

e-mentor

DWUMIESIĘCZNIK SZKOŁY GŁÓWNEJ HANDLOWEJ W WARSZAWIE
WSPÓŁWYDAWCA: FUNDACJA PROMOCJI I AKREDYTACJI KIERUNKÓW EKONOMICZNYCH

2024, nr 1 (103)



Kuraś, P., Organiściak, P., Kowal, B., Strzałka, D. i Demidowski, K. (2024). Integracja systemów płatniczych w IoE oraz metaverse – wyzwania i przyszłość e-commerce w wirtualnym świecie. *e-mentor*, 1(103), 74–85. <https://doi.org/10.15219/em103.1650>



Paweł
Kuraś

Integracja systemów płatniczych w IoE oraz metaverse – wyzwania i przyszłość e-commerce w wirtualnym świecie

Integration of payment systems in the metaverse – challenges and the future of e-commerce in the virtual world

Abstract

In the era of the burgeoning metaverse, integration of payment systems is becoming a key element to enable seamless and secure transactions in virtual environments. This paper focuses on an analysis of current payment solutions in the metaverse, as well as their challenges and future prospects. The first part of the paper discusses existing payment systems available in the metaverse, including cryptocurrencies, tokens and traditional payment methods, highlighting their impact on transaction dynamics and the perception of value in the virtual world.

The main challenges of integrating these systems are then presented, such as data security, identity verification, complex processes for exchanging currencies (crypto and traditional), and interoperability issues between different virtual environments. In the final part of the paper we focus on the future of e-commerce in the metaverse, considering what technological innovations may affect the shape and nature of commerce in the virtual world, and what opportunities lie ahead for entrepreneurs and developers in terms of creating new business models. The conclusions of this publication highlight the importance of proper integration of payment systems in the metaverse for achieving sustainable and balanced e-commerce development in virtual environments, as well as underscoring the need for further research and innovation in this field to meet users' growing expectations and provide them with secure and efficient payment methods.

Keywords: metaverse, payment systems, virtual e-commerce, technology integration, cryptocurrencies, transaction security, blockchain, augmented reality (AR)



Patryk
Organiściak



Bartosz
Kowal



Dominik
Strzałka



Krzysztof
Demidowski

Wstęp

Metaverse, jako nowa fala innowacji, zwiastuje znaczące przeobrażenia w sferze e-commerce, prognozując stworzenie wartości na poziomie 5 bilionów dolarów do 2030 roku (Buzzell i in., 2023). Ta wirtualna, trójwymiarowa przestrzeń oparta na połączeniu kluczowych technologii jak rozszerzona rzeczywistość, blockchain, AI, IoT icyfrowe bliźniaki, otwiera przed nami rzeczywistość, która nie tylko rozszerza, ale w pewnych aspektach zastępuje fizyczny wymiar interakcji społecznych i gospodarczych (Mozumder i in., 2023; Rawat i El Alami, 2023; Verma i Dangi, 2022).

Kluczową rolę w budowie metaversów odgrywa integracja systemów płatniczych umożliwiających płynne transakcje (Buzzell i in., 2023). Ich rozwój w metaświecie napotyka na wyzwania związane z brakiem standaryzacji infrastruktury płatniczej

Paweł Kuraś, Politechnika Rzeszowska, <http://orcid.org/0000-0002-8658-0821>

Patryk Organiściak, Politechnika Rzeszowska, <http://orcid.org/0000-0002-5277-4038>

Bartosz Kowal, Politechnika Rzeszowska, <http://orcid.org/0000-0002-7909-6484>

Dominik Strzałka, Politechnika Rzeszowska, <http://orcid.org/0000-0002-8887-4321>

Krzysztof Demidowski, Politechnika Rzeszowska, <http://orcid.org/0009-0004-6376-0709>

oraz z różnorodnością walut wirtualnych, które są fragmentarycznie rozproszone po różnych platformach (Lau, 2023; Yong Lee, 2023). Konsument, średnio zaangażowany w pięć różnych metawersowych platform, oczekuje rozwiązań, które pozwolą mu na bezproblemowe zarządzanie swoimi aktywami cyfrowymi (Lau, 2023). Wybór odpowiedniego blockchaina i kreacja nowej warstwy technologicznej stanowią istotne etapy w tworzeniu usług płatniczych, które wymagają specjalistycznej wiedzy i zasobów (Bucquet, 2023). Zrozumienie demografii i psychografii konsumentów jest kluczowe dla określenia priorytetów w metaverse, zwłaszcza pod kątem ich zainteresowania różnymi kategoriami e-commerce (Buzzell i in., 2023). W kontekście przenikania się różnych branż, jak na przykład hotelarstwa, wyzwaniem staje się tworzenie angażujących doświadczeń, które wykorzystują potencjał metawersum do zwiększania immersyjności, interakcji społecznościowej oraz personalizacji (Chen, 2023). Elastyczność i adaptacja wydają się być niezbędne dla maksymalizacji wartości wynikającej z oferty metaverse, co wiąże się z wysokimi wymaganiami wydajnościowymi w zakresie przetwarzania danych i obsługi interaktywnych doświadczeń w czasie rzeczywistym (Buzzell i in., 2023; Nedunuri, 2023).

Metaverse a internet wszechrzeczy (IoE)

