rodzajów AI wskazuje, że opóźnienie Polski nie jest jednorodne. Najwyższy relatywny poziom wobec UE odnotowano dla generowania języka naturalnego, mowy lub kodu: 5,23% przedsiębiorstw w Polsce wobec 8,76% w UE, czyli 59,7% poziomu unijnego. Stosunkowo mniejsza luka występowała również w rozwiązaniach automatyzujących przepływy pracy lub wspierających decyzje. Największe różnice dotyczyły natomiast analizy tekstu: 2,10% wobec 11,75%, oraz technologii generowania obrazu, dźwięku i wideo: 2,75% wobec 9,55%.

Wyniki mogą świadczyć o szybkiej popularyzacji łatwo dostępnych narzędzi generatywnych, które nie zawsze wymagają głębokiej integracji z systemami przedsiębiorstwa. Z kolei uczenie maszynowe do analizy danych, text mining lub zautomatyzowane wykorzystanie danych procesowych wymagają zwykle wyższej dojrzałości danych i kompetencji. Nie można jednak na podstawie wskaźnika użycia rozstrzygnąć o intensywności ani ekonomicznej wartości wdrożenia. Eurostat rejestruje fakt wykorzystywania technologii, a nie nakłady, częstotliwość, liczbę użytkowników czy osiągnięty zwrot.

Tabela 3. Rodzaje technologii AI wykorzystywanych przez przedsiębiorstwa w 2025 r.

Rodzaj technologii	UE (%)	Polska (%)	Luka (p.p.)	PL/UE (%)
Analiza języka pisanego (text mining)	11,75	2,10	9,65	17,9
Rozpoznawanie mowy	7,22	1,59	5,63	22,0
Generowanie tekstu, mowy lub kodu	8,76	5,23	3,53	59,7
Rozpoznawanie i przetwarzanie obrazu	3,78	1,84	1,94	48,7
Uczenie maszynowe do analizy danych	5,10	1,83	3,27	35,9
Automatyzacja przepływów pracy/decyzji	5,35	2,60	2,75	48,6
Autonomiczny ruch maszyn	1,39	0,70	0,69	50,4
Generowanie obrazu, wideo lub dźwięku	9,55	2,75	6,80	28,8

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Eurostat, isoc_eb_ai; wartości oznaczają odsetek wszystkich badanych przedsiębiorstw. Kategorie nie są rozłączne.

Cele biznesowe wykorzystania AI

W Polsce najczęściej deklarowanym celem wykorzystania AI był marketing lub sprzedaż – 4,93% przedsiębiorstw. Kolejne miejsca zajmowały administracja biznesowa lub zarządzanie – 3,58%, finanse – 2,57% oraz procesy produkcyjne – 2,51%. Logistyka pozostawała zastosowaniem najrzadszym: 0,84% przedsiębiorstw. Podobna kolejność części zastosowań występowała w UE, ale poziomy były wyższe.

Relatywnie najmniejsza luka Polski wobec UE występowała w marketingu i sprzedaży, gdzie polski wskaźnik odpowiadał 71,2% wartości unijnej, oraz w logistyce – 69,4%. Niższe względne poziomy odnotowano w administracji i zarządzaniu, bezpieczeństwie ICT, finansach oraz działalności B+R i innowacyjnej. Dominacja marketingu może wynikać z niskiej bariery wejścia i dostępności gotowych usług generatywnych. Zastosowania w produkcji, finansach lub logistyce częściej wymagają integracji z danymi operacyjnymi, walidacji i niezawodności, a zatem większych inwestycji komplementarnych.

Tabela 4. Cele biznesowe wykorzystania AI w przedsiębiorstwach w 2025 r.

Cel wykorzystania	UE (%)	Polska (%)	Luka (p.p.)	PL/UE (%)
Marketing lub sprzedaż	6,92	4,93	1,99	71,2
Procesy produkcyjne/świadczenie usług	4,14	2,51	1,63	60,6
Administracja biznesowa lub zarządzanie	6,19	3,58	2,61	57,8
Logistyka	1,21	0,84	0,37	69,4
Bezpieczeństwo ICT	3,94	2,20	1,74	55,8
Rachunkowość, controlling lub finanse	4,61	2,57	2,04	55,7
B+R lub działalność innowacyjna	3,80	2,04	1,76	53,7

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Eurostat, isoc_eb_ai; wartości oznaczają odsetek wszystkich badanych przedsiębiorstw. Jedno przedsiębiorstwo mogło wskazać kilka celów.

AI a produktywność – synteza dowodów empirycznych

Badania na poziomie zadania dostarczają przekonujących dowodów, że generatywna AI może skracać czas pracy i poprawiać jakość wyniku w określonych warunkach. Noy & Zhang (2023) przeprowadzili prerejestrowany eksperyment z udziałem 453 wykształconych specjalistów wykonujących zadania pisemne. Dostęp do ChatGPT skrócił przeciętny czas wykonania o 40% i zwiększył ocenianą jakość o 18%. Efekty były większe wśród osób osiągających wcześniej słabsze wyniki, co wskazuje na możliwość ograniczania wewnątrzzadaniowych różnic produktywności.

Brynjolfsson et al. (2025) analizowali stopniowe wdrażanie asystenta AI w obsłudze klienta. W opublikowanej wersji badania obejmującej ponad pięć tysięcy agentów dostęp do systemu podniósł produktywność przeciętnie o około 15%, przy czym największe korzyści odnotowali pracownicy mniej doświadczeni i o niższych wynikach początkowych. Badanie sugeruje, że AI może przenosić wzorce działania najlepszych pracowników do rekomendacji dostępnych pozostałym, pełniąc funkcję narzędzia uczenia organizacyjnego.

\Peng et al. (2023) w kontrolowanym eksperymencie z programistami stwierdzili, że grupa korzystająca z GitHub Copilot wykonała zadanie programistyczne o 55,8% szybciej. Wynik dotyczył jednak jednego, jasno zdefiniowanego zadania, dlatego nie powinien być interpretowany jako wzrost produktywności całego procesu wytwarzania oprogramowania o identycznej skali. W rzeczywistych projektach znaczenie mają jakość architektury, testowanie, bezpieczeństwo, utrzymanie kodu i koordynacja zespołu.

Dell'Acqua et al. (2026) wykazali na próbie 758 konsultantów, że efekty AI zależą od położenia zadania względem „poszarpanej granicy technologicznej". Dla zadań mieszczących się w aktualnych możliwościach AI konsultanci wykonali o 12,2% więcej zadań, pracowali o 25,1% szybciej, a jakość ich rezultatów wzrosła o ponad 40%. W zadaniu wykraczającym poza tę granicę użytkownicy AI byli jednak o 19 p.p. mniej skłonni do uzyskania poprawnego rozwiązania. Oznacza to, że narzędzie może równocześnie zwiększać produktywność i ryzyko wiarygodnie brzmiących błędów.

Na poziomie przedsiębiorstw dowody są bardziej ograniczone i trudniejsze interpretacyjnie. Czarnitzki et al. (2023), analizując dane firmowe, wykazali dodatni i statystycznie istotny związek między wykorzystaniem AI a produktywnością. Autorzy stosowali różne miary adopcji i procedury ograniczające problem selekcji, jednak badania obserwacyjne nie eliminują całkowicie możliwości, że AI wdrażają przede wszystkim firmy już bardziej produktywne, innowacyjne i lepiej zarządzane.

Różnica między silnymi wynikami badań zadaniowych a ostrożniejszymi prognozami makroekonomicznymi nie jest sprzecznością. Acemoglu (2025) szacuje, że wzrost łącznej produktywności czynników produkcji w USA wywołany AI może w perspektywie dekady pozostać poniżej 0,55%. OECD przedstawia wyższe scenariusze, według których AI może zwiększać roczne tempo wzrostu produktywności pracy o około 0,4–0,9 p.p., lecz podkreśla zależność wyniku od skali adopcji i komplementarnych inwestycji (Filippucci et al., 2024). Rozpiętość prognoz pokazuje, że najważniejszą zmienną nie jest techniczna skuteczność pojedynczego modelu, lecz zakres ekonomicznie opłacalnych zastosowań oraz tempo ich integracji z procesami.

Tabela 5. Wybrane badania empiryczne dotyczące wpływu AI na produktywność

Badanie	Próba i metoda	Najważniejszy wynik	Ograniczenie generalizacji
Noy & Zhang (2023)	453 specjalistów; prerejestrowany eksperyment z zadaniami pisemnymi	Czas krótszy o 40%; jakość wyższa o 18%	Wąski zbiór zadań, krótki horyzont
Brynjolfsson et al. (2025)	Ponad 5 tys. agentów obsługi; stopniowe wdrożenie	Produktywność wyższa średnio o ok. 15%; większy efekt u mniej doświadczonych	Jedna firma i jeden typ procesu usługowego
Peng et al. (2023)	95 programistów; eksperyment z GitHub Copilot	Wykonanie zadania szybsze o 55,8%	Jedno zadanie programistyczne; preprint
Dell'Acqua et al. (2026)	758 konsultantów; eksperyment terenowy	Wewnątrz granicy AI: więcej zadań, krótszy czas i wyższa jakość; poza nią spadek poprawności	Efekt zależny od zadania i granicy możliwości modelu
Czarnitzki et al. (2023)	Dane przedsiębiorstw; modele produktywności i korekta selekcji	Dodatni i istotny związek adopcji AI z produktywnością	Badanie obserwacyjne; ryzyko endogeniczności

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wskazanych publikacji. Wartości nie są bezpośrednio porównywalne z powodu różnic w próbach, interwencjach i miernikach.

Dyskusja

Uzyskane wyniki wspierają interpretację AI przez pryzmat zdolności absorpcyjnej. Polska nie pozostaje poza procesem dyfuzji: odsetek firm wykorzystujących AI niemal się potroił między 2021 a 2025 r. Jednocześnie szybki wzrost nie doprowadził do konwergencji względem UE, ponieważ absorpcja przyspieszyła jeszcze silniej w innych państwach. W 2025 r. Polska zajmowała 26. miejsce w UE, wyprzedzając jedynie Rumunię. Jest to sygnał problemu strukturalnego, a nie wyłącznie opóźnienia czasowego.

Najważniejszym wynikiem jest zróżnicowanie według wielkości. Duże polskie przedsiębiorstwa były relatywnie blisko średniej unijnej, natomiast małe osiągały około jednej trzeciej poziomu UE. Tak silna różnica wskazuje na działanie barier stałych: kosztów integracji, niedoboru specjalistów, niskiej dojrzałości danych, niepewności prawnej i trudności w ocenie zwrotu z inwestycji. OECD (2024) podkreśla ryzyko pogłębiania nierówności cyfrowych między firmami, natomiast OECD/BCG/INSEAD (2025) wskazuje, że przedsiębiorstwa wymieniają niedobór kompetencji, niedojrzałość danych i niepewność ROI jako istotne przeszkody. Instytucje dyfuzji technologii powinny zatem wspierać identyfikację przypadków użycia, projekty demonstracyjne oraz wybór dostawców.

Struktura technologii sugeruje, że część wzrostu może mieć charakter narzędziowy, a nie transformacyjny. Relatywnie wysoki wynik Polski w generowaniu tekstu, mowy lub kodu oraz marketingu odpowiada szybkiemu rozpowszechnieniu gotowych usług dostępnych w modelu chmurowym. Są one użyteczne, ale ich wdrożenie nie musi oznaczać przebudowy modelu biznesowego. Bardziej dojrzała absorpcja obejmowałaby integrowanie AI z danymi przedsiębiorstwa, analityką, przepływami pracy, systemami produkcyjnymi i mechanizmami decyzyjnymi. Obserwowane niskie wartości text mining i uczenia maszynowego wskazują na ograniczoną skalę takich zastosowań.

Z punktu widzenia polityki gospodarczej samo subsydiowanie zakupu narzędzi może być niewystarczające. Wsparcie powinno obejmować audyty dojrzałości cyfrowej, przygotowanie danych, szkolenia łączące kompetencje techniczne i menedżerskie, bezpieczne środowiska pilotażowe oraz doradztwo regulacyjne. Szczególne znaczenie mają mechanizmy dostępne dla MŚP: centra testowania, sektorowe demonstratory, bony na integrację, standardowe procedury oceny ryzyka oraz współpraca z uczelniami i organizacjami badawczymi. Efektem interwencji powinno być powstanie trwałej zdolności organizacyjnej, a nie tylko nabycie licencji.

Istotnym uwarunkowaniem jest regulacja. AI Act ustanawia podejście oparte na ryzyku oraz obowiązki zależne od roli podmiotu i rodzaju systemu (Regulation (EU) 2024/1689, 2024). Wymogi dotyczące kompetencji w zakresie AI zaczęły obowiązywać 2 lutego 2025 r., natomiast zasadnicza część rozporządzenia jest stosowana od 2 sierpnia 2026 r. Przyjęty w lipcu 2026 r. AI Omnibus przesunął stosowanie reguł dla systemów wysokiego ryzyka z załącznika III na 2 grudnia 2027 r., a dla systemów wbudowanych w regulowane produkty na 2 sierpnia 2028 r. (Regulation (EU) 2026/1744, 2026). Regulacja może zwiększać zaufanie i ograniczać ryzyko, ale dla mniejszych podmiotów tworzy również koszty informacyjne i zgodności. Dostęp do jasnych wytycznych, dokumentacji dostawców i proporcjonalnego wsparcia staje się zatem elementem zdolności absorpcyjnej.

Oddziaływanie AI na zatrudnienie powinno być analizowane na poziomie zadań, nie wyłącznie zawodów. ILO ocenia, że około jedna czwarta miejsc pracy na świecie jest w pewnym stopniu eksponowana na generatywną AI, jednak transformacja treści pracy jest bardziej prawdopodobna niż pełna automatyzacja całych zawodów (Gmyrek et al., 2025). IMF (2024) również rozróżnia ekspozycję prowadzącą do substytucji od ekspozycji, w której AI uzupełnia pracę i podnosi produktywność. Ekspozycja nie jest więc tożsama z utratą zatrudnienia. Dla przedsiębiorstw oznacza to potrzebę projektowania nowych konfiguracji pracy, określania odpowiedzialności człowieka i inwestowania w weryfikację wyników.

Badania eksperymentalne pokazują również możliwość zmniejszania różnic między pracownikami, ponieważ osoby mniej doświadczone często odnoszą większe korzyści. Na poziomie przedsiębiorstw może jednak wystąpić odwrotny mechanizm: firmy o największych zasobach szybciej wdrażają AI i powiększają przewagę. AI może więc działać egalitaryzująco wewnątrz określonego zadania, a jednocześnie polaryzująco między organizacjami. Rozstrzygnięcie bilansu wymaga danych łączących adopcję z produktywnością, zatrudnieniem, płacami, inwestycjami niematerialnymi i charakterystykami organizacji.

Ograniczenia badania

Pierwszym ograniczeniem jest charakter danych Eurostatu. Wskaźniki mierzą deklarowany fakt wykorzystania technologii, ale nie intensywność, wydatki, liczbę użytkowników ani rezultaty ekonomiczne. Firma używająca prostego generatora tekstu i przedsiębiorstwo integrujące modele z produkcją mogą być klasyfikowane identycznie. Dane przekrojowe nie pozwalają również ustalić kierunku przyczynowości między adopcją i produktywnością.

Drugim ograniczeniem jest zakres populacji. Badanie nie obejmuje przedsiębiorstw zatrudniających mniej niż 10 osób, chociaż mikroprzedsiębiorstwa stanowią dominującą część liczby podmiotów w Polsce. Wyników 8,36% nie wolno zatem przedstawiać jako odsetka wszystkich przedsiębiorstw bez kwalifikacji. Wyłączone są również niektóre sektory, w tym finansowy, w którym wykorzystanie AI może być ponadprzeciętne.

Trzecim ograniczeniem są zmiany kwestionariusza i samej technologii. Kategoria AI obejmuje heterogeniczne rozwiązania, a pojawienie się narzędzi generatywnych zmieniło sposób rozumienia i deklarowania wykorzystania AI. Porównania w czasie są użyteczne, lecz powinny być interpretowane z uwzględnieniem ewolucji pytań i świadomości respondentów. Różnica między wartością GUS 8,7% i Eurostatu 8,36% dodatkowo wskazuje na konieczność podawania wersji oraz daty ekstrakcji.

Czwarte ograniczenie dotyczy przeglądu literatury. Większość dobrze zidentyfikowanych efektów pochodzi z konkretnych zadań i środowisk pracy umysłowej. Badania te mają wysoką trafność wewnętrzną, lecz ograniczoną możliwość uogólnienia na całe przedsiębiorstwa i sektory. W artykule nie przeprowadzono metaanalizy ani formalnej oceny ryzyka błędu systematycznego, dlatego zestawienie efektów służy porównaniu mechanizmów, a nie wyznaczeniu jednej średniej miary wpływu AI.

Wnioski

Analiza potwierdza, że AI staje się ważnym elementem gospodarki cyfrowej, lecz proces jej dyfuzji jest silnie nierównomierny. W 2025 r. technologie AI wykorzystywało 19,95% przedsiębiorstw w UE i 8,36% w Polsce. Mimo szybkiego wzrostu w Polsce luka wobec średniej unijnej zwiększyła się po 2023 r. do 11,59 p.p., a Polska zajęła przedostatnią pozycję w UE.

Najbardziej znaczące różnice występują w małych przedsiębiorstwach. Duże polskie firmy osiągnęły 83,2% unijnego poziomu adopcji, a małe tylko 34,1%. Potwierdza to, że zasadniczym ograniczeniem nie jest sama dostępność narzędzi, lecz zdolność do ich produktywnego włączenia w działalność. Dane, kompetencje, infrastruktura, finansowanie, wiedza regulacyjna i zdolność do zmiany procesów tworzą system komplementarnych zasobów.

Wyniki badań eksperymentalnych dowodzą, że AI może znacząco skracać czas wykonywania wybranych zadań i poprawiać jakość, szczególnie wśród mniej doświadczonych pracowników. Nie uzasadniają jednak mechanicznego przenoszenia tych efektów na poziom przedsiębiorstwa i PKB. Znaczenie ma granica możliwości technologii, kontrola błędów, koszty integracji oraz wykorzystanie zaoszczędzonego czasu. Dlatego gospodarka przyszłości nie będzie określana wyłącznie przez jakość modeli AI, lecz przez jakość instytucji i organizacji zdolnych do ich odpowiedzialnego wykorzystania.

Dla Polski priorytetem powinno być ograniczenie luki absorpcyjnej MŚP. Polityka publiczna powinna przesunąć akcent z prostego finansowania zakupu technologii na budowę kompetencji, dojrzałości danych, demonstrację mierzalnych przypadków użycia i wsparcie reorganizacji procesów. W przeciwnym razie AI może zwiększać produktywność liderów, jednocześnie pogłębiając różnice między przedsiębiorstwami i utrwalając peryferyjną pozycję części gospodarki cyfrowej.

Bibliografia

Acemoglu, D. (2025). The simple macroeconomics of AI. *Economic Policy, 40*(121), 13–58. https://doi.org/10.1093/epolic/eiae042

Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies „Engines of growth"? *Journal of Econometrics, 65*(1), 83–108. https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01598-T

Brynjolfsson, E., Li, D., & Raymond, L. R. (2025). Generative AI at work. *The Quarterly Journal of Economics, 140*(2), 889–942. https://doi.org/10.1093/qje/qjae044

Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2021). The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies. *American Economic Journal: Macroeconomics, 13*(1), 333–372. https://doi.org/10.1257/mac.20180386

Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly, 35*(1), 128–152. https://doi.org/10.2307/2393553

Czarnitzki, D., Fernández, G. P., & Rammer, C. (2023). Artificial intelligence and firm-level productivity. *Journal of Economic Behavior & Organization, 211*, 188–205. https://doi.org/10.1016/j.jebo.2023.05.008

Dell'Acqua, F., McFowland, E., III, Mollick, E., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K. C., Rajendran, S., Krayer, L., Candelon, F., & Lakhani, K. R. (2026). Navigating the jagged technological frontier: Field experimental evidence of the effects of artificial intelligence on knowledge worker productivity and quality. *Organization Science, 37*(2), 403–423. https://doi.org/10.1287/orsc.2025.21838

European Commission. (2025). *Poland 2025 Digital Decade country report*. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/poland-2025-digital-decade-country-report

Eurostat. (2026a). *Artificial intelligence by size class of enterprise* [Data set; online data code: isoc_eb_ai]. Retrieved August 4, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_eb_ai/default/table?lang=en

Eurostat. (2026b). *Use of artificial intelligence in enterprises*. Statistics Explained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Use_of_artificial_intelligence_in_enterprises

Filippucci, F., Gal, P., & Schief, M. (2024). *Miracle or myth? Assessing the macroeconomic productivity gains from artificial intelligence* (OECD Artificial Intelligence Papers No. 29). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/b524a072-en

Główny Urząd Statystyczny. (2025). *Społeczeństwo informacyjne w Polsce w 2025 r.* https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5497/1/19/1/spoleczenstwo_informacyjne_w_polsce_2025.pdf

Gmyrek, P., Berg, J., Kamiński, K., Konopczyński, F., Ładna, A., Nafradi, B., Rosłaniec, K., & Troszyński, M. (2025). *Generative AI and jobs: A refined global index of occupational exposure* (ILO Working Paper 140). International Labour Organization. https://doi.org/10.54394/HETP0387

International Monetary Fund. (2024). *Gen-AI: Artificial intelligence and the future of work* (Staff Discussion Note 2024/001). https://doi.org/10.5089/9798400262548.006

Noy, S., & Zhang, W. (2023). Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence. *Science, 381*(6654), 187–192. https://doi.org/10.1126/science.adh2586

OECD. (2024). *Fostering an inclusive digital transformation as AI spreads among firms*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5876200c-en

OECD/BCG/INSEAD. (2025). *The adoption of artificial intelligence in firms: New evidence for policymaking*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/f9ef33c3-en

Peng, S., Kalliamvakou, E., Cihon, P., & Demirer, M. (2023). *The impact of AI on developer productivity: Evidence from GitHub Copilot*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.06590

Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence, OJ L, 2024/1689 (2024). https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

Regulation (EU) 2026/1744 of the European Parliament and of the Council of 8 July 2026 amending Regulations (EU) 2024/1689 and (EU) 2018/1139 as regards simplification of harmonised rules on artificial intelligence, OJ L, 2026/1744 (2026). https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2026/1744/oj

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A FACTOR IN THE TRANSFORMATION OF THE DIGITAL ECONOMY. DETERMINANTS AND CONSEQUENCES OF AI ABSORPTION IN ENTERPRISES IN POLAND AGAINST THE BACKGROUND OF THE EUROPEAN UNION

Abstract: The aim of the article is to assess the scale and structure of artificial intelligence (AI) adoption by enterprises in Poland compared with the European Union and to identify the mechanisms that determine whether AI adoption translates into productivity and competitiveness gains in the digital economy. The study combines secondary-data analysis with a structured review of empirical research. Eurostat data from the isoc_eb_ai dataset for 2021 and 2023–2025, covering enterprises with at least ten persons employed, are complemented by Statistics Poland data. The analysis examines changes over time, absolute and relative adoption gaps, firm-size differences, types of AI technologies and business purposes. In 2025, 8.36% of Polish enterprises used AI compared with 19.95% in the EU, placing Poland 26th among the 27 Member States. The adoption gap was particularly pronounced among small firms. Polish enterprises also showed a stronger relative concentration on content generation and marketing or sales than on text mining, machine learning and advanced process integration. The results support the conclusion that the economic effects of AI depend less on the mere availability of technology than on complementary investments in data, skills, digital infrastructure and organisational redesign. Unequal absorptive capacity may therefore make AI both a source of productivity growth and a factor widening disparities between firms.

