

INTELIGENTNA LOGISTYKA
INFORMACJI

DARIUSZ WEILAND
PATRYK WIERZBOWSKI

INTELIGENTNA LOGISTYKA **INFORMACJI**

SZANSE I WYZWANIA
GOSPODARKI 5.0

Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego
Gdańsk 2025

*Naszym Rodzicom
za przekazywanie pierwszych w życiu informacji*

Recenzent
dr hab. Andrzej Jezierski, prof. UWSB Merito

Opracowanie redakcyjne
Wojciech Kiedrowicz / Abbicci, Wioletta Kowalska/ Violet Design

Skład i łamanie
Wioletta Kowalska/ Violet Design

Projekt okładki i stron tytułowych
Filip Sendal

Publikacja sfinansowana ze środków Prorektora ds. Badań Naukowych
Uniwersytetu Gdańskiego w ramach Programu Humanistyki Gdańskiej

© Copyright by Uniwersytet Gdański
Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego

ISBN 978-83-8206-782-8

Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego
ul. Armii Krajowej 119/121, 81-824 Sopot
tel. +48 58 523 11 37, tel. kom. +48 725 991 206
e-mail: wydawnictwo@ug.edu.pl
wydawnictwo.ug.edu.pl

Księgarnia internetowa: wydawnictwo.ug.edu.pl/sklep/

Druk i oprawa
Zakład Poligrafii Uniwersytetu Gdańskiego
ul. Armii Krajowej 119/121, 81-824 Sopot
tel. +48 58 523 14 49

Spis treści

Wstęp	11
Rozdział 1. Pojęcie Gospodarki 5.0	15
1.1. Ewolucja gospodarki od Gospodarki 4.0 do 5.0	16
1.2. Społeczne i polityczne implikacje Gospodarki 5.0	25
1.3. Teoretyczne ujęcie Gospodarki 5.0	31
1.4. Rola logistyki informacji w Gospodarce 5.0	35
Rozdział 2. Technologie cyfrowe wspierające inteligentną logistykę informacji	57
2.1. Sztuczna inteligencja (AI)	60
2.1.1. Klasyfikacja i typologia AI	62
2.1.2. Ewolucja i aktualne modele AI	66
2.1.3. Zastosowanie AI w logistyce	69
2.1.4. Zastosowanie AI w logistyce informacji	73
2.1.5. AI w kontekście przemysłowym, decyzyjnym, organizacyjnym i społecznym	76
2.2. <i>Big data</i> i analityka danych	79
2.2.1. Charakterystyka danych w erze 5.0	79
2.2.2. Ewolucja w dostępności danych: od silosów do otwartości	81
2.2.3. Rola analityki danych: od raportowania do analityki preskrypcyjnej	83
2.2.4. <i>Big data</i> i analityka jako podstawa transformacji cyfrowej	85
2.3. Technologia <i>blockchain</i>	86
2.3.1. Od kryptowalut do otwartych danych – zmiana podejścia do <i>blockchain</i>	87
2.3.2. Wyzwania związane z rozwojem technologii <i>blockchain</i> ..	89

2.3.3. Zastosowanie <i>blockchain</i> w logistyce informacji i łańcuchach dostaw	91
2.3.4. Wykorzystanie <i>blockchain</i> w systemach publicznych	93
2.3.5. <i>Blockchain</i> w sektorze opieki zdrowotnej	95
2.4. Technologia chmury obliczeniowej (CC)	97
2.4.1. Architektura usług chmurowych	98
2.4.2. Ewolucja roli chmury w ramach Gospodarki 4.0 i 5.0	100
2.4.3. Chmura obliczeniowa a logistyka informacji	106
2.4.4. Przykłady zastosowania chmury w wybranych sektorach	108
2.5. Pojęcie cyberbezpieczeństwa w kontekście Gospodarki 5.0	111
2.5.1. Cyberbezpieczeństwo w kontekście integracji	112
2.5.2. Bezpieczeństwo IT i OT w kontekście Gospodarki 5.0	116
2.5.3. Ramy regulacyjne oraz inicjatywy europejskie i międzynarodowe	120
2.6. Technologia uczenia maszynowego	123
2.6.1. Kategoryzacja uczenia maszynowego	123
2.6.2. Zastosowanie uczenia maszynowego w Gospodarcie 5.0	126
Rozdział 3. Technologie cyberfizyczne w inteligentnej logistyce informacji	129
3.1. Internet Rzeczy i integracja w cyberfizycznych systemach Gospodarki 5.0	129
3.1.1. Rola IoT w Gospodarcie 5.0	129
3.1.2. Integracja technologii cyfrowych i fizycznych w ramach CPS w Gospodarcie 5.0	146
3.2. Technologie robotyzacji i autonomizacji w Gospodarcie 5.0	154
3.2.1. Współpraca człowieka, maszyny i systemów informacyjnych jako wyznacznik inteligentnego miejsca pracy	154
3.2.2. Inteligentne środowisko życia człowieka w Gospodarcie 5.0	158
3.2.3. Robotyzacja, automatyzacja i autonomizacja od Gospodarki 4.0 do Gospodarki 5.0	160
3.3. Technologie immersyjne i addytywne wspierające transformację 5.0	169
3.3.1. Rozszerzona rzeczywistość w realizacji procesów gospodarczych	169