Internet rzeczy (IoT) i metaverse tworzą synergiczną relację, która ma potencjał znacznie wzbogacić wirtualne środowiska (Li i in., 2022, s. 4148–4173). IoT, łącząc tysiące urządzeń w jedną sieć danych (Adryan i in., 2017), ma szansę przekształcić metaświat, umożliwiając mapowanie danych z rzeczywistości do cyfrowego uniwersum w czasie rzeczywistym, co przyczyni się do tworzenia bardziej realistycznych doświadczeń wirtualnych (Murala i Panda, 2023). IoT w metaverse ma już dziś realne zastosowanie w takich obszarach jak zdalna opieka zdrowotna (Bansal i in., 2022; Musamih i in., 2022; Petrigna i Musumeci, 2022; Song i Qin, 2022; Thomason, 2021; Wang i in., 2022), edukacja (Maheswari i in., 2022; Paszkiewicz i in., 2021a; 2021b; 2023; Stanoewska-Slabeva, 2022), inteligentne miasta (Alam i in., 2022; Kusuma i Supangkat, 2021; Pawłowicz i in., 2020a; 2020b), rozrywka (Li i Song, 2022), nieruchomości (Azmi i in., 2023) i interakcje społeczne (Veeraiah i in., 2022), które zyskują na wartości dzięki możliwościom, jakie oferują mieszane realia AR i VR (Xi i in., 2023). Aby spełnić cztery podstawowe (widoczne na rysunku 1) wymagania metaverse (Cheng, 2023) inspirowanego IoT – zaufanie i użyteczność, niską latencję transmisji danych, niezauważalne czasy odpowiedzi oraz połączenie replik cyfrowych z fizycznymi produktami i usługami – niezbędne są kluczowe technologie, takie jak odpowiedzialna AI (Wu, 2022), szybka komunikacja danych, obliczenia brzegowe (Burakowski i in., 2022) i cyfrowe bliźniaki (Batty, 2018; Far i Rad, 2022; Lu i in., 2022). Jednakże dalszy rozwój i implementacja metawersum zasila-

nego przez IoT musi rozwiązać krytyczne kwestie, w tym przetwarzanie danych (Zhang i in., 2022), bezpieczeństwo i prywatność (Di Pietro i Cresci, 2021), modelowanie 3D w czasie rzeczywistym (Gao i Yang, 2023), skalowalność światów cyfrowych (Cheng i in., 2022), interoperacyjność i ujednoczenie platform wirtualnych (Li, 2023) oraz bariery świata fizycznego (Visconti, 2022).

Integracja internetu rzeczy (IoT) z metaverse (rysunek 2) ewoluje poprzez koncepcję internetu wszechrzeczy (Internet of Everything – IoE), tworząc ekosystem łączący ludzi, procesy, dane i urządzenia (Far i in., 2023; Jagatheesaperumal i in., 2022; Maier i in., 2020). Transformacja ta jest napędzana przez dynamiczny rozwój technologii AI i 6G, które umożliwiają inteligentne połączenia w IoE (Sajid, 2023). IoE rozszerza IoT, pozwalając nie tylko na komunikację maszyna – maszyna (Verma i in., 2016), ale także włączając ludzi i procesy w inteligentne sieci, które zbierają, przekazują i analizują dane w czasie rzeczywistym, co przekłada się na różnorodne zastosowania, takie jak inteligentne systemy opieki zdrowotnej (Periyasamy i Akash, 2021), usprawniona produkcja (Won i in., 2021), precyzyjne rolnictwo (Mohapatra i Rath, 2022), monitorowanie środowiska (Adenugba i in., 2019) oraz innowacje w transporcie (Badii i in., 2018). Rozwój IoE przyniesie przełomowe zmiany we wszystkich sektorach gospodarki, wykorzystując połączenie inteligentnych urządzeń, zaawansowanej analityki danych i predykcyjnych modeli AI do optymalizacji zasobów i procesów, co ma kluczowe znaczenie dla osiągnięcia zrównoważonego rozwoju (Mohammadian, 2019; Nozari i in., 2021; Tien-Dung i in., 2022).

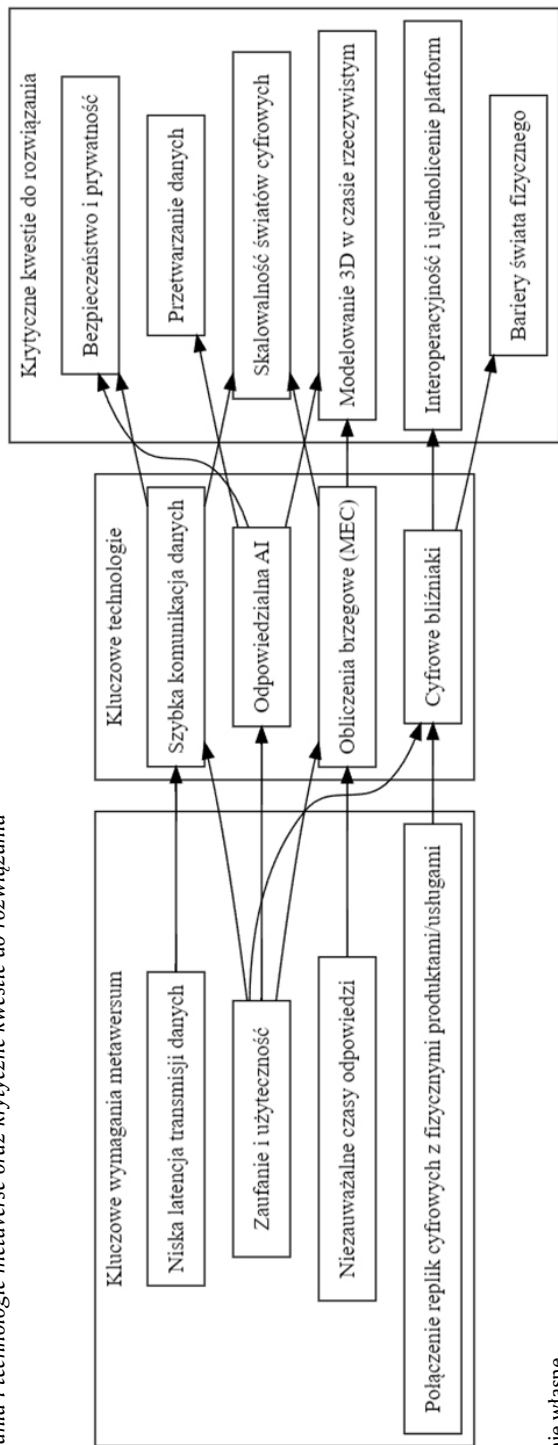
Koncepcja internetu wszechrzeczy, która umożliwia pełną i nieskrępowaną interakcję między cyfrowym a rzeczywistym światem, wymaga nie tylko zaawansowanych systemów AI i 6G, ale także sprawnie funkcjonujących systemów płatności (Gopal i in., 2023; Lavaur i in., 2022; Mohanty, 2020). Muszą one być w stanie obsługiwać transakcje w czasie rzeczywistym, zapewniając płynność i bezpieczeństwo finansowe użytkowników w różnorodnych dziedzinach – od handlu wirtualnymi dobrami po usługi zdrowotne i edukacyjne w metaverse (Mohanty, 2020). Bez efektywnych systemów płatniczych pełen potencjał IoE w metaświecie nie może zostać w pełni wykorzystany (Far i in., 2023).