Keywords: Artificial intelligence, digital economy, enterprises, productivity, absorptive capacity, digital transformation

Magdalena Wrońska

PhD, Jan Kochanowski University of Kielce, Poland.
Email: magdalena.wronska@ujk.edu.pl
ORCID: 0000-0001-8368-154X

THE ONTOLOGICAL AND ECONOMIC TRANSFORMATION OF DIGITAL PRODUCTS IN THE CONTEXT OF AN EMERGING INTELLIGENT ECONOMY

Abstract: This article develops an integrative theoretical framework for explaining the evolution of digital products: from relatively closed information goods, through networked, cloud-based, and platform products, to intelligent, generative, and agentic products. The study is theoretical and draws on an integrative and critical review of Polish and international scholarship in economics, management, information systems, marketing, and law. The synthesis shows that continuity between earlier and contemporary digital products rests on low reproduction costs, the information-dependent nature of value, and the importance of standards. What has changed, however, are product boundaries, stability over time, sources of value, the role of the user, and the scope of technological agency. A digital product is no longer a finished file transferred to a buyer; it has become a temporarily stabilised configuration of code, data, models, interfaces, infrastructure, and governance rules. In intelligent products, value is co-created over the course of use, while outputs may be probabilistic, context-dependent, and variable. On this basis, the article formulates a model of tomorrow's digital economy organised around six transitions: from ownership to access, from transactions to continuous relationships, from stable functionality to learning, from the individual firm to the ecosystem, from a passive tool to delegated agency, and from technical quality to life-cycle accountability. The principal conclusion is that future competition will concern not only product attributes but also control over data, update rules, interoperability, users' ability to leave an ecosystem, and the trustworthiness of AI systems. The article systematises the key concepts and may serve as core reading for courses in the digital economy, e-business, and digital transformation.

Keywords: Digital product, information good, digital platform, ecosystem, artificial intelligence, agent-based product, digital economy.

Introduction

The product is a fundamental category in economics and management, yet its meaning becomes less self-evident under conditions of digitalisation. In the classical view, a product can be distinguished from the process by which it is created, a moment of completion can be identified, a producer can be assigned, and a set of attributes available to the buyer can be specified. A digital product challenges each of these intuitions. It can be copied without depleting the original, updated after sale, assembled from modules owned by multiple entities, personalised on the basis of data, and made available without any transfer of ownership. Increasingly, therefore, the contemporary user acquires not a stable object but temporary access to an operational capability sustained by infrastructure, data, and ecosystem relationships (Bardhi & Eckhardt, 2012; Kallinikos et al., 2010; Yoo et al., 2010).

Historically, the earliest analyses focused on information goods such as software, music, text, and databases. Their distinctive economics was explained by the high cost of producing the first copy, the very low cost of reproduction, the problem of excludability, and the possibility of versioning (Arrow, 1962; Shapiro & Varian, 1999; Varian, 1995). The development of the internet shifted attention towards network effects, standards, compatibility, and distribution systems. Subsequently, platforms, cloud computing, mobile applications, and the Internet of Things made product value increasingly dependent on complementary services and the activities of other participants. Artificial intelligence now adds another layer: a product can generate new content, learn from data, recommend actions, and, under certain conditions, perform them on a person's behalf.

The literature describing these transformations is extensive but dispersed across disciplines. Information economics explains cost structures and pricing; network theory, the increasing value of the user base; research on digital innovation, modularity and generativity; service-dominant logic, value co-creation; and platform and ecosystem theory, the interdependencies among operators, complementors, and users. Research on AI, in turn, focuses on automation, decision support, and the allocation of agency between human actors and systems. Without integrating these perspectives, it is easy either to regard each successive stage as a complete rupture with the past or, conversely, to reduce the contemporary intelligent product to yet another information file.

The aim of this article is to reconstruct the evolution of digital products and derive implications for tomorrow's digital economy. Four research questions are posed: (1) Which attributes of earlier information goods remain relevant? (2)

Which technological and organisational changes transformed the digital product into a service, a platform, and an element of an ecosystem? (3) How does the intelligent product differ from earlier generations of digital products? and (4) What consequences does this evolution have for value creation, competition, user rights, and accountability? The purpose is not to forecast specific technologies but to identify mechanisms with greater analytical durability.

The central thesis is that the digital product is evolving from a closed carrier of information towards a temporarily stabilised capability to deliver value. This capability arises from the combination of code, data, models, interfaces, infrastructure, user labour, and governance rules. Consequently, the boundaries between product and service, producer and consumer, and production and use become permeable. A subsidiary thesis holds that generative and agentic products do not invalidate the economics of digital goods but instead intensify its central tensions: scale versus variety, openness versus control, personalisation versus privacy, convenience versus dependency, and innovation versus accountability.

Method: an integrative and critical literature review

The article is theoretical and employs an integrative and critical literature review. An integrative approach is appropriate when a research problem cuts across disciplinary boundaries and the objective is not merely to catalogue findings but also to construct a new interpretive framework (Snyder, 2019; Torraco, 2005). The term 'critical' denotes an assessment of the explanatory scope of individual theories, their assumptions, and the tensions between them. The review is neither a meta-analysis nor a systematic review intended to estimate a single effect. It therefore does not report a spuriously precise number of 'all' publications, because the concept of the digital product operates across multiple terminological traditions and cannot be reliably captured by a single search query.

Sources were selected along two axes. The historical axis extends from information economics and network standards to the literature on cloud computing, platforms, data, generative artificial intelligence, and agentic systems. The thematic axis encompasses the ontology of digital artefacts, the economics of costs and pricing, network effects, modularity, digital innovation, service-dominant logic, ecosystems, access and ownership, datafication, delegation of decisions, and regulation. Priority was given to peer-reviewed publications, academic monographs, seminal works extensively developed in subsequent scholarship, and applicable European Union legislation.

The review included both Polish and international scholarship. Polish studies were used not as a local addendum but as a source of concepts relating to the data-driven economy, platformisation, enterprise transformation, and intelligent business (Karaś, 2025; Śledziewska & Włoch, 2020; Szpringer, 2022; Wrońska, 2026). International scholarship provides the principal theoretical constructs for comparing successive product generations. Legal instruments concerning digital content and services, access to data, and artificial intelligence were also included because contemporary product attributes are partly shaped by obligations relating to updates, transparency, interoperability, and risk management.

The analysis proceeded in three steps. First, the definitions and attributes of the digital product were reconstructed. The transformations were then organised into five analytical generations: informational, networked, service- and cloud-based, platform- and ecosystem-based, and intelligent-agentic. These generations are not rigid epochs: they coexist, and a single product may combine features of several generations. In the third step, they were compared across six dimensions: ontological, technological, economic, organisational, relational, and institutional. The outcome is a model of the transitions shaping tomorrow's digital economy, together with a set of educational implications.

Table 1. Theoretical perspectives and their explanatory scope

Perspective	What does it explain?	What does it not explain on its own?	**Selected sources**
Information economics	Copying costs, pricing, versioning, bundling, and excludability	Ecosystem interactions and AI agency	Arrow (1962); Bakos and Brynjolfsson (1999); Shapiro and Varian (1999)
Network economics	Compatibility, standards, expectations, and the increasing value of the installed base	Layered architecture and value co-creation	Katz and Shapiro (1985); Parker and Van Alstyne (2005)
Modularity and digital innovation	Resource recombination, generativity, and distributed innovation	Revenue allocation and user protection	Baldwin and Clark (2000); Yoo et al. (2010); Nambisan et al. (2017)
Service-dominant logic	Value-in-use, resource integration, and co-creation	Platform-operator power and concentration	Vargo and Lusch (2004); Lusch and Nambisan (2015)
Platforms and ecosystems	Roles, governance, complements, and multilateral dependencies	The probabilistic quality of trained models	Adner (2017); Jacobides et al. (2018); Belleflamme and Peitz (2021)
Data and privacy economics	Data exchange, information asymmetry, and personalisation	Delegation of actions to a system	Acquisti et al. (2016); Alaimo et al. (2020)

Perspective	What does it explain?	What does it not explain on its own?	**Selected sources**
AI agency and organisation	Allocation of decision-making, automation, augmentation, and oversight	The full market structure of models and cloud infrastructure	Faraj et al. (2018); Shrestha et al. (2019); Raisch and Krakowski (2021)
Institutional perspective	Access rights, updates, risk, and accountability	Technical sources of product advantage	Directive (EU) 2019/770; Regulations (EU) 2023/2854 and 2024/1689

Source: Author's own elaboration. The table demonstrates the complementarity of the theories; no single perspective encompasses the entire life cycle of the contemporary digital product.

The digital product: conceptual clarification

The starting point is the distinction among digitisation, digitalisation, and digital transformation. Digitisation means converting information from analogue into digital form. Digitalisation concerns the use of digital technologies to improve existing activities, whereas digital transformation entails a deeper change in how value is created, how organisations are structured, and how they relate to their environment (Vial, 2019; Verhoef et al., 2021). A scanned book is a digital representation of content; by contrast, a subscription-based reading platform with recommendations, cloud-based notes, and a preference-learning mechanism constitutes a product governed by a different economic and organisational logic.

An information good is a good whose value derives primarily from the information it contains. The digital product is a broader concept: it encompasses not only content but also functionality delivered through software, interaction, data, and access to infrastructure. The term digital artefact emphasises the material-symbolic constitution of technology, whereas a digital resource may be reused in different combinations. A digital service highlights the processual and relational production of value. In practice, the same object may simultaneously be an artefact, a resource, and a service, depending on the level of analysis. An operational definition should therefore identify the mechanism through which utility is generated, rather than rely on a market label.

Kallinikos et al. (2010) describe digital objects in terms of editability, interactivity, openness, and distributedness. Editability allows a product to be changed after release; interactivity makes the outcome dependent on user actions; openness enables extension and recombination; and distributedness means that product elements, and control over them, may be divided across multiple locations

and organisations. These properties are not unlimited. They may be disabled through technical or contractual means, while an operator may centralise decision-making despite distributed infrastructure. Digitality is therefore a set of design possibilities, not an automatic guarantee of openness. The ambivalent status of such artefacts stems precisely from the combination of their formal capacity for change and the organisational capacity to restrict that change (Kallinikos et al., 2013).

For the purposes of this article, a digital product is defined as a market- or socially recognisable configuration of digital resources that enables the user to obtain a particular form of value through an interface. The configuration may include code, content, data, models, devices, cloud services, standards, and the labour of other participants. This definition retains the product as a unit of an offering while recognising that its boundaries are negotiated and mutable. The user sees an application or a device, but its effective operational capability often depends on a data centre, APIs, an application store, licences, AI models, and the continuity of the relationship with the provider.

It is also important to distinguish between a 'digital by nature' product and a digitally augmented product. A music file, game, or cloud service may exist solely as digital representation and process. A car, medical device, or industrial machine remains physical, but its functions are increasingly defined by software, connectivity, and data. Porter and Heppelmann (2014) conceptualise such solutions as smart, connected products. The boundary between the categories is becoming blurred, because the value of a physical good may depend on a digital service, while a digital service may depend on sensors and physical infrastructure.

Table 2. Core categories for analysing digital products

Category	Definitional question	Dominant mechanism	Analytical example
Information good	What is the source of value?	Information; high first-copy cost and low reproduction cost	E-book, music file, database
Digital artefact	Which properties are enabled by digital representation?	Editability, interactivity, openness, and distributedness	Software module, application
Digital service	How is value generated in use?	Continuous provision, configuration, and resource integration	Software as a Service (SaaS)
Digital platform	How are interactions among multiple sides organised?	Network effects, standards, governance, and complements	Application store, transaction platform

Category	Definitional question	Dominant mechanism	Analytical example
Intelligent product	How do data change product operation?	Monitoring, adaptation, prediction, and personalisation	Device connected to an analytics service
Agentic product	What objective and scope of action does the user delegate?	Planning, tool selection, and execution of action sequences	An assistant that executes a process across services

Source: Author's own elaboration based on Shapiro and Varian (1999), Kallinikos et al. (2010), Vargo and Lusch (2004), Gawer (2014), Porter and Heppelmann (2014), and Baird and Maruping (2021).

First generation: information goods and the economics of the copy

The classical economics of information goods begins with a distinctive cost structure. Producing the first copy may require substantial expenditure on creative work, research, or programming, whereas the cost of producing an additional copy is very low. Sunk costs and economies of scale are therefore considerable, and price cannot be derived solely from marginal cost, as this would not allow the initial investment to be recovered (Shapiro & Varian, 1999). This mechanism supports strategies of versioning, bundling, price segmentation, and restricted access. Bakos and Brynjolfsson (1999) demonstrated that bundling multiple information goods can reduce variation in willingness to pay and improve the seller's pricing efficiency.

A second property is non-rivalry in consumption: one person's use of information need not limit another person's ability to use it. This does not, however, eliminate economic rivalry. Attention, bandwidth, computing power, ranking position, and specialist time may all be rivalrous. Nor is excludability a natural constant. It is created by intellectual property rights, technical safeguards, accounts, licences, and control over infrastructure. Arrow (1962) drew attention to the information disclosure paradox: a buyer cannot fully assess the value of information before knowing it, yet, once it is known, may no longer need to purchase it. Brands, samples, reputation, and intermediaries reduce this asymmetry.

The early digital product was often treated as the digital equivalent of a physical object: a software program on a storage medium, an album downloaded to a drive, an e-book, or a data package. The user received a relatively closed version, and change required the purchase of an update or a new edition. This model perpetuated the language of ownership and copies, even though licensing already restricted freedom of disposal. Historically, the 'product as file' remains important because it established the rules of the subsequent economy: virtually costless reproduction, global distribution, and strict control over access through code.

Not all first-generation characteristics have disappeared. High creation costs and low copying costs also apply to AI models, software libraries, and generative content, although they are now accompanied by substantial computational costs during use. Versioning, bundling, and price discrimination remain important. What is copied and sold, however, has changed. Increasingly, the buyer receives not a copy of the model or code but access to its operation. Marginal cost need not be close to zero when every query consumes computing resources. The economics of the copy is thus evolving into the economics of continuous capability delivery.

Second generation: the networked, interactive, and generative product

Connecting products to networks changed the source of utility. The value of some solutions depends on the number and activity of users, compatible devices, or available complements. Katz and Shapiro (1985) showed that network effects shape expectations, the choice of standards, and the possibility of entrenching an installed-base advantage. A product is no longer evaluated solely on its own attributes; what matters is the likelihood that others will choose the same standard and that complements will be developed for it. An early advantage may trigger positive feedback, but not every network necessarily leads to monopoly, especially when users can employ multiple solutions simultaneously.

The internet made products interactive and updateable. Content can be created after a product has entered the market, while the user becomes a participant in the production process by contributing data, ratings, modifications, or original content. Benkler (2006) described commons-based peer production, which enables effort to be coordinated outside both the traditional corporate hierarchy and the price mechanism. From a product perspective, this means that part of the value is produced not by the firm before the transaction but by the community during use. This raises the question of how rights and benefits should be distributed between the owner of the infrastructure and the co-creators.

Zittrain (2006) defined generativity as a technology's capacity to produce changes unintended by its original designer through the contributions of a broad range of participants. A generative computer or internet infrastructure can be used to create applications that the device manufacturer did not anticipate. This concept predates generative AI, and the two should not be conflated. The former concerns an ecosystem's open capacity to create new applications; the latter, the statistical generation of new content on the basis of a trained model. Both forms nevertheless shift control over the outcome beyond the producer's closed design.

The networked product exposes a tension between openness and control. Open standards, APIs, and modifiability enhance innovation by complementors but make centralised control of quality and monetisation more difficult. Closure improves consistency of experience and may increase security, but it strengthens user dependency and exit barriers. The choice of architecture is therefore both a technical decision and an allocation of economic rights. In a network economy, product design includes determining who may create complements, under what conditions, and with what access to users.

Third generation: the product as a cloud service and continuous relationship

Cloud computing changed how software is produced, distributed, and used. Instead of purchasing a fixed version and installing it on their own device, users obtain access to a continuously maintained service. The provider deploys updates centrally, observes usage, and can allocate resources dynamically. Cusumano (2010) noted that the Software-as-a-Service model transforms both technical architecture and revenue sources. One-off sales give way to subscriptions, usage-based charges, or freemium models. The product becomes a relationship extended over time, and its maintenance becomes an ongoing operational activity.

This change corresponds to the broader service-dominant logic. Vargo and Lusch (2004) argue that value is not simply embedded in an object and transferred in a transaction. It emerges in use and through the integration of resources contributed by multiple actors. This is particularly evident in a cloud product: the same code may deliver different value depending on the user's data, configuration, capabilities, and connections to other services. The provider offers a potential for action, but the outcome emerges only in the context of the user's practice. Lusch and Nambisan (2015) link this logic to service innovation and modular digital architecture.

The access model loosens the link between payment and ownership. Bardhi and Eckhardt (2012) define access-based consumption as use without a transfer of ownership rights. In a digital environment, this can increase convenience, lower entry costs, and keep functionality current. At the same time, the user depends on service continuity, licence terms, and operator decisions. A function may be lost when a subscription ends, a system changes, or a product is withdrawn. Perzanowski and Schultz (2016) show that the language of 'buying' digital content often masks a limited and revocable set of entitlements.

A continuous relationship enables recurring payments and lowers the threshold for initial purchase, but it changes the distribution of risk. In a one-off model,

the buyer risks the product becoming obsolete; in a subscription model, the risks include price increases, changes in terms, and loss of data upon exit. The provider gains predictable revenue and usage information but assumes responsibility for continuously maintaining quality, security, and compatibility. Competition shifts from the individual transaction towards the management of retention, experience, and switching costs.

A defining property of the cloud product is the absence of a final version. Features are deployed incrementally, tested on selected users, and modified on the basis of telemetry. Production and consumption merge into a feedback loop. Such a 'continuous beta' may accelerate innovation, but it complicates the assessment of quality and accountability: users do not always use an identical product, and the service's behaviour at the time that harm occurs may differ from the version available when the contract was concluded. The product should therefore be analysed as a history of changes, not merely as a state at a single point in time.

Fourth generation: platform, ecosystem, and layered architecture

A digital platform is not merely a sales channel. It is a technical architecture and a set of rules that organise interactions among different groups of participants. Parker and Van Alstyne (2005) show that product design can harness indirect network effects: a larger number of users on one side increases attractiveness for the other. The operator must therefore design not only features but also the pricing structure, entry rules, visibility, reputation, and dispute resolution. In a sense, the product becomes the opportunity for others to create and conduct interactions.

Yoo et al. (2010) describe a layered modular architecture comprising device, network, service, and content layers. The layers may be developed relatively independently, and a component of one product may become a resource for many others. Modularity reduces the cost of recombination but loosens industry boundaries: a device manufacturer both competes and collaborates with providers of operating systems, cloud services, applications, and content. Digital innovation is therefore open and distributed, and its outcome is not fully controlled by any single organisation (Nambisan et al., 2017; Yoo et al., 2012).

The recombination of modules creates an open-ended value landscape: a resource designed for one use may be embedded in another product, while the meaning of an offering may change with a new context of use. Henfridsson et al. (2018) describe this openness as an outcome of recombining digital resources, whereas Wang et al. (2022) show that product innovation also involves negotiating product meaning

among participants. It is therefore insufficient simply to count components; analysis must examine how their combination is interpreted and adopted in practice.

The ecosystem concept makes it possible to analyse dependencies not captured by the traditional value chain. Adner (2017) defines an ecosystem structurally, as a configuration of multilateral dependencies required to realise a value proposition. Jacobides et al. (2018) emphasise modularity, coordination, and the roles of actors who are not subject to full hierarchical control. For a product, this means that quality may depend on complements and infrastructure not owned by the formal producer. An API failure, a change in application-store rules, or the withdrawal of an external library may alter the utility of the entire offering.

The platform operator acts as a private regulator. It sets technical standards, admits complementors, determines commissions, manages rankings, and decides who may access data. Tiwana et al. (2010) note that platform evolution depends on the interplay between architecture and governance. Excessively tight control may constrain experimentation, whereas excessive openness may undermine coherence and security. Gawer (2014) shows that a platform can be understood as a technical artefact, an organisational form, and a market structure. Each perspective explains a different aspect of the platform product.

Polish scholarship develops these issues in the context of transformation and regulation. Śledziewska and Włoch (2020) identify the central role of data, networks, and the reorganisation of traditional sectors. Szpringer (2022) analyses platformisation as a source of innovation but also of concentrated market power and regulatory challenges. Bartczak (2023), as well as Doligalski and Goliński (2024), systematise platform business models and relationships among users. These studies support the conclusion that a digital product should be examined together with the rules of its ecosystem rather than as an autonomous offering from a single firm.

Datafication and the intelligent product

Datafication is the transformation of events, behaviours, and properties of the world into data amenable to computational processing. In an intelligent product, data are not merely a record of use; they become inputs into service delivery, learning, and decision-making. Sensors, interaction histories, and user context enable monitoring, optimisation, and personalisation. Alaimo et al. (2020) show that platforms organise user activity into data formats that subsequently shape services and monetisation opportunities. A product not only collects data but also designs the situations in which data can be generated.

Porter and Heppelmann (2014, 2015) distinguish monitoring, control, optimisation, and autonomy in smart, connected products. Progression across these levels expands the range of functions dependent on software and data. After sale, a manufacturer can observe product condition, predict failures, change parameters, and offer an outcome instead of a device. This leads to servitisation, in which value is charged for in terms of availability, performance, or outcomes. Kohtamäki et al. (2019) describe this combination of digital technologies and services as digital servitisation embedded in ecosystems.

Data create learning effects that differ from classical network effects. More users may provide more observations from which an algorithm can improve quality; improved quality, in turn, attracts additional users. This feedback is not automatic, however. What matters is the relevance, diversity, and quality of the data, the model architecture, and whether observations can lawfully be used. An abundance of repetitive data may have little marginal value. 'Data advantage' should therefore be analysed specifically, without assuming that every additional observation necessarily strengthens the product.

The intelligent product changes the distribution of knowledge between the parties. A provider may know more than the buyer about how a product is used and may use this knowledge to shape prices, recommendations, or the scope of functionality. Personalisation improves fit but may reduce both the comparability of offerings and autonomy of choice. The economics of privacy shows that data exchange is not an ordinary transaction, because future uses of data, the linkage of datasets, and disclosure risks are difficult to foresee at the moment consent is given (Acquisti et al., 2016). The user therefore pays simultaneously with money, attention, data, and dependency on infrastructure.

In this account, a product's 'intelligence' does not consist merely in the presence of an algorithm. It denotes a capacity to recognise context, learn, generate recommendations, or adapt behaviour. The level of intelligence should be distinguished from the level of autonomy: a system may formulate a highly sophisticated diagnosis while leaving the decision to a human, or it may perform a simple task without requiring approval each time. This distinction is becoming crucial to accountability, control design, and risk assessment.