3.3.2. Charakterystyka technologii lokalizacyjnych	176
3.3.3. Druk 3D – wytwarzanie addytywne	183
Rozdział 4. Zrównoważony rozwój w Gospodarce 5.0	189
4.1. Koncepcja zrównoważonego rozwoju w Gospodarce 5.0	189
4.2. Logistyka cyrkularna w gospodarce obiegu zamkniętego	199
4.3. Optymalizacja dzięki rozwiązaniom technologicznym Gospodarki 5.0	207
Rozdział 5. Zarządzanie zmianą w inteligentnej logistyce informacji – przyszłość w Gospodarce 5.0	219
5.1. Rozwój kompetencji pracowników w Gospodarce 5.0	220
5.1.1. Koncepcja Operatora 5.0 jako model współczesnego pracownika	220
5.1.2. Hybrydowy profil kompetencji w świetle zmian gospodarczo-społecznych	223
5.3. Wyzwania implementacyjne w logistyce Gospodarki 5.0	228
5.3.1. Bariery technologiczne	228
5.3.2. Bariery organizacyjne	230
5.3.3. Bariery środowiskowe i społeczne	232
5.3.4. Mapa drogowa rozwoju technologii w Gospodarce 5.0 ...	234
5.3. Prognozy rozwoju technologii w logistyce informacji: przegląd przyszłych trendów i technologii	238
5.4. Gospodarka 6.0? Ewolucja logistyki w nadchodzących dekadach: perspektywy długofalowe dla logistyki informacji	241
5.4.1. Scenariusz optymistyczny: zrównoważony wzrost i integracja cyfrowa	241
5.4.2. Scenariusz kryzysowy: dezintegracja i fragmentacja sieci	242
5.4.3. Scenariusz adaptacyjny: odporność i regionalizacja	244
5.4.4. Scenariusz technologiczny: rewolucja cyberfizyczna	246
5.4.5. Scenariusz futurystyczny: Gospodarka 6.0 jako hiperpołączony ekosystem biologiczno-cyfrowy ...	248
Zakończenie	251
Bibliografia	255
Spis tabel i rysunków	283

Wstęp

Szybkie zmiany technologiczne oraz społeczne pokazują, że we współczesnej gospodarce następuje ewolucja paradygmatu Gospodarki 4.0 w kierunku Gospodarki 5.0. Koncepcja Gospodarki 5.0 powstała w odpowiedzi na takie wyzwania współczesnego świata, jak zmiany demograficzne, urbanizacja, kryzys klimatyczny czy rosnące nierówności, a także intensywny rozwój nowoczesnych technologii. W przeciwieństwie do Gospodarki 4.0, skupionej głównie na automatyzacji i cyfryzacji procesów, w Gospodarce 5.0 kładzie się nacisk na centralną rolę człowieka w ekosystemie ekonomicznym i społecznym. Najnowsze technologie, takie jak sztuczna inteligencja, Internet Rzeczy, robotyka, *big data* czy *blockchain*, mają służyć człowiekowi i wspierać zrównoważony rozwój, integrację społeczną oraz dobrobyt zamiast stanowić cel sam w sobie. Gospodarka 5.0 stanowi zatem kolejny etap trwającej rewolucji przemysłowej, rozszerzając infrastrukturę cyfrową wypracowaną w ostatniej dekadzie o głębszą współpracę człowieka z maszyną oraz o zasady zrównoważonego rozwoju, inkluzywności i odporności na kryzysy. Dynamiczny rozwój Gospodarki 5.0 pociąga za sobą pilną potrzebę ponownego przemyślenia sposobów zarządzania informacją w organizacjach. We współczesnych łańcuchach dostaw informacja stała się zasobem krytycznym, a efektywna logistyka informacji jest warunkiem elastyczności i przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstw. Już w poprzedniej monografii autorów pt. *Logistyka informacji w Gospodarce 4.0* (2020) przedstawiono i syntetyzowano zagadnienia transformacji cyfrowej oraz wyzwania stojące przed przedsiębiorstwami w budowaniu przewagi konkurencyjnej dzięki nowoczesnym narzędziom logistyki informacji. Zaznaczono tam, jak rozwiązania Gospodarki 4.0, takie jak IoT, systemy cyberfizyczne, analityka danych, pozwalają usprawnić procesy decyzyjne i zarządzanie łańcuchami dostaw, tworząc logistykę