Obecne systemy płatnicze w metaverse

Metaverse, rozumiany jako Web 3.0, stanowi nową erę wirtualnej interakcji, w której kryptowaluty i blockchain odgrywają kluczową rolę jako infrastruktura wspierająca unikalne ekonomie cyfrowe (Nedunuri, 2023). Technologie te umożliwiają zarówno globalne transakcje bez granic, jak i zdecentralizowaną wymianę wartości z wykorzystaniem tokenów i NFT (non-fungible tokens) w charakterze środków własności cyfrowej. Jednocześnie tradycyjne metody płatnicze nadal istnieją w tym świecie, zwłaszcza w ramach gier

Rysunek 1

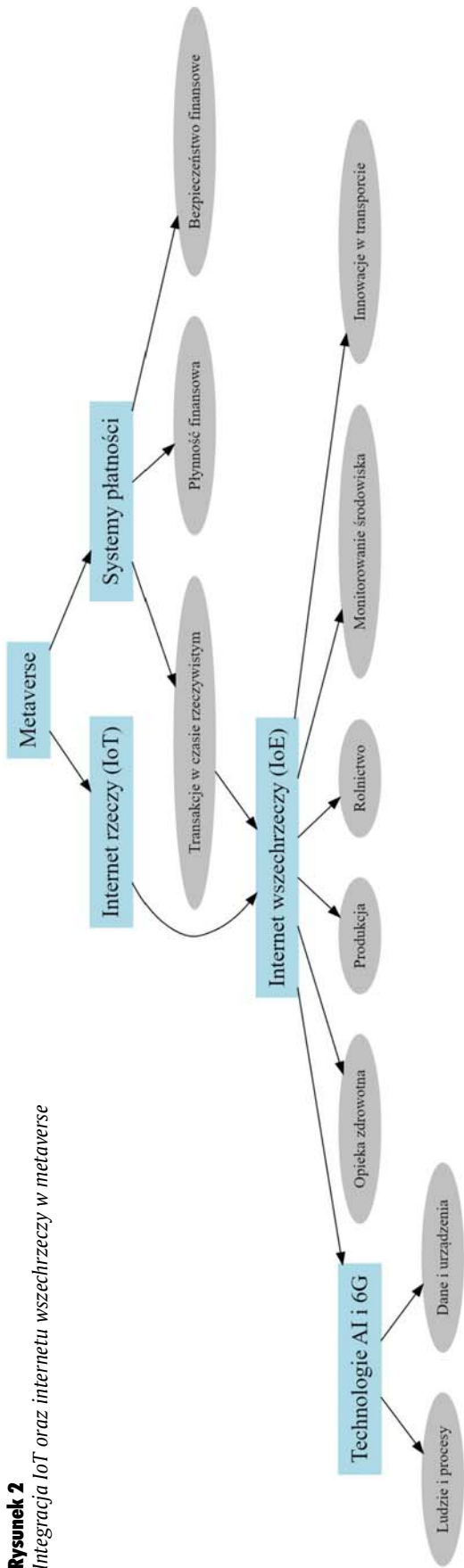
Kluczowe wymagania i technologie metaverse oraz krytyczne kwestie do rozwiązania



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 2

Integracja IoT oraz internetu wszechzręczny w metaverse



Źródło: opracowanie własne.

wideo, które służą jako wstępne pole do eksploracji ekonomii metaverse (Umoinyang, 2023). Rośnie potrzeba integracji metod tradycyjnych z nowymi modelami cyfrowymi, co z kolei wymaga rozwijania infrastruktur płatniczych oraz dostosowywania się do zmieniających się zachowań konsumenckich i technologicznej dojrzałości metaświata (Kadio-Morokro, 2023; Nedunuri, 2023; Umoinyang, 2023).

Kryptowaluty oraz tokeny NFT w świecie metaverse

Kryptowaluty i tokeny NFT wykorzystujące niezmienny charakter blockchainu umożliwiają tokenizację majątku, co z kolei rewolucjonizuje pojęcie posiadania w metaverse. Te technologie wirtualizują posiadanie aktywów, przekształcając je w interaktywne doświadczenia, które zacierają granicę między światami fizycznymi a cyfrowymi, tworząc bardziej immersyjne i dynamiczne formy własności, które są zarazem prywatne i głęboko osobiste (Akash, 2023; Falchuk i in., 2018). Rozwój tej przestrzeni zależy od przejrzystości, bezpieczeństwa i zaufania, które są kluczowe dla masowego przyjęcia metaverse. Blockchain i kryptowaluty nie tylko wspierają istniejące modele gospodarcze, ale także dają nowe szanse twórcom, umożliwiając im monetyzację treści i artystycznych wytworów, zapewniając infrastrukturę płatniczą, która jest integralną częścią tego cyfrowego ekosystemu.

Kryptowaluty w metaverse nie są już tylko spekulacyjnym aktywem, ale kluczowym składnikiem infrastruktury tego wirtualnego świata umożliwiającym realizację idei cyfrowej własności poprzez tokenizację majątku (Belk i in., 2022; Osivand, 2021). Ta przemiana praw majątkowych w tokeny blockchainowe daje nowe szanse ekonomiczne użytkownikom, umożliwiając handel, zabezpieczanie cyfrowych aktywów oraz zarządzanie nimi. Mogą to być np. nieruchomości wirtualne (Asara, 2022; Jin, 2022; Radhakrishna, 2022) czy dzieła sztuki cyfrowej (Alpini, 2023; Bsteh, 2021; Kulakova, 2022; Rafli, 2022). Decentralizacja i technologie blockchain przynoszą większą dostępność oraz inkluzję finansową (Megale, 2022), eliminując pośredników (Gurtu i Johny, 2019; Sobiecki i Szwed-Ziemichód, 2019) i ułatwiając bezpośrednie transakcje peer-to-peer (Tamplin, 2023). Dodatkowo, wprowadzenie smart kontraktów i zdecentralizowanych aplikacji (DApps) na platformach metaverse umożliwi automatyzację i zwiększenie bezpieczeństwa transakcji (Gilmour, 2022; Lenczewski Martins, 2020; Matejkowski i Szmyd, 2023; Maksymyuk i in., 2022; Oppenlaender, 2022). Symbioza tych technologii z metaświatem ma potencjał, aby zrewolucjonizować przemysł detaliczny i handel, tworząc immersyjne doświadczenia zakupowe i zwiększając prywatność oraz bezpieczeństwo danych użytkowników (Maksymyuk i in., 2022).