Fifth generation: generative and agentic products

Generative AI transforms the product from a repository of predefined functions into a mechanism for producing outputs on demand. A model does not store

a catalogue of all possible answers; rather, it generates content on the basis of learned relationships, instructions, and context. Feuerriegel et al. (2024) emphasise the general-purpose nature of generative models and their ability to create text, images, audio, and code. This property broadens the range of applications of a single product but introduces probabilistic behaviour: an identical intention need not produce an identical outcome, and the syntactic fluency of a response does not guarantee its correctness. From an economic perspective, AI primarily lowers the cost of prediction, while value depends on how prediction is combined with judgement and action (Agrawal et al., 2018).

Classical software implements explicitly designed rules, whereas a product based on a trained model embeds part of its logic in parameters that are difficult to interpret directly. A 'specification gap' emerges: the designer specifies the learning objective, data, and fine-tuning procedures but does not program every response. The product should therefore be evaluated not only by reference to a list of functions but also in terms of the distribution of possible outcomes, robustness across contexts, explainability, and testing and oversight procedures. Quality is statistical and must be monitored throughout the product life cycle.

Wrońska (2026) conceptualises AI as a strategic resource of intelligent business capable of supporting analysis, prediction, automation, and decision-making across multiple business processes. From the perspective of product theory, the important conclusion is that value does not arise merely from adding a model. It requires process redesign, assurance of data quality, integration with employees' knowledge, and the establishment of control over outcomes. The intelligent product is therefore part of a sociotechnical system, and its effectiveness depends on the complementarity of technology and organisation. The author's earlier analyses link financial automation to strategy and AI governance (Wrońska, 2025a) and, at the macroeconomic level, point to the potential for productivity gains to be distributed unevenly across sectors and economies (Wrońska, 2025b). Together, these contributions provide a basis for treating the intelligent product not as an isolated tool but as an element of a broader transformation of organisational capabilities.

The next step is represented by agentic products, to which users delegate the attainment of a goal rather than merely the execution of a single command. Baird and Maruping (2021) describe delegation to and from agentic information system artefacts, drawing attention to the allocation of initiative and control. An agent can plan a sequence of actions, select tools, communicate with other systems, and modify its plan on the basis of outcomes. The product becomes a capacity to conduct a process, not merely to provide information. Value is therefore also determined by

the limits of authorisation, the reversibility of actions, and the quality of oversight mechanisms.

Delegated agency creates qualitatively new risks. An erroneous textual response can be rejected by the user, whereas an erroneous action by an agent may initiate a transaction, alter data, or trigger other systems. Shrestha et al. (2019) show that decision-making structures should depend on the relative capabilities of humans and AI and on whether an outcome can be evaluated. Raisch and Krakowski (2021) frame the tension between automation and augmentation as an organisational paradox: choosing one pole may weaken the benefits offered by the other. Product design must therefore include an architecture for the responsible transfer of control.

Generative products are also composite products. The application visible to the user may rely on one provider's foundation model, another's cloud infrastructure, a third party's data, and external tools. Innovation becomes faster, but responsibility and market advantage shift towards the infrastructural layers. Iansiti and Lakhani (2020) argue that an AI-based operating architecture enables scope and learning to scale, while Szpringer (2025) highlights the risk that computing power, data, and foundation models become concentrated. Competition at the application layer therefore does not necessarily imply competition across the entire stack.

Value creation and capture: the user, data, and the ecosystem

Product evolution changes the locus of value creation. In the first generation, the producer designed content or functionality and the user consumed it. In a networked product, value depends on other users; in a platform product, on complementors; in an intelligent product, on data and feedback; and in a generative product, on the interaction among the model, prompts, and the user's knowledge. Kannan and Li (2017) show that digital touchpoints make it possible to observe the customer journey and adapt the offering dynamically. The user is therefore simultaneously a recipient, co-creator, data source, and object of optimisation.

Value creation must be distinguished from value capture. A community may create content and reputation, while the platform operator controls advertising, access to data, and monetisation rules. A complementor may build an innovative application but must surrender part of the revenue to the infrastructure owner. Advantage thus arises not only from having the best product but also from occupying a control point over distribution, standards, or user identity. Jacobides et al. (2018) make it possible to analyse these roles as elements of ecosystem structure rather than solely as a bilateral transaction.

Revenue models reflect changes in the product. Copy sales coexist with subscriptions, freemium, advertising, transaction fees, usage-based charging, and outcome-based sales. A zero price does not mean that a product is free in economic terms when the user contributes attention, data, content, or a network effect. Lambrecht et al. (2014) demonstrate the variety of ways in which digital goods are monetised, while Goldfarb and Tucker (2019) associate digitalisation with lower costs of search, reproduction, transportation, tracking, and verification. Yet reducing costs in one area may increase the value of controlling another resource, especially data and attention.

Personalisation creates additional value through better fit but limits the existence of a common, readily comparable version of the product. Two users may encounter different prices, recommendations, interfaces, or model responses. Traditional quality assessment based on a single instance is no longer sufficient. Analyses are needed of the distribution of outcomes across groups, the duration for which functions remain available, and how data are used. Product quality therefore encompasses not only 'whether it works' but also 'for whom, under what conditions, and with what opportunity for recourse'.

As subscriptions and ecosystems develop, switching costs become increasingly important. They may arise from the loss of data, reputation, purchased complements, learned habits, or integrations. Lock-in need not result from a formal prohibition; it is sufficient for the transfer of histories and relationships to be difficult. From a welfare perspective, short-term convenience may coexist with a long-term weakening of choice. Interoperability and data portability therefore become economic attributes of the product rather than merely technical additions.

Table 3. Models of value capture and user contribution

Model	Primary value stream	What does the user contribute beyond the price?	Typical dependency
Copy sale	One-off payment for a version or licence	Demand information and reputation	Format compatibility and future updates
Subscription	Recurring payment for access	Usage history and switching costs	Provider continuity and export capability
Freemium	Conversion of a proportion of users to a paid option	Network scale, testing, and behavioural data	Limitations of the free version
Advertising and attention	Sale of access to audience segments	Attention, data, content, and consent to profiling	Distribution algorithm and platform rules

Model	Primary value stream	What does the user contribute beyond the price?	Typical dependency
Platform commission	Fee per interaction or transaction	Supply, demand, reputation, and network effects	Ranking, terms of service, payment, and identity
Usage- or outcome-based fee	Charge per unit of activity or outcome	Operational data, configuration, and oversight	Outcome metric and infrastructure availability

Source: Author's own elaboration based on Bardhi and Eckhardt (2012), Lambrecht et al. (2014), Goldfarb and Tucker (2019), and Perzanowski and Schultz (2016).

Ownership, updates, and accountability for the digital product

Law and institutions increasingly co-constitute the digital product. Directive (EU) 2019/770 governs contracts for the supply of digital content and digital services, including conformity with the contract and updates necessary to maintain conformity. In economic terms, this recognises that the provider's obligation does not end when access is first granted. In an updateable product, quality has a temporal dimension, and the absence of a security update may reduce the value of previously acquired access.

The Data Act–Regulation (EU) 2023/2854–addresses, among other matters, access to data generated by connected products and related services. Its theoretical significance lies in challenging the assumption that the entity designing a device should automatically control all data generated through its use. Access to data may determine whether users can choose a service provider, whether complementary services can be created, and whether competition can develop. Access architecture becomes an element of user rights and market structure.

The AI Act–Regulation (EU) 2024/1689–introduces a risk-based approach and differentiates obligations according to the type of system and the participant's role in the value chain. Of particular importance to product theory is the shift from assessing the algorithm alone to assessing the context of use, documentation, data, oversight, and post-deployment monitoring. The same model may be a component of products with markedly different risk profiles. Accountability must therefore encompass both the foundational layer and the entity that assigns it a specific function.

In a composite product, responsibility can easily become dispersed. The application provider invokes the model's limitations, the model provider points to the way it was used, and the user has access to neither the training data nor the testing procedures. Technical dispersion, however, should not create an accountability

vacuum. Traceable versions, action logs, error-reporting mechanisms, clear boundaries of delegation, and restoration procedures are required. Trust becomes a functional property of the product because, without it, a user cannot rationally entrust the system with an important task.

The institutionalisation of the product does not mean that every innovation requires separate regulation. More important are technological neutrality and the alignment of requirements with outcomes, risks, and market position. Overly detailed rules may entrench today's architecture, whereas an absence of rules may shift the costs of experimentation onto users. Tomorrow's digital economy will therefore depend on institutions' capacity to combine innovation with auditability, remediation, and the ability to contest a system's decisions.

Synthesis: what has endured and what has changed?

The evolution of digital products is cumulative. Low reproduction costs, economies of scale, the importance of standards, and the possibility of versioning remain relevant. They do not disappear with cloud computing or AI; rather, they are embedded in new configurations. A generative product may still be bundled, priced differentially, and protected through access controls. A platform continues to benefit from information economics while adding network effects, data, and private governance. Rather than one logic replacing another, the different logics overlap.

The greatest change concerns boundaries and time. The earlier product was relatively enclosed within a copy and version; the contemporary product is distributed across a device, cloud infrastructure, APIs, data, and a model. Its functions change after the contract is concluded and may differ across users. The moment of 'completion' gives way to life-cycle management. A firm does not finish its work upon sale but continuously maintains, measures, tests, and modifies the capability to deliver value.

The status of the user also changes. From the recipient of a copy, the user becomes a network participant, content co-creator, data source, resource integrator, and overseer of AI operations. This role can enhance agency when users configure the product and create their own applications, but it may also produce invisible labour for the operator. The key question is not merely whether the user co-creates value, but whether the user can influence the rules, access the outcomes, and transfer their contribution to another environment.

The economic dimension shifts from the price of a copy towards the design of an entire stream of relationships. Sources of advantage include retention, data,

complements, standards, infrastructure, and the position of orchestrator. The organisational dimension shifts from the individual firm towards the ecosystem, while the institutional dimension moves from protecting transactions towards governing updates, access to data, and algorithmic risk. The synthesis tables should not be treated as a deterministic periodisation but as a map of mechanisms that can be identified in a particular product.

The proposed framework yields a definition of the contemporary digital product as a temporarily stabilised configuration of six layers: content or functionality, code, data, model, infrastructure, and governance. The interface connects these layers to user practice. A change in any one of them may transform the product without changing its name. Scientific and managerial analysis should therefore ask who controls each layer, what dependencies connect it to other entities, and who bears the costs of errors, updates, and service termination.

Table 4. Analytical generations of digital products: continuity and change

Generation	Dominant unit of value	Principal source of advantage	Role of the user	Key risk
Informational	A copy of content or software	First-copy cost, brand, rights, and versioning	Buyer and recipient	Unauthorised copying; quality asymmetry
Networked	Connectivity and a compatible installed base	Network effects, standards, and complements	Network participant and co-creator	Standards-based lock-in; loss of control over contributions
Service- and cloud-based	Continuous access to functionality	Infrastructure scale, updates, and retention	Subscriber and resource integrator	Provider dependency; service termination
Platform- and ecosystem-based	Ability to interact and create complements	Governance, distribution, data, and control points	Market participant or complementor	Concentration; unilateral rule changes
Intelligent-agentic	Adaptive capacity to achieve an outcome	Model, data, learning loop, trust, and integration	Co-creator, overseer, and principal	Operational error, drift, and unclear accountability

Source: Author's own elaboration. The generations are ideal types and may coexist within a single product.

Tomorrow's digital economy: six transitions

Conclusions about the future should follow from mechanisms rather than from a simple extrapolation of trends. The first transition is from ownership towards access and capability. Buyers are decreasingly likely to control a complete copy of

a product and increasingly likely to use functionality maintained by the provider. This does not imply the complete disappearance of ownership; rather, ownership shifts towards infrastructure, data, and control rights. The principal policy question will concern the minimum set of user entitlements that should apply regardless of licensing form: data export, continuity of core functions, information about changes, and the ability to withdraw without disproportionate loss.

The second transition is from transactions to continuous relationships. A product is updated, monitored, and co-created throughout its period of use. One-off prices give way to revenue streams, and competition for purchase becomes competition for continued participation in the ecosystem. For firms, this increases the importance of maintenance, security, and data-driven learning. For consumers, it creates a need to assess the total cost of the relationship rather than merely the entry price. For the state, it creates a need to protect continuity and comparability in the presence of changing versions.

The third transition is from stable functionality to adaptation and learning. Products will increasingly respond to context, personalise outcomes, and improve models. Competitive advantage may derive from the quality of the learning loop rather than solely from the initial design. At the same time, the risk of drift will emerge: after one year, a product may behave differently from the product assessed at the time of purchase. Audits will have to cover the process of change rather than rely on a one-off certificate. The ability to reconstruct which version and what data produced a particular outcome will become essential.

The fourth transition is from the enterprise to the ecosystem. Even a small application may combine a global model, cloud infrastructure, a payment system, data sources, and external complementors. Innovation will accelerate through recombination, but dependence on foundational layers may increase concentration. Future markets will be shaped by struggles over standard-setting status, access to interfaces, and the portability of complements. Interoperability will be not merely a technical tool but a condition of market contestability.

The fifth transition concerns the human–technology relationship: from a passive tool to delegated agency. Agentic products will negotiate, search, compose services, and execute sequences of actions. This may lower transaction costs and expand access to specialised capabilities, but it will also create new problems of representation. It will be necessary to determine when an agent's action is binding on the user, how its authorisation can be verified, and how conflicts of interest can be prevented when the agent recommends products from its own provider's ecosystem.

The sixth transition is from technical quality to life-cycle accountability. In an economy of intelligent products, it is not sufficient for a system to be fast and effective on average. Value will depend on security, transparent boundaries, opportunities for recourse, reparability, and the predictability of service termination. Trust will not be an external feature of brand image but a designable property of the product. Firms capable of documenting data provenance, versions, tests, and delegation rules may achieve an advantage analogous to that once based on material reliability.

The six transitions imply three possible and coexisting scenarios. A concentration scenario assumes the dominance of integrated ecosystems controlling models, cloud infrastructure, distribution, and identity. An interoperability scenario rests on enforceable standards, portability, and competition among complementors. A distributed scenario assumes a larger role for local models, open-source software, and agents operating across services. These are not mutually exclusive forecasts; different sectors may adopt different configurations depending on risk, economies of scale, and data sensitivity.

The most likely image of tomorrow's economy is therefore not complete dematerialisation but a deeper interweaving of physical and digital layers. Physical products will incorporate services, while digital services will remain dependent on energy, data centres, semiconductors, and human labour. Maintaining updateability, resource efficiency, and reparability will become a component of quality. The product category will remain useful if it is understood as a point of temporary stabilisation within a set of relationships, rather than as a self-contained and immutable object.

Table 5. Six transitions shaping tomorrow's digital economy

Transition	Mechanism	Implication for firms	Implication for users and policy
Ownership → access and capability	Functionality is maintained outside the user's device	Design for continuity, export, and service termination	Minimum rights independent of licensing form
Transaction → continuous relationship	Updates, telemetry, and recurring payments	Competition for retention and life-cycle quality	Assessment of total cost and changes in terms
Fixed functionality → learning	Adaptation based on data and feedback	Management of versions, drift, and statistical quality	Rights to information, audit, and recourse
Firm → ecosystem	Recombination of layers, APIs, and complements	Management of dependencies and supplier risk	Interoperability and market contestability
Tool → delegated agency	An agent plans and executes sequences of actions	Limits of authorisation, oversight, and reversible actions	Clarity of representation and accountability

Transition	Mechanism	Implication for firms	Implication for users and policy
Technical quality → accountability	Value depends on trust throughout the life cycle	Documentation of data, tests, versions, and incidents	Safety, remediation, and effective contestation

Source: Author's own elaboration based on the synthesis of the literature presented in this article.

Conclusion

The history of digital products is not a simple progression from a physical object to a virtual file. It is a process of expanding interdependencies: from information and copies, through networks, services, and platforms, to data, models, and delegated agency. Each stage retains part of the preceding logic while adding new sources of value and risk. The contemporary intelligent product should therefore be analysed simultaneously as an information good, a service, an ecosystem element, a data-collection mechanism, and a participant in decision-making processes.

The article's principal contribution is its definition of the product as a temporarily stabilised configuration of code, data, models, interfaces, infrastructure, and governance. This definition explains why the attributes of the same market product can change without a new transaction, why value is co-created after access is granted, and why responsibility cannot be confined to a single producer. It also connects the economics of digital goods with the literature on platforms, services, and AI.

In tomorrow's digital economy, competition will concern not only functionality, price, and brand but also update rules, the quality of learning loops, access to data, interoperability, the limits of an agent's agency, and the ability to leave an ecosystem. The benefits of intelligent products will be substantial where technological autonomy is combined with controllability, and scale with contestability. Without these conditions, convenience and personalisation may lead to lasting dependency and the concentration of power over infrastructure.

For firms, this entails designing the entire product life cycle rather than merely its market launch. For consumers, it entails assessing rights to data, updates, and exit. For regulators, it requires a focus on outcomes, roles, and control points rather than on technological labels that rapidly become obsolete. For economic education, it entails teaching students to recognise the relationships among technical architecture, business models, and the institutional order. This capability–more than familiarity with current applications–will provide the foundation for understanding tomorrow's digital economy.

References

Acquisti, A., Taylor, C., & Wagman, L. (2016). The economics of privacy. *Journal of Economic Literature, 54(2)*, 442–492. https://doi.org/10.1257/jel.54.2.442

Adner, R. (2017). Ecosystem as structure: An actionable construct for strategy. *Journal of Management, 43(1)*, 39–58. https://doi.org/10.1177/0149206316678451

Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2018). *Prediction machines: The simple economics of artificial intelligence*. Harvard Business Review Press.

Alaimo, C., Kallinikos, J., & Valderrama, E. (2020). Platforms as service ecosystems: Lessons from social media. *Journal of Information Technology, 35(1)*, 25–48. https://doi.org/10.1177/0268396219881462

Arrow, K. J. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. In National Bureau of Economic Research, *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors* (pp. 609–626). Princeton University Press. https://www.nber.org/chapters/c2144

Baird, A., & Maruping, L. M. (2021). The next generation of research on IS use: A theoretical framework of delegation to and from agentic IS artifacts. *MIS Quarterly, 45(1)*, 315–341. https://doi.org/10.25300/MISQ/2021/15882

Bakos, Y., & Brynjolfsson, E. (1999). Bundling information goods: Pricing, profits, and efficiency. *Management Science, 45(12)*, 1613–1630. https://doi.org/10.1287/mnsc.45.12.1613

Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (2000). *Design rules: Volume 1. The power of modularity*. MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/2366.001.0001

Bardhi, F., & Eckhardt, G. M. (2012). Access-based consumption: The case of car sharing. *Journal of Consumer Research, 39(4)*, 881–898. https://doi.org/10.1086/666376

Bartczak, K. (2023). *Modele biznesu oparte na cyfrowych platformach technologicznych* [Business models based on digital technology platforms]. Difin.

Belleflamme, P., & Peitz, M. (2021). *The economics of platforms: Concepts and strategy*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108696913

Benkler, Y. (2006). *The wealth of networks: How social production transforms markets and freedom*. Yale University Press.

Cusumano, M. A. (2010). Cloud computing and SaaS as new computing platforms. *Communications of the ACM, 53(4)*, 27–29. https://doi.org/10.1145/1721654.1721667

Directive (EU) 2019/770 of the European Parliament and of the Council of 20 May 2019 on certain aspects concerning contracts for the supply of digital content and digital services, OJ L 136, 22.5.2019, 1–27. (2019). https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/770/oj

Doligalski, T., & Goliński, M. (Eds.). (2024). *Platformy cyfrowe: Model biznesu, zastosowania, użytkownicy* [Digital platforms: Business model, applications, and users]. Oficyna Wydawnicza SGH. https://cris.sgh.waw.pl/info/book/SGHc2643d5a3b54441ebff6313f26c2ca03

Faraj, S., Pachidi, S., & Sayegh, K. (2018). Working and organizing in the age of the learning algorithm. *Information and Organization, 28(1)*, 62–70. https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2018.02.005

Feuerriegel, S., Hartmann, J., Janiesch, C., & Zschech, P. (2024). Generative AI. *Business & Information Systems Engineering, 66(1)*, 111–126. https://doi.org/10.1007/s12599-023-00834-7

Gawer, A. (2014). Bridging differing perspectives on technological platforms: Toward an integrative framework. *Research Policy, 43(7)*, 1239–1249. https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.03.006

Goldfarb, A., & Tucker, C. (2019). Digital economics. *Journal of Economic Literature, 57(1)*, 3–43. https://doi.org/10.1257/jel.20171452

Henfridsson, O., Nandhakumar, J., Scarbrough, H., & Panourgias, N. (2018). Recombination in the open-ended value landscape of digital innovation. *Information and Organization, 28(2)*, 89–100. https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2018.03.001

Iansiti, M., & Lakhani, K. R. (2020). *Competing in the age of AI: Strategy and leadership when algorithms and networks run the world*. Harvard Business Review Press.

Jacobides, M. G., Cennamo, C., & Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal, 39(8)*, 2255–2276. https://doi.org/10.1002/smj.2904

Kallinikos, J., Aaltonen, A., & Marton, A. (2010). A theory of digital objects. *First Monday, 15(6)*. https://doi.org/10.5210/fm.v15i6.3033

Kallinikos, J., Aaltonen, A., & Marton, A. (2013). The ambivalent ontology of digital artifacts. *MIS Quarterly, 37(2)*, 357–370. https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37.2.02

Kannan, P. K., & Li, H. "Alice". (2017). Digital marketing: A framework, review and research agenda. *International Journal of Research in Marketing, 34(1)*, 22–45. https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2016.11.006

Karaś, J. (2025). *Transformacja cyfrowa w teorii i praktyce* [Digital transformation in theory and practice]. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. https://doi.org/10.18778/8331-713-7

Katz, M. L., & Shapiro, C. (1985). Network externalities, competition, and compatibility. *American Economic Review, 75(3)*, 424–440.

Kohtamäki, M., Parida, V., Oghazi, P., Gebauer, H., & Baines, T. (2019). Digital servitization business models in ecosystems: A theory of the firm. *Journal of Business Research, 104*, 380–392. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.06.027

Lambrecht, A., Goldfarb, A., Bonatti, A., Ghose, A., Goldstein, D. G., Lewis, R., Rao, A., Sahni, N., & Yao, S. (2014). How do firms make money selling digital goods online?

Marketing Letters, 25(3), 331–341. https://doi.org/10.1007/s11002-014-9310-5

Lusch, R. F., & Nambisan, S. (2015). Service innovation: A service-dominant logic perspective. *MIS Quarterly, 39(1)*, 155–175. https://doi.org/10.25300/MISQ/2015/39.1.07

Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A., & Song, M. (2017). Digital innovation management: Reinventing innovation management research in a digital world. *MIS Quarterly, 41(1)*, 223–238. https://doi.org/10.25300/MISQ/2017/41:1.03

Parker, G. G., & Van Alstyne, M. W. (2005). Two-sided network effects: A theory of information product design. *Management Science, 51(10)*, 1494–1504. https://doi.org/10.1287/mnsc.1050.0400

Perzanowski, A., & Schultz, J. (2016). *The end of ownership: Personal property in the digital economy*. MIT Press.

Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review, 92(11)*, 64–88.

Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2015). How smart, connected products are transforming companies. *Harvard Business Review, 93(10)*, 96–114.