informacji w Gospodarce 4.0. Jednak wraz z nadejściem paradygmatu Gospodarki 5.0 pojawiły się nowe przesłanki do kontynuacji badań nad logistyką informacji. Gospodarka 4.0 nie rozwiązała w pełni kwestii humanizacji technologii, zrównoważoności i odporności systemów. Powstała więc luka badawcza dotycząca tego, jak Gospodarka 5.0 wpłynie na transformację logistyki informacji, czyli jak włączyć czynnik ludzki i zasady zrównoważonego rozwoju do wysoko z informatyzowanych przedsiębiorstw.

Uzasadnieniem aktualności niniejszego opracowania jest stwierdzenie, że przedsiębiorstwa muszą sprostać rosnącej złożoności i niepewności otoczenia, co ujawniły m.in. doświadczenia pandemii COVID-19 czy zakłócenia w łańcuchach dostaw z ostatnich lat. Nasilają się potrzeby szybkiego i sprawnego przepływu informacji między partnerami biznesowymi, od dostawców przez producentów po dystrybutorów i klientów końcowych. Jak wskazują najnowsze badania oraz publikacje przywoływane w niniejszym opracowaniu, transformacja w kierunku zrównoważonego przemysłu wymaga usprawnienia wymiany danych pomiędzy różnymi interesariuszami. Inteligentna logistyka informacji staje się kluczowa, aby zapewnić płynny przepływ danych oraz informacji w rozproszonych ekosystemach biznesowych. Informacja musi być przekazywana szybko, płynnie i w odpowiedniej jakości, do właściwych decydentów, tak aby z danych wyodrębnić użyteczną wiedzę niemal w czasie rzeczywistym. Tymczasem wiele organizacji boryka się z barierami: niekompatybilnością systemów IT, silosowym gromadzeniem danych, brakiem standardów i zaufania do wymiany informacji zewnętrznej. Aktualność badań nad inteligentną logistyką informacji wynika również z szybkiego rozwoju narzędzi bazujących na sztucznej inteligencji i automatyzacji. Organizacje coraz częściej korzystają ze sztucznej inteligencji, uczenia maszynowego i analityki *big data* do wspomagania decyzji logistycznych. Logistyka w Gospodarce 4.0 dała początek cyfrowym łańcuchom dostaw, ale dopiero logistyka w Gospodarce 5.0 ma uzupełnić te systemy o komponenty współpracy człowieka z maszyną oraz o cele zrównoważonego rozwoju. Pojawiają się pytania badawcze: Jak projektować inteligentne systemy logistyki informacji, które będą jednocześnie wydajne i przyjazne człowiekowi? Jak zapewnić respektowanie przez wspierające przepływ informacji algorytmy sztucznej inteligencji celów społecznych oraz środowiskowych? Jak

nowe modele zarządzania informacją w łańcuchu dostaw są potrzebne, by podnieść odporność sieci dostaw na zakłócenia?