Każdy z popularnych (Mobile App Daily, 2024) metaświatów posiada unikatowy system używanych tokenów. Decentraland to społecznościowy metaverse

z kapitalizacją rynkową wynoszącą około 1,47 miliarda USD, gdzie użytkownicy mogą kupować wirtualne ziemie, nosić ubrania i tworzyć postacie za pomocą tokenów MANA (Goanta, 2020; Guidi i Michienzi, 2022; Kemec, 2022). The Sandbox, zbudowany na ethereum, jest drugim pod względem popularności metaversum po Decentralandzie, z kapitalizacją rynkową 1,11 miliarda USD. Użytkownicy mogą budować, posiadać i sprzedawać swoje gry, a także publikować NFT, korzystając z tokena SAND (Gudum i Erdinc, 2022; Shah i Bahri, 2022). Axie Infinity to gra oparta na ethereum z awatarami przypominającymi zwierzęta, o kapitalizacji rynkowej miliard USD. Użytkownicy mogą wykorzystywać rodzime tokeny AXS (Axie Infinity Shards) i SLP (Smooth Love Potion) do zarządzania i zakupu NFT oraz awatarów (Delic i Delfabbro, 2022). GALA to platforma oparta na grach, która umożliwia użytkownikom wymianę wirtualnych towarów i ma kapitalizację rynkową wynoszącą 0,65 miliarda USD. Użytkownicy mogą korzystać z tokena GALA do zarządzania siecią, nagradzania i motywowania operatorów węzłów (Kiong, 2022).

Kryptowaluty są mniej fragmentaryczne niż dzisiejsze waluty w grach, takie jak robux (używane w grze Roblox) czy punkty CoD (używane w grach serii Call of Duty), ponieważ obsługują dwustronną wymianę (z USD na aktywo i z powrotem) oraz są interoperacyjne; na przykład waluta używana w Decentraland może być wykorzystywana także w Axie Infinity dzięki dużemu rynkowi giełd wymiany takich jak Coinbase czy Blockworks. Użytkownik zakłada konto na platformie metaversum takiej jak Decentraland lub Sandbox. Następnie tworzy portfel kryptowalutowy na giełdzie, wymienia walutę fiducyjną na wybraną kryptowalutę, zaś ostatnim krokiem jest używanie tokenu w portfelu kryptowalutowym do przeprowadzania transakcji.

Tradycyjne metody płatności oraz kroki korporacji oraz tradycyjnych instytucji finansowych w celu integracji z metaverse

Chociaż to kryptowaluty są napopularniejsze w metaverse (Radanliev, 2023), istnieje tam nadal miejsce dla waluty fiducyjnej i tradycyjnych metod płatności (Vidal-Tomás, 2023). Mikrotransakcje w grach na platformach do gier online to lukratywne przedsięwzięcie. Na przykład Fortnite generuje miliardy dolarów zysku rocznie ze sprzedaży cyfrowych dóbr swoim graczom (Schöber i Stadtmann, 2020). Transakcje te zwykle realizowane są przy użyciu waluty fiducyjnej. Wyróżniamy dwa typy transakcji opartych na walucie fiducyjnej: pierwszy korzysta z centralnych procesorów takich jak PayPal i główne sieci kart kredytowych, a drugi z wirtualnej waluty, którą można kupić za walutę fiducyjną, takiej jak FC Coins w EA Sports FC (Terry i Keeney, 2022).

Operowanie kryptowalutami nie niesie ze sobą korzyści płynących z łatwego procesu, takich jak

płatności jednym kliknięciem czy znajomość tradycyjnych metod płatności przez większą część społeczeństwa (Dugan, 2018). Łącząc bezpieczeństwo krypto z łatwością procesów w tradycyjnych metodach płatności, metaverse mógłby stać się bardziej dostępny dla rynku (Huggett, 2020). Zauważając potencjał, istotne korporacje i instytucje finansowe podejmują kroki w celu integracji z nowoczesnymi metodami płatności. Fidelity Investments uruchomiła dwa nowe fundusze indeksowe skoncentrowane na kryptowalutach i metawersum, umożliwiające inwestowanie w firmy rozwijające ten sektor. JP Morgan otworzył Onyx Lounge w Decentraland, widząc w metaświecie możliwość generowania przychodów na poziomie miliarda dolarów rocznie (Dailey, 2023). American Express złożył wnioski o znaki towarowe związane z płatnościami wirtualnymi i biznesem elektronicznym, w tym dla mediów cyfrowych i NFT (Bellusci, 2023). Visa złożyła dwa wnioski o znaki towarowe w USPTO w kontekście portfeli cyfrowych, NFT i metaverse (Pessarlay, 2022); podobny ruch wykonał też ich największy konkurent – MasterCard (Zirojevic, 2023). HSBC, mimo wcześniejszej krytyki kryptowalut (Vieira i in., 2017), zakupił wirtualne nieruchomości w Sandbox (Chittum, 2022). LeewayHertz, firma zajmująca się rozwojem oprogramowania i blockchainem, wprowadziła jedno z pierwszych rozwiązań płatniczych dla metaverse opartych na technologii rozproszonych rejestrów, kryptowalutach i inteligentnych kontraktach wspierających decentralizację systemu płatniczego w metaświecie (LeewayHertz, 2022). Przykłady można mnożyć, ale pokazują ogólne nastroje panujące w branży i to nawet pomimo załamania się rynku metaverse w 2023 roku (Robison, 2023). Niemal każda dojrzewająca technologia musi mierzyć się z eskalacją tzw. hype i rozładowaniem powstającej bańki zainteresowania, co pokazały różne przełomowe rozwiązania w przeszłości, a „pęknięcie” może nawet świadczyć o dojrzałości technologii i rozwoju w bardziej wyważony sposób (Dedehayir i Steinert, 2016, s. 28).