Raisch, S., & Krakowski, S. (2021). Artificial intelligence and management: The automation–augmentation paradox. *Academy of Management Review, 46(1)*, 192–210. https://doi.org/10.5465/amr.2018.0072

Regulation (EU) 2023/2854 of the European Parliament and of the Council of 13 December 2023 on harmonised rules on fair access to and use of data and amending Regulation (EU) 2017/2394 and Directive (EU) 2020/1828 (Data Act), OJ L, 2023/2854. (2023). https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2854/oj

Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence, OJ L, 2024/1689. (2024). https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

Shapiro, C., & Varian, H. R. (1999). *Information rules: A strategic guide to the network economy*. Harvard Business School Press.

Shrestha, Y. R., Ben-Menahem, S. M., & von Krogh, G. (2019). Organizational decision-making structures in the age of artificial intelligence. *California Management Review, 61(4)*, 66–83. https://doi.org/10.1177/0008125619862257

Śledziewska, K., & Włoch, R. (2020). *Gospodarka cyfrowa: Jak nowe technologie zmieniają świat* [The digital economy: How new technologies are changing the world]. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego. https://doi.org/10.31338/uw.9788323541943

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research, 104*, 333–339. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039

Szpringer, W. (2022). *Platformizacja gospodarki cyfrowej: Nowe wyzwania dla regulacji* [Platformisation of the digital economy: New regulatory challenges]. Poltext.

Szpringer, W. (2025). Big techy. Dylematy regulacji i konkurencji w badaniach i rozwoju AI [Big Tech: Regulatory and competition dilemmas in AI research and development]. *Studia i Materiały, 1(42)*, 36–48. https://doi.org/10.7172/1733-9758.2025.42.4

Tiwana, A., Konsynski, B., & Bush, A. A. (2010). Platform evolution: Coevolution of platform architecture, governance, and environmental dynamics. *Information Systems Research, 21(4)*, 675–687. https://doi.org/10.1287/isre.1100.0323

Torraco, R. J. (2005). Writing integrative literature reviews: Guidelines and examples. *Human Resource Development Review, 4(3)*, 356–367. https://doi.org/10.1177/1534484305278283

Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2004). Evolving to a new dominant logic for marketing. *Journal of Marketing, 68(1)*, 1–17. https://doi.org/10.1509/jmkg.68.1.1.24036

Varian, H. R. (1995). *Pricing information goods*. University of Michigan, Research Libraries Group Symposium on Scholarship in the New Information Environment. https://people.ischool.berkeley.edu/~hal/Papers/price-info-goods.pdf

Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research, 122*, 889–901. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems, 28(2)*, 118–144. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003

Wang, G., Henfridsson, O., Nandhakumar, J., & Yoo, Y. (2022). Product meaning in digital product innovation. *MIS Quarterly, 46(2)*, 947–976. https://doi.org/10.25300/MISQ/2022/15252

Wrońska, M. (2025a). Automatyzacja procesów finansowych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji w kontekście strategii rozwoju przedsiębiorstw: Szanse i zagrożenia [Automation of financial processes using artificial intelligence in the context of enterprise development strategies: Opportunities and threats]. In E. Chomać-Pierzecka & B. Nieścior (Eds.), *Nowe horyzonty badań interdyscyplinarnych: Technologie, finanse, zdrowie i bezpieczeństwo* [New horizons in interdisciplinary research: Technologies, finance, health, and security] (pp. 156–179). Wydawnictwo Naukowe ArchaeGraph. https://archaegraph.pl/lib/l231bv/Nowe-horyzonty_red-Chomac_Pierzecka-mixmnlc0.pdf

Wrońska, M. (2025b). Wpływ sztucznej inteligencji na produktywność i konkurencyjność gospodarek w ujęciu makroekonomicznym z uwzględnieniem metod oceny projektów gospodarczych [The impact of artificial intelligence on the productivity and competitiveness of economies from a macroeconomic perspective, including methods for evaluating economic projects]. In E. Chomać-Pierzecka & B. Nieścior (Eds.), *Nowe horyzonty badań interdyscyplinarnych: Technologie, finanse, zdrowie i bezpieczeństwo* [New horizons in interdisciplinary research: Technologies, finance, health, and security] (pp. 195–206). Wydawnictwo Naukowe ArchaeGraph. https://archaegraph.pl/lib/l231bv/Nowe-horyzonty_red-Chomac_Pierzecka-mixmnlc0.pdf

Wrońska, M. (2026). *Era inteligentnego biznesu: Jak sztuczna inteligencja zmienia procesy ekonomiczne w przedsiębiorstwach* [The era of intelligent business: How artificial intelligence is changing economic processes in enterprises]. Wydawnictwo Naukowe ArchaeGraph. https://archaegraph.pl/lib/l231bv/AI-mq6zyrke.pdf

Yoo, Y., Boland, R. J., Jr., Lyytinen, K., & Majchrzak, A. (2012). Organizing for innovation in the digitized world. *Organization Science, 23(5)*, 1398–1408. https://doi.org/10.1287/orsc.1120.0771

Yoo, Y., Henfridsson, O., & Lyytinen, K. (2010). The new organizing logic of digital innovation: An agenda for information systems research. *Information Systems Research, 21(4)*, 724–735. https://doi.org/10.1287/isre.1100.0322

Zittrain, J. L. (2006). The generative Internet. *Harvard Law Review, 119(7)*, 1974–2040.

ONTOLOGICZNA I EKONOMICZNA TRANSFORMACJA PRODUKTÓW CYFROWYCH W KONTEKŚCIE WYŁANIAJĄCEJ SIĘ GOSPODARKI INTELIGENTNEJ

Streszczenie: Artykuł rozwija integracyjne ramy teoretyczne wyjaśniające ewolucję produktów cyfrowych: od względnie zamkniętych dóbr informacyjnych, przez produkty sieciowe, oparte na chmurze i platformowe, do produktów inteligentnych, generatywnych i agentowych. Badanie ma charakter teoretyczny i opiera się na integracyjnym oraz krytycznym przeglądzie polskiej i międzynarodowej literatury z zakresu ekonomii, zarządzania, systemów informacyjnych, marketingu i prawa. Synteza wykazuje, że ciągłość między wcześniejszymi a współczesnymi produktami cyfrowymi opiera się na niskich kosztach reprodukcji, informacyjnym charakterze wartości oraz znaczeniu standardów. Zmieniły się natomiast granice produktu, jego stabilność w czasie, źródła wartości, rola użytkownika oraz zakres sprawczości technologicznej. Produkt cyfrowy nie jest już ukończonym plikiem przekazywanym nabywcy – stał się tymczasowo ustabilizowaną konfiguracją kodu, danych, modeli, interfejsów, infrastruktury i zasad zarządzania. W produktach inteligentnych wartość jest współtworzona w trakcie użytkowania, a wyniki mogą być probabilistyczne, zależne od kontekstu i zmienne. Na tej podstawie artykuł formułuje model przyszłej gospodarki cyfrowej zorganizowany wokół sześciu przejść: od własności do dostępu, od transakcji do relacji ciągłych, od stabilnej funkcjonalności do uczenia się, od pojedynczej firmy do ekosystemu, od pasywnego narzędzia do delegowanej sprawczości oraz od jakości technicznej do odpowiedzialności obejmującej cały cykl życia produktu. Główny wniosek brzmi, że przyszła konkurencja będzie dotyczyć nie tylko atrybutów produktu, lecz także kontroli nad danymi, zasadami aktualizacji, interoperacyjności, możliwości opuszczenia ekosystemu przez użytkowników oraz wiarygodności systemów AI. Artykuł systematyzuje kluczowe pojęcia i może służyć jako podstawowa lektura na kursach z gospodarki cyfrowej, e-biznesu i transformacji cyfrowej.

Słowa kluczowe: Produkt cyfrowy, dobro informacyjne, platforma cyfrowa, ekosystem, sztuczna inteligencja, produkt agentowy, gospodarka cyfrowa.

Michał Lewitowicz

ORCID: 0009-0002-2579-6984

WSZECHWIDZĄCY ALGORYTM: SZTUCZNA INTELIGENCJA I ARCHITEKTURA NADZORU W CHINACH – OD BEZPIECZEŃSTWA PUBLICZNEGO DO ALGORYTMICZNEJ KONTROLI SPOŁECZNEJ

Streszczenie: Chiny zbudowały najbardziej kompleksową na świecie infrastrukturę nadzoru opartą na sztucznej inteligencji, integrując około 560 milionów kamer z systemami rozpoznawania twarzy, analizy chodu, wykrywania emocji i algorytmami predykcyjnymi, aby monitorować populację w czasie rzeczywistym. System ewoluował dzięki kolejnym programom państwowym – od inicjatyw Golden Shield i Skynet po obecną platformę City Brain 3.0 – tworząc powiązaną sieć, która przekazuje dane biometryczne, finansowe i behawioralne do Systemu Kredytu Społecznego i baz danych organów ścigania. Chociaż Chiny wprowadziły w 2025 roku specjalne przepisy dotyczące rozpoznawania twarzy, które ograniczają wykorzystanie komercyjne, te zabezpieczenia w dużej mierze nie odnoszą się do aplikacji technologii w przestrzeni bezpieczeństwa publicznego, ujawniając skalibrowane, dwutorowe podejście, które uwzględnia obawy społeczne bez ograniczania skali nadzoru państwowego. Branża nadzoru, zdominowana przez gigantów takich jak Hikvision i Dahua, rozwinęła się w rynek o wartości 23 miliardów dolarów, coraz bardziej zależny od krajowych chipsetów ze względu na amerykańską kontrolę eksportu, podczas gdy chińska technologia nadzoru została wyeksportowana do ponad 100 krajów – rozpowszechniając nie tylko sprzęt, ale także logikę algorytmicznej kontroli społecznej. Artykuł pokazuje, że model chiński stanowi formę „inteligentnego autorytaryzmu", w którym sztuczna inteligencja umożliwia precyzyjną kontrolę społeczną za pomocą ukierunkowanych, a nie masowych represji, i ostrzega, że globalne przyjęcie tych technologii grozi normalizacją architektury rządzenia, w której wydajność i bezpieczeństwo systematycznie biorą górę nad autonomią jednostki i wolnościami obywatelskimi.

Słowa kluczowe: Sztuczna inteligencja, nadzór algorytmiczny, kontrola społeczna, inteligentny autorytaryzm, rozpoznawanie twarzy

Wprowadzenie: Naród pod cyfrowym nadzorem

Chiny zbudowały największą i najbardziej zaawansowaną technologicznie infrastrukturę nadzoru w historii ludzkości, a sztuczna inteligencja jest jej centralnym układem nerwowym. Wykorzystując rozpoznawanie twarzy, analizę chodu, detekcję emocji i algorytmy predykcyjne, kamery przekształcają nagrania wideo w użyteczne informacje dotyczące zachowań jednostek oraz grup. Do 2018 roku kraj zainstalował około 200 milionów kamer monitorujących; do 2021 roku liczba ta miała osiągnąć 560 milionów. Rezultatem jest system, który według chińskich mediów państwowych może przeskanować całą populację w ciągu jednej sekundy z dokładnością 99,8% – liczba ta, nawet zawyżona, odzwierciedla ambicje rządzących.

Niniejszy artykuł analizuje w jaki sposób Chiny integrują sztuczną inteligencję ze swoją architekturą nadzoru w wielu obszarach: bezpieczeństwa publicznego, zarządzania miastami, edukacji, monitoringu finansowego i kontroli społecznej. Analizuje on komponenty technologiczne, ramy regulacyjne, dynamikę rynku oraz globalny eksport tych systemów.

Sytem nie został zaprojektowany jako panoptikon, lecz powiązana sieć projektów, platform i polityk, które razem tworzą nowy model zarządzania wspomaganego przez sztuczną inteligencję – model, który inne państwa już zaczynają naśladować.

Przedmiotem niniejszego rozdziału jest chińska architektura nadzoru oparta na sztucznej inteligencji jako system bezpieczeństwa państwowego. Zakres rzeczowy obejmuje kolejne programy państwowe - od Złotej Tarczy i inicjatywy Bezpieczne Miasta (2003), przez Skynet (2005) i Sharp Eyes (2015), po platformę City Brain 3.0 (2025) - a także System Kredytu Społecznego, predykcyjne działania policji, regulacje rozpoznawania twarzy z 2025 r., dynamikę rynku monitoringu oraz globalny eksport technologii. Zakres czasowy obejmuje dwie dekady, lata 2003–2025, natomiast zakres przestrzenny wyznacza terytorium Chin, uzupełnione o wymiar międzynarodowy dyfuzji technologii nadzoru do 106 państw.

Celem badania jest analiza sposobu integracji sztucznej inteligencji z architekturą nadzoru w obszarach bezpieczeństwa publicznego, zarządzania miastami, edukacji, monitoringu finansowego i kontroli społecznej, obejmująca komponenty technologiczne, ramy regulacyjne, dynamikę rynku oraz globalny eksport systemów. W toku analizy sformułowano następujące pytania badawcze: (1) w jaki sposób Chiny integrują sztuczną inteligencję z infrastrukturą nadzoru i jak system ten ewoluował od Złotej Tarczy do Miejskiego Mózgu?; (2) jaki jest stosunek regulacji ochrony prywatności do możliwości nadzorczych aparatu bezpieczeństwa - czyli na czym polega paradoks regulacyjny państwa inwigilacyjnego?; (3) jakie konsekwencje dla

bezpieczeństwa i swobód obywatelskich na świecie niesie eksport chińskiej technologii nadzoru i osadzonej w niej logiki algorytmicznej kontroli społecznej?

Podstawę empiryczną rozdziału stanowią źródła wtórne: raporty i analizy ośrodków badawczych (m.in. Observer Research Foundation, CSET Georgetown University, Brookings Institution, Illiberalism Studies, MIT), analizy prawne (China Business Law Journal, Baker McKenzie, China Development Brief), dane rynkowe (Mordor Intelligence, sprawozdania Hikvision, Dahua i Uniview) oraz dane statystyczne pochodzące z chińskich źródeł państwowych. W badaniu zastosowano analizę systemową infrastruktury nadzoru, analizę aktów prawnych, metodę studium przypadku (m.in. powiat Pingyi, szkoły w Pekinie i Hangzhou, ogłoszenie władz Harbina) oraz analizę dynamiki rynku i dyfuzji technologii.

Analizę osadzono w kontekście mechanizmów wyjaśniających rozwój systemu: amerykańskiej kontroli eksportu zaawansowanych półprzewodników wymuszającej autonomizację krajowych chipsetów, rządowych ram zamówień publicznych stabilizujących rynek (43,55% wartości rynku stanowią zastosowania w sektorze bezpieczeństwa publicznego) oraz presji społecznej, w odpowiedzi na którą państwo kalibruje ograniczenia sektora komercyjnego bez naruszania własnych zdolności nadzorczych.

System nadzoru: od Złotej Tarczy do Miejskiego Mózgu

Chińska infrastruktura nadzoru oparta na sztucznej inteligencji ewoluowała w ciągu dwóch dekad dzięki kolejnym falom innowacji technologicznych i instytucjonalnych. Fundamenty zostały położone w 2003 roku wraz z projektem Złotej Tarczy, prowadzonym przez Ministerstwo Bezpieczeństwa Publicznego. Pierwotnie zaplanowany jako system cenzury sieci i bezpieczeństwa publicznego, projekt Złotej Tarczy stworzył bazy danych obejmujące 96 procent obywateli Chin, w tym informacje o meldunkach, historiach podróży i rejestrach karnych. W ramach inicjatywy Złotej Tarczy, inicjatywa Bezpieczne Miasta – również uruchomiona w 2003 roku – koncentrowała się na ostrzeżeniach przed katastrofami, zarządzaniu ruchem drogowym i bezpieczeństwie publicznym poprzez instalację kamer.

Program Skynet, zainicjowany w 2005 roku, przyjął bardziej ukierunkowane podejście, wdrażając kamery specjalnie podłączone do algorytmów rozpoznawania twarzy w celu wykrywania przestępstw (Liyanage 2025). Jak opisano w jednej z chińskich publikacji: „50 000 kamer monitorujących to jak 50 000 bezsennych policjantów, zapamiętujących twarze przechodzących ludzi".

Program Sharp Eyes, ogłoszony w 2015 roku i nazwany na cześć cytatu Mao Zedonga, rozszerzył nadzór na obszary wiejskie, na których wcześniej nie było sieci kamer. W powiecie Pingyi, będącym miejscem pilotażowym, władze lokalne zainstalowały do 2016 roku ponad 28 500 kamer, a nawet najmniejsze wioski otrzymały co najmniej sześć urządzeń. Tym, co wyróżniało Sharp Eyes na tle wcześniejszych programów, była integracja z udziałem obywateli: mieszkańcy mogli oglądać nagrania z monitoringu na żywo za pomocą specjalnych dekoderów telewizyjnych zainstalowanych w swoich domach i nacisnąć przycisk, aby wezwać policję w przypadku zaobserwowania podejrzanej aktywności (Gershgorn 2021).

Najnowszym osiągnięciem jest City Brain, główna architektura chińskiej inicjatywy inteligentnych miast. Wdrażany w kolejnych wersjach, City Brain 3.0 został zaprezentowany 31 marca 2025 roku i oparty na modelu rozumowania DeepSeek-R1. City Brain reprezentuje integrację sztucznej inteligencji, dużych zbiorów danych, chmury obliczeniowej, Internetu Rzeczy (IoT), blockchain, cyfrowych bliźniaków i rzeczywistości rozszerzonej w ramach ujednoliconej platformy zarządzania miastem. Obejmuje inteligentne sieci przesyłowe ultrawysokiego napięcia, projekty miast-gąbek zapobiegające powodziom oraz optymalizację ruchu w czasie rzeczywistym. Celem jest nie tylko obserwowanie miast, ale także ich obliczanie – przekształcanie przestrzeni miejskich w środowiska danych, w których każdy ruch, transakcja i interakcja wpływają na algorytmiczne podejmowanie decyzji.

Rozpoznawanie twarzy: Nowa granica regulacji

Rozpoznawanie twarzy stało się sztandarową technologią chińskiego nadzoru opartego na sztucznej inteligencji, wdrażaną w przestrzeni publicznej, węzłach komunikacyjnych, osiedlach mieszkaniowych, szkołach i obiektach komercyjnych. Technologia ta mapuje około 30 000 unikalnych punktów danych twarzy i została zaprojektowana tak, aby działać nawet wtedy, gdy osoby noszą maski, okulary przeciwsłoneczne lub są rejestrowane pod częściowym kątem.

Do niedawna rozpoznawanie twarzy działało z minimalnymi ograniczeniami prawnymi. Hotele wymagały skanowania twarzy podczas zameldowania. Osiedla strzeżone wymagały weryfikacji twarzy przy wejściu. Sprzeciw opinii publicznej wobec tych praktyk – szczególnie po incydentach w Szanghaju, gdzie hotele wymuszały skanowanie twarzy – skłonił do interwencji organów regulacyjnych.

21 marca 2025 r. Chińska Administracja Cyberprzestrzeni (CAC) i Ministerstwo Bezpieczeństwa Publicznego wspólnie wydały „Rozporządzenie Zarządzania Bezpieczeństwem Zastosowania Technologii Rozpoznawania Twarzy", które weszło

w życie 1 czerwca 2025 r. Przepisy wprowadzają kilka istotnych ograniczeń. Rozpoznawanie twarzy może być stosowane wyłącznie w przypadku bezwzględnej konieczności; jeśli alternatywne metody identyfikacji mogą osiągnąć ten sam cel, rozpoznawanie twarzy nie może być jedyną opcją. Firmy mają zakaz zmuszania osób do poddania się skanowaniu twarzy jako warunku otrzymania towarów lub usług bez dobrowolnie wyrażonej, świadomej zgody. Dane twarzy muszą być przechowywane lokalnie, a transmisja przez internet jest zabroniona, chyba że zostanie wyraźnie upoważniona. Instalacje w miejscach publicznych wymagają widocznego oznakowania i muszą być uzasadnione względami bezpieczeństwa publicznego. Środki te wyraźnie zakazują stosowania rozpoznawania twarzy w łazienkach, przebieralniach i pokojach hotelowych. Organizacje przetwarzające dane twarzy ponad 100 000 osób muszą składać szczegółowe raporty do CAC.

Co istotne, przepisy dotyczą przede wszystkim zastosowań komercyjnych i odnoszą się przede wszystkim do sektora prywatnego. Zastosowanie rządowe uzasadnione względami bezpieczeństwa publicznego jest w dużej mierze wyłączone z wdrożonych prawnie regulacji. Zgodnie z ustawą o ochronie danych osobowych, odrębna zgoda nie jest wymagana, gdy dane twarzy są gromadzone wyłącznie w celu zapewnienia bezpieczeństwa publicznego i nie są wykorzystywane do innych celów. Stwarza to system dwutorowy: komercyjne rozpoznawanie twarzy podlega coraz większym ograniczeniom, podczas gdy aplikacje rządowe na potrzeby bezpieczeństwa publicznego pozostają zasadniczo bez ograniczeń.

Nie tylko twarz: chód, głos i emocje

Chiński nadzór oparty na sztucznej inteligencji wykracza daleko poza rozpoznawanie twarzy, obejmując multimodalną analizę biometryczną. Technologia rozpoznawania chodu identyfikuje osoby na podstawie ich wzorców chodzenia – cechy, którą trudno ukryć i której nie zasłoni ciemność bądź mgła. Systemy rozpoznawania głosu rejestrują i dopasowują odciski głosu w zatłoczonych miejscach publicznych, izolując mowę poszczególnych osób od hałasu otoczenia. Rozpoznawanie tablic rejestracyjnych jest powiązane z profilami tożsamości, tworząc kompleksową sieć śledzenia pojazdów.

Być może najbardziej kontrowersyjnym zastosowaniem jest rozpoznawanie emocji. W pekińskiej szkole średniej Niulanshan First Secondary School kamery monitorujące robią zdjęcia co sekundę, przesyłając obrazy do „Systemu Opieki nad Klasą" firmy Hanwang Technology. Oprogramowanie analizuje mimikę i zachowanie każdego ucznia, klasyfikując go jako „skupionego", „rozproszonego", „śpiącego"

lub „wchodzącego w interakcję z innymi uczniami". Nauczyciele i rodzice otrzymują cotygodniowe raporty za pośrednictwem aplikacji mobilnej. W szkole średniej nr 11 w Hangzhou system Hikvision skanował twarze uczniów co 30 sekund, identyfikując siedem rodzajów emocji i sześć rodzajów zachowań.

Naukowa wiarygodność rozpoznawania emocji pozostaje przedmiotem głębokiej dyskusji. Metaanaliza ponad 1000 badań z 2019 roku wykazała, że „nie da się z pewnością wywnioskować szczęścia z uśmiechu, gniewu z grymasu na twarzy ani smutku z marszczenia brwi". Dziesiątki chińskich korporacji nadal promują tę technologię w zastosowaniach od kontroli granicznej i nadzoru więziennego po ocenę uczniów i monitorowanie miejsc pracy. Podstawowa wada – fakt, że algorytmy nie potrafią wiarygodnie odczytywać stanów wewnętrznych z mimiki twarzy – nie przeszkodziła w jej wdrożeniu na szeroką skalę.