Głównym problemem podejmowanym w niniejszej monografii jest opracowanie ram koncepcyjnych i praktycznych rozwiązań dla inteligentnej logistyki informacji w Gospodarce 5.0. Problem ten ma charakter interdyscyplinarny, łącząc perspektywy: zarządzania łańcuchem dostaw, systemów informacyjnych, sztucznej inteligencji oraz zrównoważonego rozwoju. W centrum uwagi znajduje się pytanie, jak efektywnie zarządzać strumieniami informacji w zaawansowanej technologicznie gospodarce, jednocześnie włączając w ten proces kreatywność i kontrolę człowieka. Wyzwaniem jest integracja systemów cyfrowych z czynnikiem ludzkim, tak aby współczesna logistyka łączyła efektywnie inteligencję ludzi z wydajnością maszyn. Wymaga to wdrożenia nie tylko odpowiednich narzędzi, lecz także nowych metod organizacji pracy i podejmowania decyzji. Ponadto podjęcie tej tematyki jest naturalną kontynuacją wcześniejszych badań autorów nad logistyką informacji w Gospodarce 4.0. Wspomniana monografia z 2020 roku stanowiła fundament teoretyczny, zdefiniowała podstawowe pojęcia i narzędzia logistyki informacji oraz wskazała, jak cyfryzacja procesów biznesowych może budować przewagę konkurencyjną przedsiębiorstw. Obecna monografia rozwija te zagadnienia o inteligentny wymiar Gospodarki 5.0. Bazując na dotychczasowych ustaleniach, analizuje nowy kontekst, w którym technologia ma współpracować z człowiekiem, a nie go zastępować. Wprowadzone zostają wątki humanizacji technologii i zrównoważonego rozwoju, które wcześniej były marginalne w dyskursie Gospodarki 4.0, a teraz stają się kluczowe dla projektowania systemów logistycznych przyszłości.

Pierwszy rozdział przedstawia ramy teoretyczne Gospodarki 5.0, ze szczególnym uwzględnieniem logistyki informacji, definiuje kluczowe pojęcia oraz dokonuje przeglądu literatury światowej z tego zakresu. W rozdziale tym przedstawiona została ewolucja gospodarki do 5.0 oraz zdefiniowane kluczowe czynniki inicjujące tę przemianę. Wskazano również rolę człowieka w nowym paradygmacie gospodarczym.

Rozdział drugi przedstawia opis kluczowych technologii cyfrowych, które stanowią główny filar rozwoju współczesnej gospodarki. W rozdziale tym autorzy podjęli próbę usystematyzowania podejścia do sztucznej inteligencji, jej klasyfikacji oraz omówili możliwość jej wykorzystania w logistyce informacji. Omówiono również rolę i znaczenie

analityki *big data* oraz wykorzystania technologii *blockchain* w zabezpieczeniu rozproszonych danych. Poruszone zostały również aspekty cyberbezpieczeństwa IT i OT, zarówno w kontekście integracji systemów, jak i ram prawnych w skali europejskiej oraz międzynarodowej. Opisano również technologię uczenia maszynowego oraz możliwość zastosowania w Gospodarcie 5.0.

Rozdział trzeci porusza aspekty synergii świata cyfrowego ze światem fizycznym. Przedstawione zostały główne technologie cyberfizyczne w inteligentnej logistyce informacji. Do głównych technologii napędzających rozwój gospodarczy autorzy zaliczyli m.in.: Internet Rzeczy, robotyzację i automatyzację oraz technologie immersyjne i addytywne.

Czwarty rozdział poświęcony został aspektom zrównoważonego rozwoju w Gospodarcie 5.0. W rozdziale tym autorzy podjęli próbę uwidocznienia, w jaki sposób technologie cyfrowe oraz cyberfizyczne wspierają zrównoważony rozwój, tym samym wpisując się w ramy Gospodarki 5.0.

Rozdział piąty związany jest w dużej mierze z wyzwaniami, przed jakimi staną przedsiębiorstwa w erze Gospodarki 5.0. Autorzy omawiają, w jaki sposób powszechna cyfryzacja, wykorzystanie sztucznej inteligencji oraz innych technologii cyfrowych wpłyną na rynek pracy oraz na człowieka. W rozdziale tym zdefiniowano, jakie kompetencje pracowników będą kluczowe w gospodarce przyszłości. Wskazano również bariery implementacji technologii oraz przejścia z Gospodarki 4.0 na Gospodarkę 5.0. Podjęto też próbę zidentyfikowania kierunków rozwoju technologii oraz możliwych scenariuszy ewolucji logistyki w nadchodzących dekadach.

Autorzy wyrażają nadzieję, że poruszane w niniejszym opracowaniu tematy zainteresują Czytelnika, a przede wszystkim przekonają do dalszego pogłębiania wiedzy z zakresu logistyki i nowoczesnych technologii.

Dariusz Weiland
Patryk Wierzbowski

Sopot, 23 czerwca 2025 roku