Wyzwania integracyjne systemów płatności w metaświecie

W miarę jak metaverse ewoluuje, integracja nowoczesnych systemów płatności opartych na blockchainie z tradycyjnymi systemami bankowymi staje się kluczowym wyzwaniem (Birch i Richardson, 2023). Blockchain, będąc technologią wymagającą dużej mocy obliczeniowej (Pass i Shi, 2017) i wciąż rozwijającą się (Whig, 2023), musi znaleźć wspólny mianownik z długowieczną, ale często statyczną infrastrukturą mainframe, która jest podstawą tradycyjnych systemów bankowych i sięga korzeniami aż do lat 60. XX wieku (Patterson, 2018). Również liczba potencjalnych oszustw płatniczych wymagać będzie zaangażowania nowoczesnych technik uczenia maszynowego do ich sprawnego wykrywania. Jednocześnie pamiętać należy o zachowaniu prywatności, zgodności z przepisami i regulacjami

bankowymi, a także o kwestiach bezpieczeństwa danych użytkownika, łącząc to ze zmniejszeniem zapotrzebowania na energię elektryczną, zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, które musi stosować sektor bankowy (a także publiczny) (Kim i in., 2022; Szpringer, 2016).

Zdolność reagowania na incydenty i skalowalność

Skalowalność systemów mainframe stanowi znaczące wyzwanie w kontekście dynamicznie rozwijającego się metaverse, który charakteryzuje się zmiennymi i intensywnymi obciążeniami transakcyjnymi. Mainframe, komputery kompatybilne z linią IBM System/360 z 1965 roku nie posiadają formalnej definicji, lecz wyróżniają się zdolnością do długotrwałej, nieprzerwanej pracy i wysokiej dostępności. Są w stanie uruchamiać równoległe różne instancje systemów operacyjnych, wykorzystując technikę maszyn wirtualnych, jednak nie są to superkomputery (Patterson, 2018).

W obliczu wzrastających kosztów administracji oraz zanikających zasobów ludzkich zdolnych do obsługi mainframe (Bridgwater, 2016) pojawia się pytanie o możliwość wspierania administratorów za pomocą technik uczenia maszynowego (ML). Potrzebne jest zbudowanie inteligentnego systemu monitorowania środowiska mainframe w czasie rzeczywistym (Altman i Segal, 2023), który będzie optymalizował efektywność pracy informatyka i skracał czas rozwiązywania problemów przy minimalnym wpływie na wydajność systemu, nad czym pracują niektóre firmy (Strzałka i in., 2021). Takie rozwiązanie powinno wykorzystywać algorytmy ML do automatyzacji analizy tysięcy metryk pochodzących z takich maszyn, detekcji anomalii oraz identyfikacji ukrytych zależności pomiędzy wykrytymi anomaliami (rysunek 3).

Korporacje na całym świecie stopniowo odchodzą od tradycyjnych systemów mainframe na rzecz nowocześniejszych technologii, które oferują większą skalowalność, elastyczność i efektywność kosztową (Herrmann, 2023). Rozwiązania chmurowe (Szpringer, 2016; Węgrzyn, 2020), mikrouslugi (Megargel i in., 2020), konteneryzacja z wykorzystaniem Dockera i zarządzanie przy pomocy Kubernetes, a także bezserwerowe obliczenia (Kuznetsova i in., 2021) przynoszą rewolucję w przetwarzaniu danych i wdrażaniu aplikacji. Dodatkowo blockchain wprowadza nowy wymiar w zarządzaniu danymi, zapewniając bezprecedensowe bezpieczeństwo i przejrzystość, co jest kluczowe dla systemów płatności, zarządzania tożsamością oraz weryfikacji danych w rozproszonych systemach (Międlar, 2019). Te nowe technologie wspierają dynamiczny rozwój cyfrowych ekosystemów i są bardziej dostosowane do potrzeb współczesnych przedsiębiorstw niż mainframe, choć nie jest możliwe natychmiastowe porzucenie dotychczasowej technologii ze względu na konieczność zachowania ciągłości pracy systemu i bardzo wysokie koszty migracji (Herrmann, 2023).

Rysunek 3

Schemat ideowy systemu reagującego na zdarzenia w systemie bankowym



Źródło: opracowanie własne.

Wykrywanie oszustw w zgodzie z przepisami i zasadami ochrony prywatności oraz bezpieczeństwa

Wykrywanie oszustw płatniczych w erze cyfrowej transformacji wymaga zaawansowanych technik uczenia maszynowego, które potrafią identyfikować nieprawidłowości i podejrzane wzorce transakcji w czasie rzeczywistym. Przy użyciu algorytmów ML systemy mogą uczyć się z historii transakcji, wyłapując chargebacki, kradzieże tożsamości oraz inne rodzaje oszustw finansowych, zarówno w tradycyjnych systemach płatniczych, jak i w transakcjach kryptowalutowych (Varmedja i in., 2019). Jednak wyzwaniem jest utrzymanie równowagi między wykrywaniem oszustw a ochroną prywatności, co wymaga przestrzegania rygorystycznych regulacji dotyczących poufności danych (Găbudeanu i in., 2021). Dodatkowo systemy te muszą być zgodne z powstającymi przepisami regulującymi zarówno funkcjonowanie kryptowalut na rynkach, np. Unii Europejskiej i innych obszarów gospodarczych (Meszka, 2023; Tomczak 2023), jak i tradycyjne usługi finansowe, jednocześnie zapewniając bezpieczeństwo danych w obliczu integracji otwartych systemów blockchain z tradycyjnymi, zamkniętymi systemami bankowymi (Josyula, 2023). Poczucie bezpieczeństwa konsumentów budzi ich zaufanie do korzystania z całego systemu, szczególnie w sektorze finansowym (Lubowiecki-Vikuk i Kasprzak, 2020).