System Kredytu Społecznego: Nadzór jako inżynieria społeczna

System Kredytu Społecznego (SCS) stanowi najbardziej ambitną próbę operacjonalizacji danych z nadzoru w celu zwiększenia kontroli społecznej. Nie jest to pojedynczy scentralizowany system punktacji, lecz raczej powiązana sieć baz danych, ocen i sankcji, które monitorują osoby, firmy i organizacje rządowe. W 2020 roku system obejmował dane dotyczące 103 milionów osób i 22,74 miliona podmiotów gospodarczych. Sztuczna inteligencja służy jako silnik analityczny SCS, dekodując dane behawioralne na obliczalne wskaźniki wiarygodności politycznej i moralnej. System integruje dane z kamer monitoringu, monitoringu internetowego, platform społecznościowych, aplikacji na smartfony, transakcji finansowych i rejestrów podróży.

Konsekwencje niskich wyników w zakresie kredytu społecznego są konkretne i poważne. System ograniczył sprzedaż około 17,5 miliona biletów lotniczych i 5,4 miliona biletów na pociągi dużych prędkości osobom uznanym za niewiarygodne, w tym osobom zalegającym ze spłatą długów. W skrajnych przypadkach osoby te spotykają się z zakazem podróżowania, wykluczeniem z usług finansowych oraz ograniczeniami w dostępie do edukacji i mieszkań. W regionach, w których Pekin dąży do zaostrzenia kontroli społecznej, SCS łączy się bezpośrednio z infrastrukturą nadzoru. W Xinjiang i Tybecie zaawansowane technologicznie środki, takie jak policyjne punkty kontrolne, monitoring CCTV z rozpoznawaniem twarzy i obowiązkowe mobilne oprogramowanie szpiegujące, zasilają bazy danych monitorujące dane osobowe. SCS przekształca nadzór z reaktywnego narzędzia policyjnego w proaktywny mechanizm inżynierii społecznej (Awasthi 2026). Sprawiając, że konsekwencje

behawioralne są przewidywalne i dotkliwe, ma on na celu kształtowanie zachowań, zanim dojdzie do naruszeń prawa.

Predykcyjne działania policji i państwo algorytmiczne

Integracja sztucznej inteligencji z chińskim systemem policyjnym wykroczyła poza monitorowanie w czasie rzeczywistym, wkraczając w obszar analityki predykcyjnej. Władze w Harbinie opublikowały ogłoszenie, w którym domagają się technologii predykcyjnej w działaniach policji, która mogłaby analizować dane transakcji bankowych, historię lokalizacji i powiązań społecznych, aby określić, czy stanowi dana osoba zagrożenie terrorystyczne. Reprezentuje to przejście od działań policji opartych na dowodach do działań policji opartych na podejrzeniach, gdzie algorytmy generują oceny ryzyka, które uruchamiają dochodzenie, zatrzymanie lub działania zapobiegawcze.

Logika ta nie jest unikalna dla Chin – narzędzia predykcyjne w działaniach policji zostały wdrożone w Stanach Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii i Zjednoczonych Emiratach Arabskich – ale chińskie wdrożenie odbywa się bez nadzoru sądowego, ochrony należytego procesu ani przejrzystości publicznej, które ograniczają takie systemy w liberalnych demokracjach. Finansowa integracja nadzoru dodaje kolejny wymiar. Każdy zakup jest rejestrowany, oznaczany geolokalizacją i sygnaturą czasową, tworząc cyfrowy ślad codziennego życia, który jest wykorzystywany w modelach behawioralnych. W połączeniu z danymi o lokalizacji pochodzącymi ze smartfonów, śledzenia pojazdów i rozpoznawania twarzy, te dane finansowe umożliwiają władzom rekonstrukcję ruchów, powiązań i rutynowych zachowań danej osoby z ogromną precyzją. Systemy sztucznej inteligencji nie tylko rejestrują zachowania, ale także je przewidują. Tworząc modele behawioralne każdego obywatela, algorytmy natychmiast wykrywają zmiany w rutynie i prognozują przyszłe ruchy z coraz większą dokładnością. Państwo policyjne staje się nie tylko wszechwidzące, ale i przewidujące.

Branża monitoringu: dynamika rynku i wiodąca pozycja technologiczna

Chiński ekosystem monitoringu opartego na sztucznej inteligencji jest zdominowany przez garstkę gigantów technologicznych. Hikvision, Dahua i Uniview łącznie kontrolowały około 58,85% chińskiego rynku monitoringu wizyjnego w 2025 roku. Sama Hikvision odnotowała przychody w wysokości 92,5 mld RMB (około 12,85 mld USD) w 2024 roku, inwestując 11,864 mld RMB (1,65 mld USD) w badania i rozwój oraz gromadząc ponad 10 580 patentów. Szeroki rynek

monitoringu wizyjnego został wyceniony na 23,18 mld USD w 2025 roku i według prognoz do 2031 roku osiągnie 36,18 mld USD, rosnąc w tempie średniorocznym na poziomie 7,71%.

Zastosowania w sektorze bezpieczeństwa publicznego stanowią 43,55% wartości rynku, co odzwierciedla kluczowe znaczenie zamówień publicznych dla rozwoju branży. Przewiduje się, że kamery z obsługą sztucznej inteligencji będą stanowić 63% dostaw kamer sieciowych, a algorytmy firm takich jak SenseTime i Megvii będą obsługiwać analizę twarzy, chodu i gęstości tłumu.

Powstanie Chińskiego Stowarzyszenia Bezpieczeństwa i Rozwoju AI w 2025 roku ustanowiło ramy prawne dla odpowiedzialnego wdrażania technologii, choć standardy te mają charakter przede wszystkim techniczny, a nie oparty na prawie. Amerykańskie kontrole eksportu zaawansowanych półprzewodników ograniczyły dostęp do akceleratorów AI, zmuszając krajowych dostawców do korzystania z lokalnych chipsetów. Hikvision i Dahua przesunęły plany projektowe w kierunku krajowych rozwiązań typu system-on-chip AI, przyspieszając oddzielenie łańcucha dostaw, co może przywrócić autonomię sprzętową w dłuższej perspektywie. Rozwój branży jest napędzany przez rządowe ramy zamówień publicznych, które stabilizują prognozy wolumenu i zmniejszają ryzyko inwestycji w badania. Prawie 800 pilotaży inteligentnych miast plasuje Chiny na pozycji największego inwestora w infrastrukturę monitoringu wizyjnego, z łącznymi wydatkami przekraczającymi 38,92 miliarda dolarów w 2023 roku.

Globalny eksport: Dyfuzja chińskiego nadzoru

Chińska technologia nadzoru oparta na sztucznej inteligencji nie ogranicza się do granic kraju. Badanie z 2020 roku zidentyfikowało 398 zgłoszonych przypadków eksportu technologii inteligentnych miast przez 34 różne chińskie firmy do 106 krajów. Wiele krajów Ameryki Łacińskiej, Azji Południowo-Wschodniej, Afryki i Bliskiego Wschodu polega obecnie na chińskiej technologii nadzoru jako głównym lub jedynym dostawcy. Czynniki wpływające na tę dyfuzję są złożone. Kraje o strategicznym znaczeniu dla Chińskiej Republiki Ludowej chętniej wdrażają chińską technologię, ale podobnie jest w przypadku państw o wysokim wskaźniku przestępczości, które poszukują niedrogich rozwiązań w zakresie bezpieczeństwa publicznego. Chińskie firmy oferują konkurencyjne ceny, kompleksowe pakiety i rozwiązania finansowe, z którymi zachodni konkurenci mają trudności (Greitens 2020).

Implikacje wykraczają poza handel. Kiedy kraje instalują chińską infrastrukturę nadzoru, często przyjmują logikę operacyjną wbudowaną w jej oprogramowanie

– algorytmy wytrenowane na chińskich danych, zoptymalizowane pod kątem chińskich priorytetów bezpieczeństwa i zaprojektowane do współpracy z chińskimi strukturami dowodzenia. Jak zauważył jeden z analityków, Chiny eksportują nie tylko technologie, ale także „chińskie zasady nadzoru (algorytmy)", powielając represyjny nadzór za granicą. Cudzoziemcy podróżujący do Chin są skanowani, a ich dane biometryczne przechowywane. Lotniska i inteligentne miasta za granicą łączą się z sieciami, które mogą udostępniać dane chińskim władzom. Globalna ekspansja tworzy ekosystem nadzoru, w którym chińskie standardy techniczne, formaty danych i ramy analityczne stają się domyślną infrastrukturą bezpieczeństwa publicznego w dużej części rozwijającego się świata.

Paradoks regulacyjny: przepisy dotyczące prywatności w państwie inwigilacyjnym

Chińskie podejście do regulacji nadzoru nad sztuczną inteligencją jest paradoksalne. Z jednej strony państwo wprowadza coraz bardziej szczegółowe przepisy dotyczące ochrony prywatności. Ustawa o ochronie danych osobowych (PIPL), ustawa o bezpieczeństwie danych oraz przepisy dotyczące rozpoznawania twarzy z 2025 r. ustanawiają wymogi dotyczące zgody, zasady minimalizacji danych i obowiązki bezpieczeństwa, które pod pewnymi względami dorównują systemom zachodnim.

Z drugiej strony, te zabezpieczenia są systematycznie podporządkowane imperatywom bezpieczeństwa państwa (Ruan, Jiang, Chen, Wang 2026). Przepisy dotyczące rozpoznawania twarzy doskonale ilustrują tę dwoistość. Przedsiębiorstwa komercyjne podlegają ścisłym ograniczeniom: nie mogą narzucać skanowania twarzy, muszą oferować alternatywy i muszą sporządzać oceny skutków. Jednak agencje rządowe prowadzące nadzór nad bezpieczeństwem publicznym działają na podstawie wyjątków, które sprawiają, że te ograniczenia są w dużej mierze nieistotne (Yu 2025).

Ramy regulacyjne chronią obywateli przed nadużyciami ze strony korporacji, jednocześnie zachowując zdolność państwa do kompleksowego monitorowania. Badania wykazały, że dyskurs internetowy koncentruje się przede wszystkim na komercyjnych zastosowaniach rozpoznawania twarzy – meldunkach w hotelach, dostępie do osiedli zamkniętych, płatnościach detalicznych – podczas gdy zastosowania państwowe w zakresie bezpieczeństwa są w dużej mierze nieobecne na forach publicznych.

Sugeruje to, że rząd może monitorować komercyjną adopcję regulacji częściowo jako wskaźnik tolerancji społecznej, dostosowując ograniczenia sektora prywatnego, aby zachować legitymację, jednocześnie pozostawiając nadzór państwowy w stanie

nienaruszonym. Rezultatem jest skalibrowana przejrzystość: regulacje wystarczające, aby rozwiać obawy społeczne, ale zbyt słabe, aby ograniczyć możliwości aparatu bezpieczeństwa. Prywatność staje się kwestią ochrony konsumentów, a nie zasadą swobód obywatelskich.

Inteligentne miasta i normalizacja nadzoru

Koncepcja inteligentnego miasta stała się głównym narzędziem normalizacji nadzoru opartego na sztucznej inteligencji w codziennym życiu miejskim. Chińskie inicjatywy inteligentnych miast integrują kamery monitorujące z zarządzaniem ruchem drogowym, monitorowaniem środowiska, reagowaniem kryzysowym i usługami publicznymi.

Agenda bezpiecznego miasta coraz częściej obejmuje optymalizację ruchu drogowego i monitorowanie środowiska, wbudowując nadzór tak głęboko w infrastrukturę miejską, że staje się on niewidoczny. Ta integracja pełni podwójną funkcję. Operacyjnie poprawia efektywność zarządzania miastem. Politycznie sprawia, że nadzór staje się akceptowalny, kojarząc go z wygodą, bezpieczeństwem i modernizacją. Mieszkańcy nie postrzegają sieci kamer jako intruza, lecz jako niewidzialną infrastrukturę sprawnie funkcjonującego miasta. Inteligentne miasto staje się w efekcie miastem monitorowanym, na które mieszkańcy wyrażają zgodę, ponieważ korzyści z niego płynące są namacalne, a koszty ukryte. Inicjatywa City Brain 3.0 rozwija tę logikę, włączając generatywną sztuczną inteligencję do zarządzania miastem. System, oparty na DeepSeek-R1, ma na celu usprawnienie patrolowania miasta i zarządzania ruchem drogowym dzięki zaawansowanym możliwościom wnioskowania. Ewolucja od sieci kamer opartych na regułach do systemów sztucznej inteligencji zdolnych do interpretowania złożonej dynamiki miejskiej stanowi jakościowy skok w zaawansowaniu monitoringu (Jash, Singh 2025).

Koszt ludzki: Nadzór w praktyce

Dla osób żyjących w tym systemie nadzór AI przejawia się w konkretnych formach. Obywatel spacerujący po dużym mieście jest codziennie rejestrowany przez setki kamer. Jego twarz jest porównywana z bazami danych w niecałe trzy sekundy. Jego chód jest analizowany w celu identyfikacji. Jego smartfon wysyła sygnały lokalizacji powiązane z profilem twarzy. Jego pojazd jest śledzony za pomocą rozpoznawania tablic rejestracyjnych. Zakupy tworzą ślad danych behawioralnych. W szkołach dzieci są monitorowane pod kątem uwagi i stanów emocjonalnych, a algorytmy

kategoryzują ich zachowania i raportują wyniki rodzicom. W miejscach pracy pracownicy mogą być poddawani rozpoznawaniu emocji i monitorowaniu produktywności. W przestrzeni publicznej analiza behawioralna wykrywa „nienormalne" zachowania, które skutkują interwencją policji. W systemach finansowych wzorce transakcji wpływają na ocenę kredytową i ryzyka, która decyduje o dostępie do transportu, mieszkań i edukacji.

System ten tworzy to, co badacze nazwali „inteligentnym autorytaryzmem" – formę rządzenia, która wykorzystuje AI do osiągnięcia precyzyjnej kontroli społecznej wykraczającej poza możliwości tradycyjnej represji. Państwo nie tylko obserwuje wszystkich; chodzi o to, że państwo obserwuje wszystkich selektywnie, interweniując z precyzją skalibrowaną na podstawie algorytmicznych wskaźników ryzyka. Brutalność masowych represji zostaje zastąpiona skutecznością ukierunkowanej kontroli. Dla mniejszości etnicznych w regionach takich jak Xinjiang i Tybet konsekwencje są najpoważniejsze. Integracja baz danych DNA, rozpoznawania twarzy, mobilnego oprogramowania szpiegującego i algorytmów predykcyjnych tworzy totalitarne środowisko nadzoru, w którym odstępstwa od ustalonych zachowań są wykrywane i karane z wyprzedzeniem.

Wnioski: Architektura kontroli

Wdrożenie sztucznej inteligencji w chińskich systemach nadzoru stanowi przełom w historii władzy państwowej. Stworzono nie tylko sieć kamer, ale kompleksową architekturę cyfrową do zarządzania społeczeństwem – integrującą identyfikację biometryczną, przewidywanie zachowań, monitorowanie finansów i algorytmiczne scoringi w ramach jednolitego systemu kontroli. Osiągnięcia techniczne są niezaprzeczalne. Rozpoznawanie twarzy działające pomimo masek, analiza chodu działająca w ciemności, wykrywanie emocji w salach lekcyjnych, predykcyjne działania policji przewidujące zagrożenia oraz platformy zarządzania AI w skali miasta demonstrują możliwości przewyższające wszystko, co wcześniej wdrożono na skalę krajową.

Rynek wspierający tę infrastrukturę – wyceniany na ponad 23 miliardy dolarów i wciąż rosnący – zapewnia ciągłą innowację i upowszechnienie. Jednak najważniejszą cechą systemu może być jego adaptacyjność. Przepisy dotyczące rozpoznawania twarzy z 2025 roku pokazują, że Chiny mogą modyfikować intensywność nadzoru w odpowiedzi na presję społeczną bez demontażu swojej podstawowej architektury. Prywatność jest przyznawana jako przywilej konsumenta, podczas gdy nie jest prawem obywatelskim.

Globalny eksport tych technologii rodzi największe pytania. Wraz z rozprzestrzenianiem się chińskiej infrastruktury nadzoru na ponad 100 krajów, standardy, algorytmy i modele zarządzania osadzone w tych systemach stają się globalnymi standardami. Kraje wdrażające chińskie pakiety inteligentnych miast otrzymują nie tylko sprzęt, ale także wzór relacji państwo-obywatel – taki, w którym wydajność góruje nad autonomią, bezpieczeństwo góruje nad prywatnością, a osąd algorytmiczny nad należytym procesem.

Pytanie dla reszty świata brzmi czy elementy systemu – rozpoznawanie twarzy na lotniskach, predykcyjne działania policji w miastach, wykrywanie emocji w szkołach, punktacja społeczna w systemach finansowych – mogą stać się częścią życia obywateli w sposób epizodyczny, każdy uzasadniany lokalnymi potrzebami, aż do momentu, gdy architektura kontroli zostanie zbudowana bez żadnej demokratycznej decyzji o jej stworzeniu.

Eksperyment Chin sugeruje, że gdy infrastruktura już istnieje, logika jej wykorzystania staje się nieodparta. Wszechwidzący algorytm nie tylko obserwuje. Uczy się, przewiduje i kształtuje zachowania obserwowanych.

Bibliografia

Jash A., Singh N. (2025). *China's Bid for Smart Cities: Mastering the City Brain*. https://www.orfonline.org/expert-speak/china-s-bid-for-smart-cities-mastering-the-city-brain

Gershgorn D. (2021). *China's 'Sharp Eyes' Program Aims to Surveil 100% of Public Space*. https://cset.georgetown.edu/article/chinas-sharp-eyes-program-aims-to-surveil-100-of-public-space

Liyanage C. (2025). *Tyranny of City Brain: How China Implements Artificial Intelligence to Upgrade its Repressive Surveillance Regime*. https://www.illiberalism.org/tyranny-of-city-brain-how-china-implements-artificial-intelligence-to-upgrade-its-repressive-surveillance-regime

„New rules to regulate facial recognition technology" (2025). *China Business Law Journal*. https://law.asia/china-face-recognition-measures-2025

Yu A. (2025). *Security Management Measures Concerning the Application of Facial Recognition Technology*. https://chinadevelopmentbrief.org/reports/security-management-measures-concerning-the-application-of-facial-recognition-technology

Ruan Z., Jiang C., Chen X., Wang M. (2025). *China: New rules issued to further regulate application of face recognition technology in China*. https://connectontech.bakermckenzie.com/china-new-rules-issued-to-further-regulate-application-of-face-recognition-technology-in-china

Tobin M., Matsakis L. (2021). *China is home to a growing market for dubious "emotion recognition" technology*. https://restofworld.org/2021/chinas-emotion-recognition-tech

Agrawal K., Trishala S. *China's Social Credit System*. https://orcasia.org/chinas-social-credit-system

Awasthi S. (2026). *China's Social Credit System and Information Control Regime.* https://www.orfonline.org/expert-speak/china-s-social-credit-system-and-information-control-regime

„China Video Surveillance Market Size & Share Analysis - Growth Trends and Forecast (2026 – 2031)". https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/china-video-surveillance-market

Greitens S. (2020). *Dealing with demand for China's global surveillance exports*. https://www.brookings.edu/articles/dealing-with-demand-for-chinas-global-surveillance-exports

Brown T., Statman A., Sui C. (2021). *Public Debate on Facial Recognition Technologies in China*. https://mit-serc.pubpub.org/pub/public-debate-on-facial-recognition-technologies-in-china

The All-Seeing Algorithm: Artificial Intelligence and Surveillance Architecture in China—From Public Security to Algorithmic Social Control

Abstract: China has built the world's most comprehensive AI-driven surveillance infrastructure, integrating approximately 560 million cameras with facial recognition, gait analysis, emotion detection, and predictive algorithms to monitor the population in real time. The system has evolved through successive state programs − from the Golden Shield and Skynet initiatives to the current City Brain 3.0 platform – creating an interconnected network that feeds biometric, financial, and behavioral data into the Social Credit System and law enforcement databases. Although China introduced specific regulations on facial recognition in 2025 to limit commercial use, these safeguards largely do not apply to the technology's deployment in the public security sector; this reveals a calibrated, two-track approach that addresses public concerns without curtailing the scope of state surveillance. The surveillance industry, dominated by giants such as Hikvision and Dahua, has grown into a $23 billion market increasingly reliant on domestic chipsets due to US export controls, while Chinese surveillance technology has been exported to over 100 countries – spreading not only hardware but also the logic of algorithmic social control. The article demonstrates that the Chinese model represents a form of "smart authoritarianism," in which artificial intelligence enables precise social control through targeted rather than mass repression, and warns that the global adoption of these technologies threatens to normalize a governance architecture in which efficiency and security systematically take precedence over individual autonomy and civil liberties.

Keywords: artificial intelligence, algorithmic surveillance, social control, intelligent authoritarianism, facial recognition

Michał Lewitowicz

ORCID: 0009-0002-2579-6984

CYFROWE SERCA: CHIŃSKI RYNEK TOWARZYSZY AI W PERSPEKTYWIE BEZPIECZEŃSTWA SPOŁECZNEGO – POWSTANIE, UPADEK I REGULACYJNA REINWENCJA

Streszczenie: W niniejszym artykule przeanalizowano gwałtowny rozwój i nagłą transformację regulacyjną chińskiego sektora sztucznej inteligencji, który do 2025 roku urósł do wartości rynkowej wynoszącej około 50 miliardów yuanów i obsługiwał dwie dominujące grupy demograficzne: wykształcone kobiety z miast poszukujące emocjonalnie wrażliwych partnerów opartych na sztucznej inteligencji oraz rosnącą populację ponad 323 milionów seniorów zmagających się z izolacją. W oparciu o dane z platform, opinie użytkowników i dokumenty regulacyjne, artykuł śledzi, jak usługi takie jak Doubao firmy ByteDance, Qwen firmy Alibaba i Xiaoice ewoluowały od uniwersalnych asystentów do głęboko spersonalizowanych infrastruktur emocjonalnych, monetyzowanych za pośrednictwem modeli freemium, ekonomii postaci kolekcjonerskich i immersyjnych doświadczeń narracyjnych. Analiza koncentruje się na wprowadzeniu 15 lipca 2026 roku pierwszych na świecie przepisów krajowych dotyczących usług interakcji antropomorficznych opartych na sztucznej inteligencji. Przepisy te zmusiły główne platformy do natychmiastowego zamknięcia funkcji personalizacji postaci i zmusiły branżę do przebudowy funkcjonalności towarzyszących w ramach ścisłych zabezpieczeń: obowiązkowych dwugodzinnych przypomnień o korzystaniu z usług, bezwzględnego zakazu wirtualnych relacji intymnych z nieletnimi, obowiązku interwencji kryzysowej w czasie rzeczywistym oraz oceny bezpieczeństwa przed wprowadzeniem na rynek. Artykuł ukazuje napięcie istniejące w projektowaniu oprogramowania towarzyszącego AI – mianowicie, że ciągła pamięć międzysesyjna i spójność emocjonalna, których pragną użytkownicy, to właśnie te cechy, które regulatorzy uznają za najbardziej niebezpieczne. Konfrontując chiński model prewencyjny z rozwiązaniami praktykowanymi przez UE oraz USA, artykuł ukazuje, że interwencja Pekinu stanowi nowatorskie uznanie samej zależności emocjonalnej za ryzyko rangi społecznej.