Utrzymanie równowagi między wykrywaniem oszustw a ochroną prywatności stanowi istotne

wyzwanie w zintegrowanych systemach płatności, gdzie zaawansowane techniki uczenia maszynowego są stosowane do monitorowania transakcji (Bubicz, 2022). Algorytmy ML są w stanie analizować ogromne zbiory danych w poszukiwaniu anomalii sugerujących oszustwa, ale muszą to robić w sposób zgodny z przepisami o ochronie danych osobowych, takimi jak ogólne rozporządzenie o ochronie danych (General Data Protection Regulation – GDPR) (Bubicz, 2022). Obejmuje to anonimizację danych, zasady minimalizacji danych oraz zapewnienie, że użytkownicy mają kontrolę nad swoimi danymi osobowymi (Bubicz, 2022; Dziubek, 2023).

Dodatkowo konieczność zachowania zgodności systemów wykrywania oszustw z regulacjami finansowymi oznacza, że muszą one być elastyczne, aby dostosowywać się do ciągle zmieniającego się krajobrazu prawnego (Cherif i in., 2022; Mamonov, 2023). W przypadku kryptowalut istnieje potrzeba tworzenia nowych ram prawnych, które będą regulować te innowacyjne formy płatności; podejmowane są także realne działania (Meszka, 2023; Tomczak, 2023). Dla tradycyjnych usług finansowych to z kolei oznacza aktualizację istniejących systemów zgodnie z nowymi przepisami i wytycznymi (Broome, 2019; Gorzkowska, 2019; Marszałek, 2019; Mirecka, 2018).

Wreszcie, bezpieczeństwo danych w integracji blockchain z systemami bankowymi wymaga rozwiązania paradoksu pomiędzy niezmiennymi i transparentnymi cechami blockchain a koniecznością zachowania poufności i bezpieczeństwa danych w systemach bankowych (Broome, 2019). Blockchain, z jego

zdecentralizowaną naturą, oferuje bezprecedensowe bezpieczeństwo transakcji, jednak jego integracja z prywatnymi i regulowanymi systemami bankowymi wymaga tworzenia nowych metod szyfrowania i protokołów bezpieczeństwa, które będą chronić dane użytkowników zgodnie z obowiązującymi przepisami o ochronie prywatności (Mishra i Kaushtik, 2023). W kontekście metaversum wyzwaniem jest zapewnienie zaawansowanego wykrywania oszustw przy użyciu technik uczenia maszynowego i jednocześnie chronienie prywatności użytkowników i przestrzeganie regulacji finansowych (Huang i in., 2023). Bezpieczeństwo danych musi być priorytetem podczas integracji technologii blockchain z tradycyjnymi systemami bankowymi, by metaverse mógł rozwinąć się jako bezpieczne i regulowane środowisko cyfrowe (Sunny, 2023).

Zmniejszanie zapotrzebowania na energię elektryczną

Zarządzanie wysokim zapotrzebowaniem na moc obliczeniową, która jest niezbędna do działania technologii blockchain, jest jednym z głównych wyzwań w kontekście transformacji energetycznej (Orzechowski i Bombol, 2022). Blockchain, ze względu na intensywną konsumpcję energii, szczególnie w procesie wydobywania kryptowalut, jest niezgodny z globalnymi dążeniami do redukcji emisji i efektywności energetycznej (Denisova, 2019). W opozycji pojawiają się nowe technologie takie jak analog computing, które, wykorzystując mniej zasobów energetycznych, mogą przyczynić się do rozwoju energooszczędnych rozwiązań w metaświecie i płatnościach cyfrowych, stanowiąc potencjalną alternatywę dla energochłonnego blockchaina (Pai, 2022; Pai i in., 2023).

Analog computing, wyróżniający się energooszczędnością, ma potencjał, aby zrewolucjonizować płatności cyfrowe, zwłaszcza w kontekście metaverse. Jego przewaga nad tradycyjnymi cyfrowymi systemami polega na tym, że może pozostawać pasywny, kiedy nie wykonuje obliczeń, co znacznie obniża zużycie energii (Pai i in., 2023). W przeciwieństwie do tego, systemy cyfrowe wymagają ciągłego zasilania, nawet w stanie bezczynności (Pai, 2022). Wprowadzenie analogowych systemów obliczeniowych do zarządzania płatnościami w metaversum może przynieść znaczące korzyści energetyczne, redukując koszty i wpływając pozytywnie na środowisko, co jest kluczowe w obliczu globalnej transformacji energetycznej i poszukiwania bardziej zrównoważonych technologii (Pai, 2022; Pai i in., 2023).

Nie można też na obecnym etapie rozwoju oprzeć całości systemów płatniczych metaświatów na raczkującej wciąż technologii analog computing (Maley, 2023). Dlatego w systemach cyfrowych wybór języka programowania ma kluczowe znaczenie dla efektywności energetycznej aplikacji, a w związku z rosnącą świadomością ekologiczną, programiści ponownie zaczynają doceniać języki niskopoziomowe. Języki te, takie jak C czy Rust, umożliwiają

szczegółową kontrolę nad zasobami sprzętowymi, co może prowadzić do zwiększenia wydajności kodu, który w efekcie tego zużywa mniej energii (Mehta, 2021). W erze green codingu, gdzie każdy cykl procesora ma znaczenie, powrót do bardziej natywnego podejścia do programowania może przyczynić się do zmniejszenia śladu węglowego technologii IT, wspierając jednocześnie zrównoważony rozwój metaverse i płatności cyfrowych (Verdecchia i in., 2021). Istotnie, popularność Pythona w ekosystemie blockchain wynika z jego prostoty i elastyczności, co ułatwia tworzenie prototypów i szybkie wdrażanie projektów (Wickert i in., 2021). Python, będąc językiem interpretowanym, często wymaga większej mocy obliczeniowej, a to przekłada się na większe zapotrzebowanie na energię (Mehta, 2021). Zwracanie uwagi na niskopoziomowe języki w kontekście green codingu może być korzystne dla środowiska, gdyż pozwala na precyzyjniejsze zarządzanie zasobami sprzętowymi szczególnie istotne przy rosnącej ilości obliczeń w systemach płatności cyfrowych i metaverse (Katal i in., 2023).

Przyszłość e-commerce w metaverse (lub metaverse w e-commerce)

Badania Capgemini wykazują, że 93% konsumentów na świecie jest zainteresowanych metaversum, z czego 51% chciałoby go aktywnie używać (Capgemini, 2023). Eksperti, tak jak Arnaud Bouchard z Armatis, podkreślają olbrzymi potencjał metaverse w kreowaniu nowych doświadczeń dla klientów, co jest kluczowym elementem wyróżniającym marki (Bouchard, 2022). Jednakże istnieje również niepewność dotycząca definicji i konturów metaświata. Także konsumentom i ekspertom towarzyszą mieszane odczucia. Niektórzy obawiają się perspektywy spędzania czasu w goglach VR, podczas gdy inni z entuzjazmem patrzą na te technologie (Lin i in., 2017). Komisja Europejska planuje zająć się przyszłymi przypadkami używania metaversum i związanymi z tym regulacjami (Bertuzzi, 2023).

Oprócz tego zauważa się potrzebę nowego podejścia do relacji z klientem, jak również zagadnienia etyczne, które wymagają klarownej definicji w kontekście metaverse (Fernandez i Hui, 2022; Szpringer, 2023). Przykładem wdrożenia go w e-commerce jest Flipkart, który uruchomił eksperymentalną ofertę metaverse, umożliwiając klientom nowe sposoby przeglądania i zakupu produktów (ETTech, 2022). Podobnie inne globalne marki, takie jak Gucci (Joy i in., 2022; Leahy i Delehanty, 2022) czy Nike (Demir i in., 2023; Sawhney i Goodman, 2023) podjęły pierwsze inicjatywy w metaświecie, pokazując ogromne możliwości połączenia świata wirtualnego z rzeczywistym w kontekście e-commerce (Leahy i Delehanty, 2022). Pomimo wyzwań metaverse ma potencjał rewolucjonizowania handlu elektronicznego, oferując nowe, bogate w doświadczenia interakcje między konsumentami a markami (Demir i in., 2023; Leahy i Delehanty, 2022; Sawhney i Goodman, 2023).

Przyszłość płatności w metaverse może ewoluować w kierunku, który zmieni oblicze cyfrowych transakcji finansowych (Kalal, 2023). Jednym z potencjalnych rozwiązań, które mogą odegrać kluczową rolę, jest wprowadzenie cyfrowego pieniądza fiducjarnego, znanego jako Central Bank Digital Currency (CBDC). CBDC, wydawane i regulowane przez banki centralne, stanowi cyfrową wersję waluty narodowej i może zapewnić stabilność, której obecnie brakuje w świecie kryptowalut. Odejście od opartych na blockchainie systemów płatności na rzecz CBDC w metawersum otworzyłoby drzwi do całkiem nowego systemu, który łączyłby zaufanie i bezpieczeństwo tradycyjnego pieniądza z zaletami cyfrowych transakcji. Takie rozwiązanie mogłoby zaoferować większą regulację, przejrzystość oraz ochronę użytkowników przed oszustwami i niestabilnością rynkową. CBDC ma szansę również umożliwić efektywniejsze i bezpieczniejsze transakcje, eliminując potrzebę pośredników i redukując koszty operacyjne. Opcja bezpośrednich transakcji między użytkownikami, bez konieczności angażowania zewnętrznych usług płatniczych, uczyniłaby metaverse bardziej dostępnym i wygodnym w użytkowaniu (Kalal, 2023).

Wnioski

Kluczowe technologie takie jak AI, IoT, blockchain, i rozszerzona rzeczywistość umożliwiają tworzenie bardziej realistycznych i immersyjnych doświadczeń wirtualnych. Jednocześnie rozwój systemów płatniczych w koncepcji metaverse staje przed wyzwaniami związanymi z integracją różnorodnych platform i walut cyfrowych. Kryptowaluty i tokeny NFT, mimo ich rosnącej popularności, muszą współistnieć z tradycyjnymi metodami płatności, aby zapewnić płynność i bezpieczeństwo transakcji. Ważne jest również zarządzanie wyzwaniami integracyjnymi, technologicznymi oraz etycznymi, w tym zapotrzebowaniem na energię i zabezpieczeniem danych. Metawersum, z obietnicą transformacji e-commerce, wymaga nowych regulacji i podejść do prywatności, bezpieczeństwa oraz etyki. W świetle tych wyzwań metaverse prezentuje się jako dynamicznie rozwijające się środowisko z ogromnym potencjałem, ale jego pełne wykorzystanie zależy od przezwyciężenia istotnych wyzwań technologicznych, regulacyjnych i społecznych.

Bibliografia

Adenugba, F., Misra, S., Maskeliūnas, R., Damaševičius, R. i Kazanavičius, E. (2019). Smart irrigation system for environmental sustainability in Africa: An Internet of Everything (IoE) approach. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 16(5), 5490–5503. <https://doi.org/10.3934/mbe.2019273>

Adryan, B., Obermaier, D. i Fremantle, P. (2017). *The technical foundations of IoT*. Artech. <https://ieeexplore.ieee.org/book/9100584>

Akash, S. (2023, 6 października). NFTs and the metaverse: The new era of digital ownership. *Analytics Insight*. <https://www.analyticsinsight.net/nfts-and-the-metaverse-the-new-era-of-digital-ownership/>

Allam, Z., Sharifi, A., Bibri, S. E., Jones, D. S. i Krogstie, J. (2022). The metaverse as a virtual form of smart cities: Opportunities and challenges for environmental, economic, and social sustainability in urban futures. *Smart Cities*, 5(3), 771–801. <https://doi.org/10.3390/smartcities5030040>

Alpini, A. (2023). *NFT and NFTed artworks between property and copyrightability*. *PERSONA E MERCATO*, 1, 50–58.