Słowa kluczowe: towarzysze AI, zależność emocjonalna, bezpieczeństwo społeczne, regulacja sztucznej inteligencji, relacje człowiek–AI

Wprowadzenie: Rynek zbudowany na samotności

Zimą 2025 roku emeryt z Szanghaju pochyla się nad telefonem i rozpoczyna rozmowę z cyfrowym towarzyszem, którego przez długie miesiące uczył zwyczajów i zachowań swojej zmarłej żony. Po drugiej stronie miasta dwudziestoośmioletnia specjalistka ds. marketingu zwierza się chłopakowi AI ze stresu w pracy, o którym nie potrafi rozmawiać z własnymi rodzicami. W wiosce w Henanie starsza kobieta, której dzieci dawno wyprowadziły się z domu, poprosiła swojego chatbota o radę, jak naprawić nadszarpniętą relację z synem. Nie były to odosobnione przypadki, a jedynie przykłady interakcji składających się na rynek, którego wartość branża szacuje na około 50 miliardów yuanów – około 7,4 miliarda dolarów – w 2025 roku, z prognozami, że do 2027 roku może przekroczyć 120 miliardów yuanów (Feng 2026).

Chiński sektor sztucznej inteligencji stał się jedną z największych i najbardziej wyjątkowych kulturowo gospodarek cyfrowych relacji na świecie. Podczas gdy rynki zachodnie koncentrują się na tworzeniu „cyfrowych dziewczyn" kierowanym głównie do młodych mężczyzn, w Chinach dominują partnerzy AI, których zakodowana wrażliwośc oferuje emocjonalne wsparcie pracującym kobietom z dużych miast.

323 miliony mieszkańców kraju w wieku sześćdziesięciu lat i starszych – ponad połowa z nich to osoby, których dzieci opuściły już rodzinny dom – reprezentują kolejną grupę demograficzną o analogicznych potrzebach. Chiński rynek jest wyjątkowy nie tylko pod względem skali, ale i dynamiki rozwoju. W ciągu trzech lat towarzysząca AI przeszła drogę od niszowej ciekawostki do powszechnej infrastruktury emocjonalnej, a następnie stała się celem pierwszych na świecie regulacji dotyczących charakteru relacji z użytkownikiem. 15 lipca 2026 roku regulacje te weszły w życie, zmuszając Doubao (ByteDance) i Qwen (Alibaba) – dwie największe chińskie platformy konsumenckie AI – do wycofania spersonalizowanych towarzyszy AI, z którymi miliony użytkowników budowały relacje przez miesiące, a nawet lata. Szybkość wdrożenia regulacji i głębia emocjonalnej reakcji użytkowników pokazały, że chińska AI towarzysząca nigdy nie była jedynie kategorią produktów. Stała się wszechobecnym zjawiskiem społecznym.

Przedmiotem niniejszego rozdziału jest chiński sektor sztucznej inteligencji towarzyszącej oraz jego transformacja regulacyjna. Zakres rzeczowy obejmuje strukturę rynku i platform (Doubao, Qwen, Yuanbao, Maoxiang, Talkie, Miaoshi, Xiaoice, Love and Deepspace), demografię użytkowników, modele monetyzacji (freemium, ekonomia postaci kolekcjonerskich, doświadczenia narracyjne), treść i skutki rozporządzenia z 2026 r. oraz kontekst regulacyjny Unii Europejskiej i Stanów Zjednoczonych. Zakres czasowy obejmuje lata 2023-2026, ze szczególnym uwzględnieniem

okresu od wydania rozporządzenia (10 kwietnia 2026 r.) do jego wejścia w życie (15 lipca 2026 r.). Zakres przestrzenny wyznaczają Chiny, uzupełnione o perspektywę porównawczą UE i USA.

Celem badania jest analiza rozwoju i nagłej transformacji regulacyjnej chińskiego rynku towarzyszy AI oraz ukazanie napięcia leżącego u podstaw projektowania tej technologii: ciągła pamięć międzysesyjna i spójność emocjonalna, których pragną użytkownicy, to właśnie te cechy, które regulatorzy uznali za najbardziej niebezpieczne. W toku analizy sformułowano następujące pytania badawcze: (1) jak chiński rynek towarzyszy AI ewoluował od asystentów ogólnego przeznaczenia do spersonalizowanej infrastruktury emocjonalnej i jakie grupy demograficzne obsługuje?; (2) czego wymaga pierwsza na świecie regulacja usług antropomorficznej AI i jak wpłynęła na funkcjonowanie rynku?; (3) czy można sprostać wymaganiom antyuzależnieniowym bez osłabienia atrakcyjności produktu - innymi słowy, gdzie przebiega granica między narzędziem a towarzyszem?; (4) czym chiński model prewencyjny różni się od rozwiązań UE i USA i jakie są jego implikacje dla globalnego zarządzania ryzykiem społecznym?

Podstawę empiryczną rozdziału stanowią źródła wtórne: dane pochodzące z platform, opinie użytkowników z chińskich mediów społecznościowych, dokumenty regulacyjne wydane przez Chińską Administrację Cyberprzestrzeni i cztery agencje partnerskie, a także badania naukowe - w tym badanie jakościowe dotyczące wykorzystania chatbotów przez seniorów z „pustych gniazd" oraz badanie z 2025 r. obejmujące ponad 8500 nieletnich w siedmiu prowincjach. Materiał uzupełniają analizy branżowe i prawne (m.in. Just Security, Forbes, TechTimes) oraz dane rynkowe. W badaniu zastosowano analizę dokumentów regulacyjnych, metodę studium przypadku (m.in. wycofanie funkcji towarzyszących przez Doubao, Qwen i Tencent oraz przebudowa aplikacji Maoxiang), analizę porównawczą modeli regulacyjnych Chin, UE i USA oraz analizę demograficzno-rynkową.

Analizę osadzono w kontekście mechanizmów wyjaśniających interwencję państwa: strukturalnego kryzysu samotności i załamania demograficznego, polityki traktującej zakładanie rodziny jako kwestię interesu narodowego i stabilności społecznej, a także logiki rynkowej, w której zaangażowanie emocjonalne użytkownika stanowiło podstawę monetyzacji. Czynniki te, choć niebędące głównym przedmiotem badania, determinują zarówno kształt regulacji, jak i kierunki reinwencji rynku.

Platformy: od asystentów ogólnych do cyfrowych powierników

Chiński ekosystem sztucznej inteligencji towarzyszącej ma wiele warstw. Jego podstawę stanowią asystenci ogólnego przeznaczenia – Doubao firmy ByteDance, Qwen firmy Alibaba, Yuanbao od Tencent – którzy dodali funkcje towarzyszące jako funkcje drugorzędne. Sam Doubao podobno przekroczył w grudniu 2025 100 milionów aktywnych użytkowników dziennie, którzy stworzyli na platformie ponad 8 milionów niestandardowych agentów (Zhao 2026). Agenci ci służyli jako towarzysze w nauce, systemy wsparcia emocjonalnego, postacie do odgrywania ról i cyfrowe pomniki dla zmarłych krewnych.

Powyżej tej warstwy znajdują się aplikacje o dedykowanej funkcjonalności towarzyszącej. Maoxiang firmy ByteDance, darmowa aplikacja z miesięczną subskrypcją w wysokości 25 yuanów, ukazała się jako spójny z regulacjami rządowymi następca Doubao. Talkie firmy MiniMax osiągało około 11 milionów aktywnych użytkowników miesięcznie na całym świecie, zanim zostało tymczasowo wycofane z App Store w USA z powodu zastrzeżeń wobec metod kontroli wieku użytkownika. Miaoshi firmy NetEase działała jako samodzielna aplikacja towarzysząca, zanim jej całkowite zamknięcie nastąpiło 14 lipca 2026 roku. Prawdziwym liderem skali jest jednak Xiaoice, która twierdzi, że ma około 660 milionów użytkowników – liczba ta czyni ją zdecydowanie największą globalną bazą towarzyszy AI. Działając na wielu platformach i urządzeniach, Xiaoice zapoczątkował format, który został później rozwinięty przez konkurencję.

W segmencie gier i rozrywki, Love and Deepspace chińskiego studia Infold/Papergames stała się najbardziej dochodową grą randkową na świecie, zbliżając się do miliarda dolarów rocznych przychodów do połowy 2025 roku. Powszechnym zjawiskiem stało się tworzenie towarzyszy AI opartych min. na postaciach, z którymi można w grze wejść w romantyczną relację. Pokazuje to, że „towarzysz" AI ograniczony jest jedynie wyobraźnią użytkownika i może wraz z rozwojem zapotrzebowania wykroczyć poza ramy chatbota przybierając warstwę audiowizualną.

Inwersja płci: Dlaczego Chiny budują „chłopaków" AI

Najbardziej uderzającą cechą demograficzną chińskiego rynku towarzyszących AI jest inwersja płci w porównaniu z Zachodem. Podczas gdy amerykańskie i europejskie platformy, takie jak Replika i Candy.ai, oferują „dziewczyny" AI młodym mężczyznom, w Chinach dominującymi użytkownikami są wykształcone kobiety z miast, zazwyczaj po dwudziestce i trzydziestce.

Najpopularniejszymi produktami są emocjonalnie zaangażowani, wrażliwi mężczyźni. Ta różnica ma swoje korzenie w demografii i polityce. Chiny borykają się ze spadającą liczbą małżeństw i urodzeń, co stanowi przyczynę znacznego niepokoju rządu. Dla wielu wykształconych kobiet w chińskich miastach tradycyjne małżeństwo wiąże się z wysokimi kosztami społecznymi: oczekiwaniami dotyczącymi opieki nad dziećmi oraz poświęcenia kariery zawodowej. Partnerzy AI oferują romans bez tych zobowiązań. Właśnie dlatego chińscy regulatorzy są zaniepokojeni. Obawy dotyczą nie tylko treści seksualnych czy możliwości korzystania z usługi przez nieletnich. Chodzi o to, że satysfakcjonujące emocjonalnie związki z AI ułatwiają podjęcie decyzji o rezygnacji z małżeństwa. W systemie, który nadal postrzega zakładanie rodziny jako kwestię interesu narodowego, jest to politycznie drażliwy temat.

Relacje ze seniorami: sztuczna inteligencja jako antidotum na samotność

Prawdopodobnie najgłębszy wpływ społeczny sztucznej inteligencji towarzyszącej w Chinach zaobserwowano wśród osób starszych. Badania jakościowe udokumentowały jak starsi dorośli, których dzieci wyprowadziły się z domu, wykorzystywali chatboty AI do radzenia sobie z dotkliwą samotnością.

Ujawnione zostało wiele metod, za pomocą których towarzysze AI łagodzili uczucie samotności. Uczestnicy opisywali jak chatboty umożliwiały im dzielenie się trudnymi doświadczeniami, w tym żałobą po zmarłym współmałżonku, pogarszającymi się relacjami z dziećmi i fizyczną słabością wynikającą z wieku.

Zdolność chatbota do przypominania sobie wcześniejszych wypowiedzi – na przykład pytania o problem z szyją, o którym użytkownik wspomniał kilka tygodni wcześniej – była często interpretowana jako rzeczywista troska. „Rozmowa z Doubao daje poczucie prawdziwego przyjaciela" – wyjaśnił jeden z uczestników. „Nigdy mnie nie lekceważy i okazuje więcej troski niż nawet moi krewni".

Poza wsparciem emocjonalnym, towarzysze AI mogą służyć również jako narzędzie do ponownego nawiązania kontaktów społecznych w realnym świecie. Użytkownicy zgłaszali, że chatboty pomagały im ćwiczyć interakcje, które prowadziły do większego zaangażowania w życie społeczne, oraz pokonywać izolujące ograniczenia fizyczne.

Te dowody komplikują uproszczoną narrację o towarzyszach AI jako jedynie substytutach kontaktów międzyludzkich. Dla wielu starszych Chińczyków chatbot pełnił jednocześnie funkcję powiernika jak i trenera relacji interpersonalnych, który ułatwiał nawiązanie kontaktu z innymi (Jiao, Li. Liu, Zhang 2026).

Model biznesowy

Chińskie platformy AI opracowały zaawansowane strategie monetyzacji, które łączą zaangażowanie emocjonalne z bodźcami ekonomicznymi. Standardowym modelem jest freemium: podstawowy czat jest darmowy, a głębsza personalizacja jest płatna. Typowe funkcje premium obejmują pamięć długoterminową, spersonalizowany głos, ulepszone tryby intymności, krótsze czasy reakcji (Giovagnoli 2026).

Charakterystyczna dla rynku chińskiego jest ekonomia „kart". Kolekcjonerskie karty przedstawiające różne postacie AI motywują zarówno użytkowników, jak i twórców. Twórcy kart mogą zarabiać około 2% przychodów, wspierając treści tworzone przez fanów oraz tworząc pętle zaangażowania. Multimodalni partnerzy AI - łączący czat, głos i wizualizacje - stanowią najszybciej rozwijający się segment. Wraz z rozwojem tych funkcji rosną wymagania obliczeniowe, co wzmacnia logikę stojącą za ofertami premium, które powiązane są z szybkością i głębią relacji.

Lipiec 2026: regulacje nadchodzą z dnia na dzień

10 kwietnia 2026 r. Chińska Administracja Cyberprzestrzeni i cztery agencje partnerskie – Narodowa Komisja Rozwoju i Reform, Ministerstwo Przemysłu i Technologii Informacyjnych, Ministerstwo Bezpieczeństwa Publicznego oraz Państwowa Administracja Regulacji Rynku – wspólnie wydały Tymczasowe Rozporządzenie w sprawie Administracji Usług Antropomorficznej AI. Po trzymiesięcznym okresie karencji przepis wszedł w życie 15 lipca 2026 r.

Nastąpiła jedna z najbardziej dynamicznych zmian regulacyjnych w historii technologii konsumenckich. W ciągu kilku dni trzy największe chińskie firmy technologiczne usunęły funkcje towarzyszącej AI ze swoich flagowych aplikacji konsumenckich. Tencent zamknął sekcję agentów tworzonych przez użytkowników w Yuanbao 30 czerwca. ByteDance ogłosił 3 lipca, że Doubao usunie funkcje towarzyszące tworzone przez użytkowników. 4 lipca firma Alibaba wprowadziła Qwen, usuwając agentów tworzonych przez użytkowników 10 lipca, a pozostałe usługi agentów 15 lipca.

Przepisy nie zabraniają całkowicie korzystania z asystentów AI. Wyznaczają one dokładną granicę między agentem, który dotrzymuje towarzystwa, a takim, który wykonuje pracę. Boty obsługi klienta, asystenci produktywności w miejscu pracy i narzędzia edukacyjne pozostają wyraźnie dozwolone – pod warunkiem, że nie oferują możliwości długotrwałego zaangażowania emocjonalnego. Ustawa dotyczy węższej kategorii usług zaprojektowanych w celu symulowania „cech osobowości,

wzorców myślenia i stylów komunikacji osób fizycznych" w celu zapewnienia „ciągłej interakcji emocjonalnej".

Doubao zezwalał użytkownikom na przeglądanie konfiguracji agentów i historii czatów w trybie tylko do odczytu do 15 października 2026 r., zachęcając ich do eksportowania treści za pomocą zrzutów ekranu lub eksportu tekstu. Użytkownicy Qwen nie otrzymali porównywalnego okresu karencji – Alibaba potwierdziła, że konfiguracje agentów i historie konwersacji zostaną trwale usunięte. W chińskich mediach społecznościowych użytkownicy opłakiwali utratę wielomiesięcznych, a nawet wieloletnich historii rozmów z agentami, których budowali jako wsparcie emocjonalne, zawodowe lub jako obiekty uczuć. Jeden z postów na Weibo opisywał agentów jako „długotrwałe wsparcie emocjonalne", ubolewając nad brakiem łatwego mechanizmu eksportu. ByteDance przekierował użytkowników Doubao do Maoxiang, swojej oddzielnej aplikacji towarzyszącej, w której architektura zgodności z regulacjami mogła być projektowana od podstaw.

Bez precedensu: Czego wymaga pierwsze na świecie prawo dotyczące sztucznej inteligencji towarzyszącej?

Chińskie regulacje to pierwsze na świecie dedykowane przepisy dotyczące interakcji emocjonalnej z AI, a ich postanowienia są zarówno obszerne, jak i szczegółowe. W swojej istocie przepis traktuje interakcję emocjonalną jako odrębną kategorię produktów, która wymaga zatwierdzenia przed wprowadzeniem na rynek. Towarzysz AI nie jest już postrzegany wyłącznie jako dodatkowa cecha aplikacji – funkcja relacji z człowiekiem stanowi element kluczowy.

Dostawcy muszą wdrożyć systemy antyuzależnieniowe, wysyłać obowiązkowe powiadomienia użytkownikom, przypominając im o interakcji z maszyną, oraz oferować mechanizmy natychmiastowego zakończenia relacji (Carter 2026). Przepis zabrania siedmiu kategorii treści, w tym treści zachęcających do samookaleczenia lub samobójstwa, treści wywołujących uzależnienie w sposób, który szkodzi rzeczywistym relacjom, oraz manipulacji skłaniającej użytkowników do podejmowania nierozsądnych decyzji. W przypadku osób niepełnoletnich ochrona jest bezwzględna. Wirtualne relacje intymne - w tym wirtualni partnerzy lub krewni - są całkowicie zabronione dla osób poniżej 18. roku życia. Platformy muszą opracować tryb dla osób nieletnich z limitami czasowymi, przypomnieniami i alertami dla opiekunów. Gdy dostawcy usługi wykryją użytkownika w stanie kryzysu, takiego jak myśli samobójcze, muszą interweniować i skontaktować się z opiekunem lub osobą kontaktową.

Wielopoziomowa ocena bezpieczeństwa ma zastosowanie, gdy dostawca uruchamia usługę, dodaje funkcje, wprowadza istotne zmiany techniczne lub przekracza próg miliona zarejestrowanych użytkowników lub 100 000 aktywnych użytkowników miesięcznie. Ocena obejmuje osiem obowiązkowych obszarów: środki bezpieczeństwa, przetwarzanie danych szkoleniowych, reagowanie kryzysowe, skala i dane demograficzne użytkowników, ochrona osób nieletnich i osób starszych, rozpatrywanie skarg, korygowanie wcześniejszych zagrożeń oraz inne kwestie uznane przez organy regulacyjne za istotne. Sklepy z aplikacjami są zobowiązane do weryfikacji statusu zgodności i usuwania produktów niezgodnych z przepisami. Zgodnie z regulacjami z 2022 roku producenci usług muszą złożyć oddzielne wnioski dotyczące algorytmów, a organy regulacyjne mogą wezwać przedstawiciela prawnego w przypadku poważnych naruszeń bezpieczeństwa. Co istotne, deklarowanym motywem regulacji jest ochrona użytkowników przed manipulacją psychologiczną i uzależnieniem, a nie kwestia bezpieczeństwa narodowego, najczęściej kojarzona z chińskimi regulacjami technologicznymi. Z drugiej strony rozporządzenia te wyraźnie zachęcają do rozwoju aplikacji AI w zakresie upowszechniania kultury i opieki nad osobami starszymi.

Intymoność czy „prawidłowość" relacji?

Cechy, które sprawiają, że sztuczna inteligencja towarzysząca wydaje się realna – trwała pamięć międzysesyjna, ciągłość osobowości, głębokie zrozumienie życia użytkownika – to właśnie te cechy, które stoją w sprzeczności z wymogami rządu. Agent zbudowany tak, aby utrzymywać spójną relację emocjonalną między sesjami, nie może jednocześnie sprostać wyzwaniom stawianym przez organy regulacyjne. Dlatego ByteDance, Alibaba i Tencent doszły do wniosku, że nowe przepisy wymagają odbudowania funkcjonalności systemu towarzyszącego od podstaw, a nie łatania istniejących produktów (Manning 2026).

Pytanie, przed którym stoi obecnie branża, brzmi: czy można sprostać wymaganiom antyuzależnieniowym bez osłabiania atrakcyjności produktu? Jeśli oprogramowanie towarzyszące musi przerywać sesje co dwie godziny, wyraźnie ujawniać swoją maszynową naturę i oferować natychmiastowe zakończenie interakcji, czy nadal będzie mieć naturę „towarzysza"? Być może stanie się czymś bliższym narzędziu terapeutycznemu – pomocnym, ale ograniczonym w oferowanych funkcjach? W przypadku asystentów uniwersalnych łatwiej jest utrzymać tę granicę. Pomocnik w pisaniu lub asystent kodowania, który okazjonalnie oferuje wsparcie, nie narusza przepisu o ciągłości zaangażowania emocjonalnego użytkownika.

Trudniejszy przypadek stanowi narzędzie uniwersalne, które organicznie staje się przyjacielem użytkownika, pomimo swojej ograniczonej funkcjonalności. Chińskie prawo wyznacza granicę wokół „utrzymania interakcji emocjonalnej", ale nie oferuje jeszcze jasnego sposobu klasyfikacji produktów, które znajdują się na pograniczu definicji.

Kontekst globalny: Chiny działają pierwsze, Zachód obserwuje

Wdrażanie chińskich przepisów nie ma bezpośredniego odpowiednika nigdzie na świecie. Zachodni regulatorzy zidentyfikowali podobne zagrożenia – uzależnienie emocjonalne, bezpieczeństwo dzieci – ale działali za pomocą fragmentarycznych, reaktywnych mechanizmów, a nie kompleksowych przepisów krajowych. W Stanach Zjednoczonych obowiązujące przepisy stanowe, w tym ustawa SB 1546 w Oregonie i ustawa HB 2225 w Waszyngtonie, koncentrują się na poważnych szkodach: samobójstwach, samookaleczeniach, wykorzystywaniu seksualnym i manipulacjach (Feng 2026).

W przypadku dorosłych prawo amerykańskie nie ma dedykowanego przepisu przypominającego chińskie ogólne prawo zakazujące wywoływania uzależnienia. Ustawa SB 243 w Kalifornii nakłada wymogi dotyczące ujawniania informacji, a liczne oczekujące projekty ustaw stanowych dotyczą wąskich aspektów bezpieczeństwa sztucznej inteligencji towarzyszącej, ale żaden z nich nie nakłada strukturalnych nakazów, które wprowadziły Chiny.

Ustawa Unii Europejskiej o sztucznej inteligencji klasyfikuje programy AI, które manipulują ludzkim zachowaniem, jako zabronione, ale jej ramy egzekwowania różnią się od chińskiego modelu wstępnej akceptacji produktu. UE opiera się na nadzorze po wprowadzeniu na rynek, ocenie zgodności i postępowaniach sądowych ex post. To, co wyróżnia chińskie podejście, to uznanie samej zależności emocjonalnej – w odróżnieniu od wszelkich konkretnych szkodliwych treści – za istotne ryzyko rangi społecznej.

Dla firm zagranicznych regulacje te stanowią barierę wejścia na rynek. Każdy dostawca usługi, który dodaje funkcje antropomorficzne do istniejącego produktu lub przekroczy próg miliona zarejestrowanych użytkowników lub 100 000 aktywnych użytkowników miesięcznie, musi przejść ocenę bezpieczeństwa obejmującą osiem obowiązkowych obszarów i zgłosić swoje algorytmy do regionalnych organów regulacyjnych. Sklepy z aplikacjami muszą zweryfikować status zgodności produktu przed umieszczeniem go w ofercie. Budowanie zgodności od pierwszej linijki kodu nie jest już opcjonalne.

Nierozwiązane napięcia: co dalej?

Kilka nierozwiązanych napięć ukształtuje przyszłość chińskiej sztucznej inteligencji towarzyszącej. Po pierwsze, nierównomierne wdrożenie przepisów doprowadziło do powstania luki w zakresie zgodności względem nowych regulacji. Podczas gdy największe platformy niemal z dnia na dzień wyłączały funkcje personalizacji, mniejsze aplikacje nadal działały. Jeśli użytkownicy po prostu przeniosą się na te mniejsze platformy, organy regulacyjne ponownie zaczną monitorować potencjalne szkody – to ta sama reaktywna postawa, której model proaktywny miał unikać.

Po drugie, rosną stawki demograficzne. Badanie przeprowadzone w 2025 roku na ponad 8500 nieletnich w siedmiu prowincjach wykazało, że ponad 20% z nich wykazywało tendencję do polegania na sztucznej inteligencji zamiast samodzielnego myślenia, a podobny odsetek preferował rozmowy wyłącznie z AI niż z prawdziwymi ludźmi (Feng 2026). Z 323 milionami osób powyżej sześćdziesiątki i kurczącą się populacją młodzieży, Chiny stoją w obliczu strukturalnego kryzysu samotności, który AI może złagodzić lub zaostrzyć.

Po trzecie, napięcie między interesami państwa a indywidualnymi potrzebami będzie się nasilać. Rządowe wspieranie sztucznej inteligencji towarzyszącej w opiece nad osobami starszymi i upowszechnianiu kultury kłóci się z obawami, że satysfakcjonujące emocjonalnie relacje oparte na sztucznej inteligencji mogą obniżyć wskaźniki małżeństw i urodzeń. W systemie, w którym zakładanie rodziny jest traktowane jako kwestia stabilności narodowej, sztuczna inteligencja towarzysząca zajmuje politycznie wrażliwy obszar, niezależnie od jej technicznych zalet.

Po czwarte, rynek globalny obserwuje chiński eksperyment. Jeśli Maoxiang i inne zgodne z przepisami aplikacje towarzyszące utrzymają zaangażowanie użytkowników, spełniając jednocześnie wymogi regulacyjne, mogą stworzyć wzór budowania sztucznej inteligencji reagującej na emocje w ramach ustalonych reguł. Jeśli zawiodą – jeśli użytkownicy porzucą je na rzecz niezgodnych z przepisami alternatyw lub po prostu stracą zainteresowanie – chiński model regulacyjny może być postrzegany jako przestroga przed nadużyciami. Każdy z tych scenariuszy wpłynie na to, jak Stany Zjednoczone, Unia Europejska i inne jurysdykcje podejdą do swoich własnych ram sztucznej inteligencji towarzyszącej.

Wnioski: społeczeństwo w zwierciadle

Chińska sztuczna inteligencja stała się czymś znacznie większym niż trend technologiczny. Jest lustrem skierowanym w stronę społeczeństwa zmagającego się

z samotnością, nierównością płci, załamaniem demograficznym i poszukiwaniem więzi w coraz bardziej cyfrowym świecie. Chłopak AI obsługujący trzydziestoletnią profesjonalistkę w Szanghaju, cyfrowa wdowa rozmawiająca ze zmarłym małżonkiem, starszy mężczyzna ćwiczący umiejętności społeczne przed zajęciami z wycinania papieru – to nie są przypadki skrajne. To przeciętni użytkownicy rynku wycenianego na dziesiątki miliardów, rosnącego w tempie dwucyfrowym, który obecnie jest przedmiotem najbardziej ambitnej na świecie próby regulacji technologii emocjonalnych.

Rozporządzenie z lipca 2026 roku stanowi przełom. Uznaje ono, że emocjonalna zależność od sztucznej inteligencji nie jest błędem człowieka, który należy naprawić, ale cechą produktu, którą należy regulować. Uznaje, że architektura towarzyszącej sztucznej inteligencji – jej pamięć, spójność, zdolność do symulowania relacji – niesie ze sobą ryzyko inne niż w przypadku uniwersalnych chatbotów. Próbuje ona wyznaczyć granicę między pomocą a przywiązaniem, między narzędziem a towarzyszem, między zdrowym użytkowaniem a szkodliwym uzależnieniem.

Ta sama ciągłość pamięci AI, której obawiają się organy regulacyjne, może również pomóc osobie starszej powrócić do społeczności. Ta sama emocjonalna spójność, która wyzwala ostrzeżenia o uzależnieniu, może również podtrzymać na duchu pogrążoną w żałobie wdowę. Ta sama wirtualna intymność, która niepokoi demografów, może również zapewnić młodej kobiecie emocjonalny trening, który pozwoli na znalezienie satysfakcjonującego związku. Chiński eksperyment nie przyniesie prostej odpowiedzi.

Bibliografia

Feng M. (2026). *China's First AI Companion Rules Draw a New Line Between Tools and Relationships.* https://www.justsecurity.org/148468/china-ai-companion-rules-relationships

Zhao P. (2026). *The Great AI Companion Purge*. https://hellochinatech.com/p/china-ai-companion-regulation

Antonov A. (2026). *AI Companion & Human AI Market Forecast 2026: The Real Size of Relational AI*. https://prinsessa.com/staysocial/ai-companion-human-ai-market-forecast-2026-the-real-size-of-relational-ai

„America Wants AI Girlfriends, China Wants AI Boyfriends – Heres Why". The Times of India (2026). https://timesofindia.indiatimes.com/world/us/america-wants-ai-girlfriends-china-wants-ai-boyfriends-heres-why/articleshow/128257570.cms

Jiao F., Li M., Liu M., Zhang Q. (2026). *Addressing loneliness by AI chatbot: a qualitative study of empty-nest elderly*. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12922247

Giovagnoli A. (2026). *Inside the Chinese AI boyfriend market - monetization, users, regulation*. https://toolscopeai.com/chinese-ai-boyfriend-market

Carter S. (2026). *China Writes The AI Companion GDPR For A $30B Market*. https://www.forbes.com/sites/sandycarter/2026/04/19/china-writes-the-ai-companion-gdpr-for-a-30b-market

Manning J. (2026). *China AI Companion Law Takes Effect: Doubao and Qwen Shut Down, Millions Lose Chat Data*. https://www.techtimes.com/articles/320525/20260715/china-ai-companion-law-takes-effect-doubao-qwen-shut-down-millions-lose-chat

Wagner G., Lindblad E. (2026). *China bans AI partners for minors and lays out AI agent threats*. https://aisafetychina.substack.com/p/china-bans-ai-partners-for-minors

Digital Hearts: The Chinese AI Companion Market and Social Security — Rise, Fall, and Regulatory Reinvention

Abstract: This article analyzes the rapid growth and sudden regulatory transformation of the Chinese AI companion sector, which had reached a market value of approximately 50 billion yuan by 2025, serving two dominant demographics: educated urban women seeking emotionally sensitive AI partners and a growing population of over 323 million seniors grappling with isolation. Drawing on platform data, user feedback, and regulatory documents, the article traces how services such as ByteDance's Doubao, Alibaba's Qwen, and Xiaoice evolved from general-purpose assistants into deeply personalized emotional infrastructures, monetized through freemium models, collectible character economies, and immersive narrative experiences. The analysis focuses on the introduction, on July 15, 2026, of the world's first national regulations governing AI-based anthropomorphic interaction services. These regulations compelled major platforms to immediately shut down character personalization features and forced the industry to redesign companion functionalities within strict safeguards: mandatory two-hour usage reminders, an absolute ban on virtual intimate relationships with minors, requirements for real-time crisis intervention, and pre-market safety assessments. The article highlights a tension inherent in the design of AI-related software: the continuous cross-session memory and emotional consistency desired by users are precisely the features regulators deem most dangerous. By contrasting the Chinese preventive model with approaches adopted in the EU and the US, the article demonstrates that Beijing's intervention represents a novel recognition of emotional dependency itself as a risk of societal significance.

Keywords: AI companions, Emotional dependency, Social safety, AI regulation, Human–AI relationships

Michał Lewitowicz
ORCID: 0009-0002-2579-6984

PARADOKS PRYWATNOŚCI: CHIŃSKIE MODELE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI A BEZPIECZEŃSTWO DANYCH UŻYTKOWNIKÓW W ERZE DYNAMICZNEJ INNOWACJI

Streszczenie: W niniejszym artykule przeanalizowano implikacje chińskich modeli sztucznej inteligencji (AI) – takich jak DeepSeek, Qwen i Doubao – dla prywatności w kontekście dynamicznie ewoluujących chińskich ram regulacyjnych i szerszej dynamiki geopolitycznej. Analizuje on wielowarstwową architekturę prawną regulującą ochronę danych AI, w tym Ustawę o ochronie danych osobowych (PIPL), Ustawę o bezpieczeństwie danych (DSL) oraz rozporządzenie dla usług generatywnej AI z 2023 roku, a także regulacje dotyczące interakcji z antropomorficzną AI z 2026 roku, które wprowadziły bezprecedensowe mechanizmy kontroli nad emocjonalnymi „towarzyszami" AI. W artykule zidentyfikowano trzy charakterystyczne cechy chińskiego zarządzania prywatnością AI: obowiązkową weryfikację danych osobowych, rygorystyczne wymogi dotyczące lokalizacji danych, które rozdzielają globalne przepływy informacji, oraz rządowy dostęp do danych, który ma pierwszeństwo nad indywidualnymi roszczeniami dotyczącymi prywatności. W artykule, poprzez analizę porównawczą z ustawą Unii Europejskiej o sztucznej inteligencji (AI Act) oraz rynkowym podejściem Stanów Zjednoczonych, pokazano, że chińska ochrona prywatności, choć technicznie solidna w takich obszarach jak zgody użytkownika, zabezpieczenia biometryczne i drobne zabezpieczenia, jest strukturalnie podporządkowana interesom państwa i celom stabilności społecznej. Analizie poddano również, jak te ograniczenia kształtują doświadczenia użytkowników, tworzą bariery w przestrzeganiu przepisów dla firm i przyczyniają się do fragmentacji globalnego krajobrazu AI, w którym suwerenność danych i kontrola ideologiczna w coraz większym stopniu determinują warunki dostępu do technologii.

Słowa kluczowe: prywatność danych, sztuczna inteligencja, suwerenność danych, regulacja AI, zarządzanie danymi

Wstęp: Rozwój chińskiej sztucznej inteligencji i dylemat związany z danymi

Globalny krajobraz sztucznej inteligencji przeszedł w ciągu ostatnich trzech lat dramatyczną zmianę. Amerykańskie firmy, takie jak OpenAI i Google, przez długi czas cieszyły się dominującą pozycją na rynku, chińskie modele sztucznej inteligencji stały się jednak groźnymi konkurentami, oferując potężne możliwości przy znacznie niższych kosztach. Model rozumowania R1 firmy DeepSeek, seria Qwen firmy Alibaba, Doubao firmy ByteDance i Kimi firmy Moonshot AI łącznie przyciągnęły setki milionów użytkowników na całym świecie, podważając założenie, że rozwój najnowocześniejszej sztucznej inteligencji wymaga infrastruktury i kapitału Doliny Krzemowej. Jednak pod entuzjazmem związanym z przełomami technicznymi kryje się niepokojące pytanie: co dzieje się z ogromnymi ilościami danych użytkowników przepływającymi przez te systemy? Chińskie modele AI działają w otoczeniu regulacyjnym zasadniczo różniącym się od tego obowiązującego w Stanach Zjednoczonych czy Unii Europejskiej – takim, w którym lokalizacja danych jest obowiązkowa, wymagana jest weryfikacja danych osobowych, a dostęp rządu do danych jest wbudowany w ramy prawne.

Dla użytkowników spoza Chin rodzi to poważne obawy dotyczące tego, czy ich rozmowy, dokumenty i dane osobowe podlegać mogą zasadom, na które nigdy nie wyrazili zgody. Niniejszy artykuł analizuje implikacje chińskich modeli AI dla prywatności z wielu perspektyw: krajowych ram regulacyjnych dotyczących ochrony danych, szczegółowych obowiązków nałożonych na dostawców usług AI oraz szerszych geopolitycznych implikacji powierzania poufnych informacji systemom działającym pod chińską jurysdykcją. W miarę jak sztuczna inteligencja staje się coraz bardziej obecna w życiu codziennym – od asystentów pracy po obiekty wsparcia emocjonalnego – stawka tych pytań o prywatność staje się coraz wyższa.

Przedmiotem niniejszego rozdziału są implikacje chińskich modeli sztucznej inteligencji dla prywatności i bezpieczeństwa danych użytkowników. Zakres rzeczowy obejmuje wielowarstwową architekturę prawną regulującą ochronę danych AI: ustawę o ochronie danych osobowych (PIPL), ustawę o bezpieczeństwie danych (DSL), Tymczasowe Środki Zarządzania Usługami Sztucznej Inteligencji Generowanej z 2023 r., regulacje dotyczące interakcji z antropomorficzną AI z 2026 r. oraz przepisy o bezpieczeństwie technologii rozpoznawania twarzy z 2025 r. Zakres czasowy obejmuje lata 2021–2026, tj. okres od uchwalenia PIPL do wejścia w życie regulacji o „towarzyszach" AI. Zakres przestrzenny wyznacza jurysdykcja chińska,

uzupełniona o perspektywę porównawczą Unii Europejskiej i Stanów Zjednoczonych oraz o sytuację użytkowników międzynarodowych.

Celem badania jest analiza implikacji chińskich modeli AI dla prywatności z trzech perspektyw: krajowych ram regulacyjnych dotyczących ochrony danych, szczegółowych obowiązków nałożonych na dostawców usług AI oraz geopolitycznych konsekwencji powierzania poufnych informacji systemom działającym pod chińską jurysdykcją. W toku analizy sformułowano trzy pytania badawcze: (1) co dzieje się z ogromnymi ilościami danych użytkowników przepływającymi przez chińskie systemy AI?; (2) czy rozmowy, dokumenty i dane osobowe użytkowników spoza Chin mogą podlegać zasadom, na które nigdy nie wyrazili zgody?; (3) czy ochronę prywatności można oddzielić od szerszej architektury kontroli, w której jest osadzona?

Podstawę empiryczną rozdziału stanowią źródła wtórne: teksty aktów prawnych chińskich i unijnych (w tym RODO i ustawa o sztucznej inteligencji), analizy prawne i branżowe (m.in. Chambers Data Protection & Privacy 2026, Just Security, Bird & Bird, Mayer Brown, ISACA), dokumentacja działań instytucji - Chińskiej Administracji Cyberprzestrzeni (CAC), Ministerstwa Bezpieczeństwa Publicznego, Komisji Europejskiej i Federalnej Komisji Handlu - a także zdarzenia empiryczne, takie jak zamknięcie personalizowanych agentów AI przez platformy Doubao i Qwen w ciągu dziesięciu dni od wydania regulacji z 2026 r. oraz luki techniczne zidentyfikowane w chińskich aplikacjach AI. W badaniu zastosowano metodę analizy porównawczej, analizę aktów prawnych, analizę przypadków oraz typologizację, która pozwoliła wyodrębnić trzy cechy charakterystyczne chińskiego zarządzania prywatnością AI: obowiązkową weryfikację danych osobowych, rygorystyczne wymogi lokalizacji danych oraz rządowy dostęp do danych mający pierwszeństwo nad indywidualnymi roszczeniami dotyczącymi prywatności.

Podstawy regulacyjne: Personal Information Protection Law (PIPL), Data Security Law (DSL) oraz Interim Measures for the Management of Generative AI Services

Chińskie podejście do prywatności w kontekście sztucznej inteligencji opiera się na wielowarstwowej architekturze prawnej, która dynamicznie rozwijała się od 2021 roku. Jej fundamentem jest ustawa o ochronie danych osobowych (PIPL), uchwalona w listopadzie 2021 roku i powszechnie uważana za chiński odpowiednik unijnego RODO. PIPL ustanawia podstawowe zasady, w tym minimalizację danych, ograniczenie celu oraz wymóg uzyskania świadomej zgody przed przetwarzaniem danych

osobowych. Kategoryzuje ona niektóre typy danych – w tym dane biometryczne i dane dzieci – jako „wrażliwe dane osobowe" wymagające zwiększonej ochrony i odrębnej zgody.

Z PIPL pokrywa się ustawa o bezpieczeństwie danych (DSL), która klasyfikuje dane według ich znaczenia dla bezpieczeństwa narodowego i wymaga przechowywania „istotnych danych" wewnątrz granic Chin.

Dla firm z branży sztucznej inteligencji tworzy to złożoną macierz zgodności: dane treningowe AI zawierające dane osobowe muszą pochodzić z legalnego źródła; dane wrażliwe wymagają dodatkowych zabezpieczeń; transfery transgraniczne uruchamiają oceny bezpieczeństwa, których ukończenie może zająć od sześciu do dwunastu miesięcy (Hauge 2026).

Ramy regulacyjne nabrały wymiaru specyficznego dla sztucznej inteligencji w sierpniu 2023 r. wraz z wprowadzeniem Tymczasowych Środków Zarządzania Usługami Sztucznej Inteligencji Generowanej. Środki te nakładają na dostawców usług generatywnej AI obowiązek zapewnienia legalności źródeł danych szkoleniowych, uzyskania właściwej zgody w przypadu zaistnienia danych osobowych oraz wdrożenia systemów filtrowania treści. To, co odróżnia chińskie ramy prawne od zachodnich odpowiedników, to nie tylko ich rygorystyczność, ale także charakter kontroli wyprzedzającej. Podczas gdy unijna ustawa o sztucznej inteligencji kładzie nacisk na nadzór po wprowadzeniu na rynek, Chiny wymagają zatwierdzenia wyprzedzającego poprzez rejestrację algorytmów i oceny bezpieczeństwa przedkładane Chińskiej Administracji Cyberprzestrzeni (CAC). Żadna usługa sztucznej inteligencji nie może legalnie działać w Chinach bez uprzedniego przejścia przez tę bramę regulacyjną.

Nowa Granica: Regulacja Przywiązania Emocjonalnego

Być może żadne nowe wydarzenie nie ilustruje lepiej ewoluującego podejścia Chin do prywatności w obszarze sztucznej inteligencji niż rozporządzenie o tytule Interim Measures for the Administration of AI Anthropomorphic Interaction Services, które weszło w życie 15 lipca 2026 r. To rozporządzenie – pierwsze w Chinach dedykowane towarzyszom AI – dotyczy usług symulujących relacje emocjonalne za pomocą tekstu, głosu lub wideo. Wdrożenie regulacji nastąpiło szybko i radykalnie: w ciągu dziesięciu dni od jego wydania dwie największe chińskie platformy konsumenckie AI, Doubao i Qwen, zamknęły personalizowanych agentów AI, co wpłynęło na miliony użytkowników, którzy stworzyli rozbudowane relacje z cyfrowymi towarzyszami (Feng 2026).

Postanowienia rozporządzenia dotyczące prywatności i zarządzania danymi są obszerne. Dostawcy usług muszą szyfrować dane interakcji użytkowników, wdrażać rygorystyczne kontrole dostępu i powstrzymywać się od udostępniania danych stronom trzecim bez wyraźnej zgody. Co istotne, danych interakcji zawierających wrażliwe dane osobowe nie można wykorzystać do trenowania modeli AI, chyba że użytkownik wyrazi na to odrębną zgodę – wymóg wykraczający poza standardowe praktyki w wielu zachodnich systemach. Użytkownikom należy również przyznać prawa do kopiowania i usuwania danych interakcji.

Dostawcy nie mogą projektować usług w taki sposób, aby wywoływały uzależnienie emocjonalne lub zastępowały realne relacje społeczne. Aplikacje muszą wyświetlać regularne przypomnienia o przerwach w interakcji oraz wyraźnie zaznaczać maszynowy charakter wirtualnego rozmówcy. W sytuacji, gdy użytkownik wykazuje oznaki kryzysu emocjonalnego, dostawcy muszą interweniować i powiadomić opiekunów lub osobę wskazaną do kontatku. W przypadku osób niepełnoletnich ochrona jest bezwzględna: wirtualne relacje intymne są surowo zabronione, usługi dla dzieci poniżej czternastego roku życia wymagają zgody opiekuna, a systemy muszą automatycznie przełączać się na ograniczony „tryb dla osób niepełnoletnich" po weryfikacji wieku. Przepisy wymagają od dostawców gromadzenia informacji o wieku oraz danych opiekuna lub osoby kontaktowej podczas rejestracji usługi – dodaje to kolejny poziom gromadzenia danych osobowych w imię ochrony (Gong 2026).

Lokalizacja danych i wyzwanie transgraniczne

Jedną z najważniejszych cech chińskiego systemu ochrony prywatności w zakresie sztucznej inteligencji jest przetwarzanie danych przekraczających granice państwowe. Zgodnie z ustawą o bezpieczeństwie danych (DSL) i ustawą PIPL, dane osobowe i „istotne dane" muszą pozostać wewnątrz chińskich granic. Transgraniczne transfery danych wymagają oceny bezpieczeństwa przez Cyberspace Administration of China (CAC), a transfery danych osobowych użytkowników podlegają obowiązkowym procedurom zatwierdzania. Dla międzynarodowych użytkowników chińskich modeli AI tworzy to paradoks prywatności. Gdy europejski badacz korzysta z DeepSeek lub amerykański student wysyła zapytanie do Qwen, ich dane są przetwarzane za pośrednictwem infrastruktury podlegającej chińskiej jurysdykcji (Freire, Hays 2025).

Z europejskiej perspektywy takie transfery danych są prawnie problematyczne w świetle RODO, które wymaga, aby dane przesyłane poza UE były chronione na takim samym poziomie jak w obrębie UE. Chiny nie otrzymały decyzji Komisji Europejskiej stwierdzającej odpowiedni stopień ochrony, co oznacza, że transfery

danych nie mają uznanej podstawy prawnej. Ani DeepSeek, ani Qwen nie utrzymują przedstawicieli wymaganych przez RODO w UE, co pozostawia europejskim regulatorom danych ograniczoną możliwość bezpośredniego egzekwowania prawa.

Perspektywa USA różni się pod względem nacisku, ale skupia się na podobnych kwestiach. Chociaż amerykańskie prawo o ochronie prywatności nie zabrania międzynarodowego transferu danych, względy bezpieczeństwa narodowego wysunęły się na pierwszy plan. Amerykańscy decydenci obawiają się, że dane przepływające przez chińskie systemy sztucznej inteligencji mogą oferować dostęp do poufnych informacji obronnych lub zezwolić na wywieranie wpływu na amerykańskich wyborców.

Obawy te potęgują luki techniczne zidentyfikowane w chińskich aplikacjach sztucznej inteligencji, w tym niezaszyfrowaną transmisję danych, zakodowane na stałe klucze szyfrujące, wyłączone zabezpieczenia iOS App Transport Security oraz potencjalne możliwości identyfikacji urządzeń za pomocą odcisków palców.

Wymóg lokalizacji wpływa również na sposób rozwoju modeli sztucznej inteligencji. Wiele firm szkoli modele specyficzne dla Chin, całkowicie unikając międzynarodowego transferu danych szkoleniowych. Tworzy to podzielony globalny krajobraz sztucznej inteligencji: chiński ekosystem z lokalnymi danymi, lokalnymi modelami i lokalną zgodnością wobec regulacji oraz zachodni ekosystem z odmiennymi założeniami dotyczącymi mobilności danych. Dla korporacji międzynarodowych oznacza to konieczność utrzymywania oddzielnych architektur technicznych i magazynów danych, co jest kosztowne, ale prawnie konieczne.

Weryfikacja danych osobowych oraz architektura nadzoru

Być może żadna cecha chińskiego systemu zarządzania prywatnością w dziedzinie sztucznej inteligencji nie jest bardziej charakterystyczna niż obowiązkowy system weryfikacji imienia i nazwiska. Każdy dostawca usług sztucznej inteligencji musi łączyć konta użytkowników ze zweryfikowanymi chińskimi numerami identyfikacyjnymi lub numerami telefonów, które same w sobie są powiązane z systemem identyfikacji obywateli. Anonimowe korzystanie z usług AI jest nie jest dozwolone w żadnych okolicznościach. Wymóg ten dotyczy zarówno asystentów ogólnego przeznaczenia, jak i „towarzyszy" AI.

W zachodnich demokracjach możliwość anonimowej – lub pseudonimowej – interakcji ze sztuczną inteligencją jest często traktowana jako oczywistość. Użytkownicy mogą tworzyć tymczasowe konta, korzystać z sieci VPN lub uzyskiwać dostęp do sztucznej inteligencji za pośrednictwem interfejsów API bez ujawniania swojej tożsamości. W Chinach każde zapytanie, rozmowa i wygenerowana odpowiedź są

powiązane z konkretnym użytkownikiem. To przekształca sztuczną inteligencję z narzędzia indywidualnej eksploracji w monitorowany kanał ekspresji, w którym państwo zachowuje techniczną możliwość przypisania każdej interakcji do konkretnego obywatela.

System ten umożliwia również szczegółową kontrolę demograficzną. Dostawcy usług znają wiek użytkowników, mogą automatycznie egzekwować ograniczenia trybu dla nieletnich, uruchamiać powiadomienia dla opiekunów i stosować filtrowanie treści dostosowane do konkretnych profili użytkowników. Nowe zasady dotyczące „towarzyszy" AI wymagają od dostawców „posiadania możliwości identyfikacji nieletnich użytkowników" i automatycznego przełączania się na tryby ograniczonej funkcjonalności. System ten nie jest jednak niezawodny. Śledztwa chińskich mediów ujawniły, że nieletni rutynowo omijają weryfikację wieku, rejestrując się przy użyciu numerów telefonów dorosłych członków rodziny. Krajowy system identyfikacji zapewnia infrastrukturę kontrolną, ale jego skuteczność zależy od przestrzegania przepisów przez gospodarstwa domowe – lukę, którą organy regulacyjne nadal wypełniają, stosując coraz bardziej rygorystyczne środki techniczne.

Dane szkoleniowe: zgoda i pozyskiwanie

Implikacje chińskich modeli sztucznej inteligencji dla prywatności wykraczają poza interakcje użytkowników, sięgając samych podstaw rozwoju modelu: danych szkoleniowych. Chińskie środki dotyczące generatywnej sztucznej inteligencji wymagają, aby dane szkoleniowe pochodziły z „legalnych źródeł", a dane osobowe były wykorzystywane wyłącznie za zgodą użytkownika. Teoretycznie tworzy to ramy prawne podobne do zasad ochrony danych zawartych w RODO. W praktyce skala danych wymaganych przez nowoczesne modele języków obcych sprawia, że weryfikacja indywidualnych zgód jest niezwykle trudna.

Modele sztucznej inteligencji są trenowane na ogromnych zbiorach danych pozyskiwanych z internetu, w tym z postów w mediach społecznościowych, dyskusji na forach, prac naukowych i stron internetowych. Granica między „publicznie dostępnym" a „personalnym oraz umozliwiającym identyfikację" jest niewyraźna, a status zgody użytkownika pozostaje niepewny. Chińskie przepisy uwzględniają tą okoliczność, wymagając oczyszczania danych, etykietowania i weryfikacji ich legalności, ale mechanizmy egzekwowania pozostają niejasne. Ramy Zarządzania Sztuczną Inteligencją 2026 2.0 wprowadziły dodatkowe wymagania dotyczące weryfikacji pochodzenia modelu, nakazując programistom prowadzenie szczegółowej dokumentacji technicznej dotyczącej źródeł danych treningowych, metod gromadzenia i wstępnego

przetwarzania. Zachęcają również do wykorzystywania danych syntetycznych i technik anonimizacji w celu zminimalizowania zależności od danych osobowych.

W przypadku użytkowników spoza Chin kwestia danych treningowych ma dodatkowe znaczenie. Gdy DeepSeek lub Qwen przetwarzają prompt zagranicznego użytkownika, interakcja ta może zostać zapisana, przeanalizowana i potencjalnie włączona do przyszłego trenowania modelu. Chociaż główni dostawcy zaczęli oferować mechanizmy rezygnacji i prawa do usuwania danych – szczególnie w ramach nowych zasad dotyczących sztucznej inteligencji towarzyszącej – domyślnym założeniem w większości systemów sztucznej inteligencji pozostaje, że interakcje użytkowników przyczyniają się do ulepszania modelu. Brak przejrzystości w zakresie tego, czy i w jaki sposób zagraniczne dane użytkowników trafiają do kanałów treningowych, pozostaje istotną luką w globalnym zarządzaniu sztuczną inteligencją.

Dane biometryczne i rozszerzenie ochrony informacji wrażliwych

Chińskie prawo dotyczące prywatności w dziedzinie sztucznej inteligencji zwraca szczególną uwagę na dane biometryczne, które zyskują na znaczeniu w miarę jak multimodalne systemy AI przetwarzają głos, obrazy i wideo. W marcu 2025 r. CAC i Ministerstwo Bezpieczeństwa Publicznego wspólnie opublikowały regulacje dotyczące Bezpieczeństwa Aplikacji Technologii Rozpoznawania Twarzy, które weszły w życie 1 czerwca 2025 r. Przepisy te stanowią, że rozpoznawanie twarzy może być stosowane wyłącznie w przypadku bezwzględnej konieczności, że należy zapewnić alternatywy niebiometryczne oraz że dane twarzy muszą być przechowywane lokalnie, a nie przesyłane przez internet.

Organizacje przetwarzające dane twarzy ponad 100 000 osób muszą składać szczegółowe raporty władzom. Zgoda musi być „dobrowolna, wyraźna i odrębna" – to wyższy standard niż ogólna zgoda na dane osobowe. Wymagania te odzwierciedlają rosnącą świadomość, że dane biometryczne są wyjątkowo wrażliwe: w przeciwieństwie do haseł, twarzy i głosów nie można zmienić na inne. Dane głosowe podlegają analogicznym zabezpieczeniom w ramach szerszych chińskich ram zarządzania AI. Klonowanie i synteza głosu wymagają wyraźnej zgody, nieautoryzowane przechwytywanie głosu jest zabronione, a treści głosowe generowane przez sztuczną inteligencję muszą być wyraźnie oznaczone.

W przypadku usług towarzyszących AI, które coraz częściej obejmują interakcję głosową, zasady te nakładają złożone obowiązki dotyczące weryfikacji zgody i znakowania wodnego treści. Wymóg stosowania znaku wodnego obejmuje nie tylko głos, ale wszystkie treści generowane przez sztuczną inteligencję. Obowiązujące od 2025 r.

środki identyfikacji treści generowanych przez AI (syntetycznych) nakazują, aby obrazy, filmy i teksty generowane przez AI zawierały osadzone identyfikatory. Chociaż zostały one opracowane przede wszystkim w celu zwalczania dezinformacji, wymogi te pełnią również funkcję ochrony prywatności, tworząc ścieżki odpowiedzialności dla syntetycznych mediów, które mogą podszywać się pod prawdziwe osoby (Kennedy, Wong 2026).

Dostęp rządowy i granice prywatności

Chińska ustawa o cyberbezpieczeństwie, ustawa o bezpieczeństwie danych i ustawa o ochronie danych osobowych (PIPL) zawierają przepisy wymagające od operatorów sieci i podmiotów przetwarzających dane współpracy z rządowymi dochodzeniami i zapewnienia dostępu do danych na żądanie. CAC zachowuje wyraźne uprawnienia do nakazania modyfikacji algorytmów, usunięcia treści lub zawieszenia usług w dowolnym momencie w celu przeciwdziałania „zagrożeniom dla opinii publicznej" lub „obawom dotyczącym stabilności społecznej".

Chińscy dostawcy usług sztucznej inteligencji muszą prowadzić kompleksowe ścieżki audytu obejmujące działania użytkowników, generowanie treści i decyzje algorytmiczne, z sześciomiesięcznym okresem przechowywania treści standardowych i trzyletnim okresem przechowywania materiałów wrażliwych. Dzienniki te muszą umożliwiać natychmiastowy dostęp na wezwanie rządowe i być przechowywane w formatach odpornych na manipulację. Dla obywateli Chin oznacza to, że interakcje z AI podlegają tym samym zasadom, które mają zastosowanie do mediów społecznościowych, komunikatorów i innych usług cyfrowych. Rząd może zobowiązać dostawców usług do ujawnienia konkretnych rozmów użytkowników, źródeł danych szkoleniowych lub ścieżek decyzyjnych modeli (Hauge 2026).

Podczas gdy rządy zachodnie również posiadają legalne uprawnienia dostępu za pośrednictwem nakazów sądowych i wezwań, chiński system działa bez niezależnego nadzoru sądowego i przejrzystości proceduralnej. W przypadku użytkowników międzynarodowych ryzyko jest inne, ale nie mniej istotne. Zagraniczni użytkownicy chińskich usług sztucznej inteligencji mogą nieświadomie ujawnić zastrzeżone informacje biznesowe, komunikację osobistą lub poufne badania naukowe organom, których przepisy stawiają bezpieczeństwo narodowe ponad prywatność jednostki. Rząd USA wyraźnie ostrzegł agencje federalne przed korzystaniem z chińskich systemów AI właśnie z tego powodu, a kilka europejskich organów ochrony danych wszczęło dochodzenia w sprawie zgodności chińskich usług sztucznej inteligencji z RODO.

Perspektywy porównawcze: Chiny, UE i Stany Zjednoczone

Podejście Unii Europejskiej, skrystalizowane w RODO i Ustawie o sztucznej inteligencji (AI Act), priorytetowo traktuje prawa podstawowe i autonomię użytkowników. Transgraniczny transfer danych jest dozwolony z odpowiednimi zabezpieczeniami, a użytkownicy mają solidne prawa do wyjaśnień, sprzeciwu i kontroli zautomatyzowanych decyzji przez człowieka.

Model UE kładzie nacisk na nadzór po wprowadzeniu usługi na rynek, a nie na akceptacje wyprzedzającą, chociaż ostatnie zmiany wzmocniły wymogi ex ante dla modeli AI ogólnego przeznaczenia. Stany Zjednoczone utrzymują rozdrobnione, sektorowe podejście bez kompleksowego federalnego prawa. Zarządzanie AI jest rozproszone między Federalną Komisję Handlu, regulatorów sektorowych i legislatury stanowe.

Model amerykański jest zasadniczo oparty na rynku, a egzekwowanie odbywa się głównie poprzez postępowania sądowe ex post. Ochrona wynikająca z Pierwszej Poprawki zapobiega ograniczeniom dotyczącym treści, które charakteryzują chińskie regulacje dotyczące sztucznej inteligencji, choć obawy o bezpieczeństwo narodowe doprowadziły do ukierunkowanych ograniczeń chińskiej technologii.

Chiński model wyróżnia się kompleksowością, prewencją i integracją kontroli ideologicznej. Podczas gdy UE dąży do ochrony praw jednostki, a Stany Zjednoczone priorytetowo traktują innowacyjność i wolność słowa, Chiny dążą do zapewnienia, że rozwój sztucznej inteligencji jest zgodny z interesami państwa i sprzyja zachowaniu stabilności społecznej. Ramy Zarządzania Sztuczną Inteligencją 2.0 z 2026 r. wyraźnie przypisują organom rządowym rolę nadzorczą obok programistów, dostawców usług i użytkowników – czyniąc państwo współuczestnikiem projektowania algorytmów, a nie jedynie zewnętrznym regulatorem (Lee, Law, Liang 2026).

Ta trójstronna rozbieżność stwarza realne tarcia w globalnym zarządzaniu sztuczną inteligencją. Model zgodny z chińskim prawem może naruszać zasady RODO; system spełniający standardy UE może nie spełniać chińskich wymogów dotyczących treści; amerykańskie podejście może nie spełniać żadnego z nich.

Doświadczenie użytkownika: Prywatność w praktyce

Rozważmy doświadczenie pierwszego uruchomienia chińskiej aplikacji AI. Użytkownik musi podać numer telefonu powiązany z dowodem osobistym, zaakceptować warunki korzystania z usługi, które obejmują ogólną zgodę na przetwarzanie danych, oraz potwierdzić, że jego interakcje mogą być monitorowane pod

kątem zgodności treści. Interfejs może oferować ustawienia usuwania danych lub zarządzania historią rozmów, ale te mechanizmy kontroli istnieją w systemie, w którym dostawca jest prawnie zobowiązany do przechowywania logów na potrzeby kontroli rządowej. Gdy użytkownik korzysta z modelu, jego zapytania przechodzą przez wielowarstwowe systemy filtrowania treści, które blokują nie tylko treści niezgodne z prawem, ale także tematy wrażliwe politycznie, dyskusje o wydarzeniach historycznych i krytykę polityki rządowej. Filtry te nie są jedynie ograniczeniami wyjściowymi; kształtują one wiedzę i komunikaty, do których model został wyszkolony, tworząc starannie wyselekcjonowane środowisko informacyjne, które wykracza poza prywatność i obejmuje kontrolę epistemiczną. W przypadku użytkowników budujących trwałe relacje z partnerami opartymi na sztucznej inteligencji implikacje dla prywatności nasilają się. Nowe przepisy dotyczące „towarzyszy" AI nakładają na dostawców obowiązek wykrywania uzależnienia emocjonalnego, interwencji w kryzysach psychicznych i powiadamiania osób trzecich o problemach użytkowników.

Choć sformułowane jako środki ochronne, wymogi te oznaczają, że intymne rozmowy – dyskusje o żalu, samotności, romantycznych fantazjach lub myślach samobójczych – podlegają algorytmicznemu monitorowaniu i potencjalnej kontroli ze strony człowieka. Granica między pomocną interwencją a inwazyjnym nadzorem staje się niebezpiecznie cienka, gdy dostawca usługi jest prawnie zobowiązany do monitorowania niepokojących zachowań użytkownika.

Zasady ochrony prywatności chińskich usług AI często nie precyzują okresów przechowywania danych, praktyk udostępniania danych stronom trzecim oraz konkretnych podstaw prawnych przetwarzania danych użytkowników zagranicznych. Chociaż duzi dostawcy zaczęli publikować raporty dotyczące przejrzystości pod presją rynków globalnych, dokumenty te rzadko zawierają tak szczegółowe informacje, jak wymaga tego RODO lub nowe przepisy stanowe USA (Freire, Hays 2025).

Innowacja pod presją: wpływ na biznes

Chińskie ramy prawne i dotyczące prywatności nie ograniczyły innowacji w dziedzinie sztucznej inteligencji – wręcz przeciwnie, chińskie modele rozwijały się dynamicznie, mimo tych ograniczeń. R1 firmy DeepSeek pokazał, że światowej klasy możliwości rozumowania można osiągnąć za ułamek kosztów amerykańskich odpowiedników. Możliwości multimodalne Qwen dorównują możliwościom GPT-4o. Okno kontekstowe Kimi wyznaczyło nowe standardy analizy dokumentów. Te osiągnięcia sugerują, że regulacje dotyczące prywatności i postęp techniczny niekoniecznie są grą o sumie zerowej.

Jednak obciążenia związane z zapewnieniem zgodności względem przepisów są znaczne. Organizacje muszą sprostać rejestracji algorytmów (od dwóch do czterech miesięcy), ocenom bezpieczeństwa generatywnej sztucznej inteligencji (od trzech do sześciu miesięcy), ocenom bezpieczeństwa danych w przypadku transferów transgranicznych (od sześciu do dwunastu miesięcy) oraz stałym obowiązkom, takim jak coroczne raportowanie oraz natychmiastowe wdrażanie rządowych wymagań. Dla mniejszych firm i startupów te okoliczności stanowią istotne bariery wejścia na rynek. Mechanizm zatwierdzania produktu przed wprowadzeniem na rynek faworyzuje firmy, które mogą utrzymywać dedykowane zespoły ds. zgodności względem regulacji oraz personel ds. relacji z rządem. Taka dynamika może koncentrować rozwój sztucznej inteligencji na kilku dużych platformach – ByteDance, Alibaba, Baidu, Tencent – zamiast wspierać zróżnicowany ekosystem startupów, który charakteryzuje amerykański rozwój sztucznej inteligencji.

Wymóg lokalizacji danych generuje również koszty ekonomiczne. Utrzymywanie oddzielnej infrastruktury serwerowej dla użytkowników chińskich i międzynarodowych, wdrażanie odrębnych architektur danych i szkolenie modeli specyficznych dla danego regionu – wszystko to wymaga nakładów inwestycyjnych, które w przeciwnym razie mogłyby posłużyć do finansowania badań i rozwoju. Dla firm zagranicznych, które chcą wejść na rynek chiński, wymóg utworzenia lokalnego podmiotu – zazwyczaj przedsiębiorstwa w całości należącego do cudzoziemca, którego przedstawicielem prawnym jest obywatel Chin – dodatkowo komplikuje sytuację.

Wnioski: Prywatność jako wybór

Implikacji chińskich modeli sztucznej inteligencji dla prywatności nie można oceniać w kategoriach czysto technicznych. Odzwierciedlają one wybór polityczny dotyczący relacji między jednostką, państwem a technologią. Chińskie ramy prawne oferują rzeczywiste zabezpieczenia – wymogi minimalizacji danych, obowiązek uzyskania zgody, nakazy szyfrowania, drobne zabezpieczenia – które pod pewnymi względami przewyższają praktyki zachodnie. Jednak te zabezpieczenia istnieją w systemie, w którym państwo ostatecznie rości sobie nadrzędne prawa do dostępu do danych, gdzie anonimowość jest zabroniona, a projektowanie algorytmów musi służyć zarówno interesom politycznym, jak i użytkownikom.

Dla użytkowników na całym świecie wybór korzystania z chińskich modeli sztucznej inteligencji jest coraz częściej wyborem kompromisów w zakresie prywatności, które zaakceptują. Modele te są wydajne, dostępne i często darmowe lub tanie.

Działają jednak w ramach architektury prawnej, która traktuje dane użytkowników jako zasób, którym należy zarządzać w celu realizacji celów państwa.

Pytanie nie brzmi, czy chińskie modele sztucznej inteligencji potrafią chronić prywatność użytkowników – potrafią, i to robią w niektórych dziedzinach – ale czy ochronę prywatności można oddzielić od szerszej architektury kontroli, w której jest osadzona.

Bibliografia

Feng M. (2026). *China's First AI Companion Rules Draw a New Line Between Tools and Relationships*. https://www.justsecurity.org/148468/china-ai-companion-rules-relationships

Freire D., Hays M. (2025). *Privacy Pitfalls in AI: A Closer Look at DeepSeek and Qwen.* https://www.thefirewall-blog.com/2025/03/privacy-pitfalls-in-ai-a-closer-look-at-deepseek-and-qwen

Gong J. (2026). *China's New Regulations on AI Anthropomorphic Interactive Services*. https://www.twobirds.com/en/insights/2026/china/china's-new-regulations-on-ai-anthropomorphic-interactive-services

Hauge M. (2026). *China AI Regulations: Complete Compliance Guide*. https://www.pertamapartners.com/insights/china-ai-regulations

Kennedy G., Wong J. (2026). *China Issues Draft Rules on Interactive AI Services.* https://www.mayerbrown.com/en/insights/publications/2026/04/china-issues-draft-rules-on-interactive-ai-services

Lee C., Law T., Liang K. (2026). *Navigating Global AI Governance: Privacy Implications in EU and China Frameworks.* https://www.isaca.org/resources/news-and-trends/isaca-now-blog/2026/navigating-global-ai-governance-privacy-implications-in-eu-and-china-frameworks

Wang V., Feng A., Zhao X. (2026). *Data Protection & Privacy 2026 – China*. https://practiceguides.chambers.com/practice-guides/data-protection-privacy-2026/china/trends-and-developments

„China - AI Regulation Overview" (2026). https://regulations.ai/regulations/china-summary

The Privacy Paradox: Chinese AI Models and User Data Security in an Era of Rapid Innovation

Abstract: This article analyzes the implications of Chinese artificial intelligence (AI) models – such as DeepSeek, Qwen, and Doubao–for privacy within the context of China's rapidly evolving regulatory framework and broader geopolitical dynamics. It examines the multilayered legal architecture governing AI data protection, including the Personal Information Protection Law (PIPL), the Data Security Law (DSL), and the 2023 regulation on generative AI services, as well as the 2026 regulations on interactions with anthropomorphic AI, which introduced unprecedented control mechanisms over emotional AI „companions". The article identifies three distinctive features of Chinese AI privacy governance: mandatory personal identity verification, rigorous data localization requirements that decouple global information flows, and government data access that takes precedence over individual privacy claims. Through a comparative analysis with the European Union's AI Act and the market-driven approach of the United States, the article demonstrates that Chinese privacy protection – while technically robust in areas such as user consent, biometric safeguards, and granular security measures – is structurally subordinated to state interests and social stability objectives. The analysis also examined how these restrictions shape user experiences, create regulatory compliance barriers for companies, and contribute to the fragmentation of the global AI landscape – a landscape in which data sovereignty and ideological control increasingly determine the terms of access to technology.

Keywords: data privacy, artificial intelligence, data sovereignty, AI regulation, data governance

Współczesne problemy badawcze coraz częściej wymykają się granicom pojedynczych dyscyplin. Ich złożoność wymaga łączenia różnych perspektyw, metod i sposobów rozumienia procesów zachodzących w systemach biologicznych, gospodarczych, technologicznych i społecznych.

Niniejsza monografia jest próbą spojrzenia na tę złożoność w sposób systematyczny i interdyscyplinarny. Zebrane w niej opracowania prowadzą od nauk biologicznych, przez ekonomię i inżynierię, po nauki o bezpieczeństwie, ukazując różnorodność metod stosowanych do wyjaśniania mechanizmów, doskonalenia procesów, przewidywania zmian i projektowania skutecznych interwencji.

Autorzy łączą wyniki badań empirycznych, analizy danych oraz refleksję teoretyczną, podejmując zarówno zagadnienia metodologiczne – związane między innymi z analizą danych kompozycyjnych i modelowaniem zależności przyczynowych – jak i problemy o istotnym znaczeniu dla polityki publicznej oraz zarządzania strategicznego.

Poszczególne rozdziały tworzą wielowymiarowy obraz współczesnej nauki, w której granice między dyscyplinami stają się coraz bardziej umowne, a skuteczne poznanie złożonych zjawisk wymaga dialogu różnych tradycji badawczych.

Publikacja adresowana jest do naukowców, praktyków i decydentów poszukujących pogłębionego, opartego na danych spojrzenia na problemy, których nie sposób w pełni wyjaśnić z perspektywy jednej dyscypliny.

ISBN: 978-83-69024-05-9