Altman, E. i Segal, B. (2023). Anomaly detection on IBM Z Mainframes: Performance analysis and more. *Proceedings of the 16th ACM International Conference on Systems and Storage* (s. 111–123). <https://doi.org/10.1145/3579370.3594770>

Asara, C. (2022). *Real Estate in the Metaverse*. <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/201680>

Azmi, A., Ibrahim, R., Ghafar, M. A. i Rashidi, A. (2023). *Metaverse for real estate marketing: The impact of virtual reality on satisfaction, perceived enjoyment and purchase intention*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2584882/v1>

Badii, C., Bellini, P., Difino, A. i Nesi, P. (2018). Sii-Mobility: An IoT/IoE architecture to enhance smart city mobility and transportation services. *Sensors*, 19(1), 1. <https://doi.org/10.3390/s19010001>

Bansal, G., Rajgopal, K., Chamola, V., Xiong, Z. i Niyato, D. (2022). Healthcare in metaverse: A survey on current metaverse applications in healthcare. *Ieee Access*, 10, 119914–119946. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3219845>

Batty, M. (2018). Digital twins. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 45(5), 817–820. <https://doi.org/10.1177/2399808318796416>

Belk, R., HuMajun, M. i Brouard, M. (2022). Money, possessions, and ownership in the Metaverse: NFTs, cryptocurrencies, Web3 and Wild Markets. *Journal of Business Research*, 153, 198–205. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.08.031>

Bellusci, M. (2023). *American Express hints at metaverse entry through trademark filings*. <https://www.coindesk.com/business/2022/03/15/american-express-hints-at-metaverse-entry-through-trademark-filings/>

Bertuzzi, L. (2023, 6 lipca). Leak: EU Commission to set out its vision on the metaverse, web 4.0. *Euractiv*. <https://www.euractiv.com/section/platforms/news/leak-eu-commission-to-set-out-its-vision-on-the-metaverse-web-4-0/>

Birch, D. G. i Richardson, V. J. (2023). Metamoney: Payments in the metaverse. *Journal of Payments Strategy & Systems*, 17(2), 130–141.

Bouchaud, A. (2022). *Métavers et relation client, un nouveau champ des possibles* [Metavers i relacje z klientami, nowe pole możliwości]. *Stratégies*. <https://www.strategies.fr/actualites/marques/LQ1238304C/metavers-et-relation-client-un-nouveau-champ-des-possibles-arnaud-bouchaud-armatis.html>

Bridgwater, A. (2016, 5 stycznia). *How to rescue a dead mainframe programmer*. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/adrianbridgwater/2016/01/05/how-to-rescue-a-dead-mainframe-programmer/>

Broome, L. L. (2019). Banking on blockchain. *North Carolina Journal of Law & Technology*, 21(1), 169–195.

Bsteh, S. (2021). *From painting to pixel: Understanding NFT artworks*. *Universidad Erasmo*.

Bubicz, M. (2022). FinTech a nadzór nad rynkiem finansowym w Polsce. Omówienie wybranych barier regulacyjnych. W: J. Górka i M. Żemigala (red.), *FinTech Miscellanea* (s. 78–92). Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego. <https://doi.org/10.7172/978-83-235-5939-9.swww.13.4>

Bucquet, P. (2023, 12 czerwca). Payment rails in the metaverse: New opportunities for financial institutions. *Payments Journal*. <https://www.paymentsjournal.com/payment-rails-in-the-metaverse-new-opportunities-for-financial-institutions>

Burakowski, W., Bęben, A., Sosnowski, M., Więcek, D., Michalski, I., Woźniak, J., Gierłowski, K., Hoefft, M., Schauer, P., Warzyński, A., Natkaniec, M., Boryło, P., Binczewski, A., Belter, B. i Furmann, M. (2022). Planowane krajowe laboratorium badawcze sieci i usług 5G wraz z otoczeniem. *Przegląd Telekomunikacyjny – Wiadomości Telekomunikacyjne*, 4, 110–115. <https://doi.org/10.15199/59.2022.4.3>

Buzzell, C., Lalji, Z., Loyola, A., Rants, K., Scofield, E. i Zimmermann, S. (2023, 8 czerwca). *Unlocking commerce in the metaverse*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/unlocking-commerce-in-the-metaverse>

Capgemini. (2023, 13 lipca). *Nine in ten consumers are curious about the metaverse*. <https://www.capgemini.com/news/press-releases/837703/>

Chen, Z. (2023). Beyond reality: Examining the opportunities and challenges of cross-border integration between metaverse and hospitality industries. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 32(7), 967–980. <https://doi.org/10.1080/19368623.2023.2222029>

Cheng, S. (2023). Basic infrastructure of the metaverse. W: *Metaverse: Concept, content and context* (s. 25–46). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24359-2_2

Cheng, R., Wu, N., Varvello, M., Chen, S. i Han, B. (2022). Are we ready for metaverse? A measurement study of social virtual reality platforms. W: *Proceedings of the 22nd ACM Internet Measurement Conference* (s. 504–518). <https://doi.org/10.1145/3517745.3561417>

Cherif, A., Badhib, A., Ammar, H., Alshehri, S., Kalkatawi, M. i Imine, A. (2022). Credit card fraud detection in the era of disruptive technologies: A systematic review. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, 35(1), 145–174. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2022.11.008>

Chittum, M. (2022, 16 marca). *HSBC buys virtual real estate in sandbox metaverse*. Blockworks. <https://blockworks.co/news/hsbc-buys-virtual-real-estate-in-sandbox-metaverse>

Dailey, N. (2023). *JPMorgan opens a Decentraland Lounge featuring a tiger as the bank seeks to capitalize on \$1 trillion revenue opportunity from the metaverse*. Business Insider. <https://www.businessinsider.in/cryptocurrency/news/jpmorgan-opens-a-decentraland-lounge-featuring-a-tiger-as-the-bank-seeks-to-capitalize-on-1-trillion-revenue-opportunity-from-the-metaverse/articleshow/89601305.cms>

Dedehayir, O. i Steinert, M. (2016). The hype cycle model: A review and future directions. *Technological Forecasting and Social Change*, 108, 28–41. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.04.005>

Delic, A. J. i Delfabbro, P. H. (2022). Profiling the potential risks and benefits of emerging “Play to Earn” games: A qualitative analysis of players’ experiences with axie infinity. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 1, 1–14.

Demir, G., Argan, M. i Dinç, H. (2023). The age beyond sports: User experience in the world of metaverse. *Journal of Metaverse*, 3(1), 19–27. <https://doi.org/10.57019/jmv.1176938>

Denisova, V. (2019). Blockchain infrastructure and growth of global power consumption. *International Journal*

of Energy Economics and Policy, 9(4), 22–29. <https://doi.org/10.32479/ijeep.7685>

Di Pietro, R. i Cresci, S. (2021). Metaverse: security and privacy issues. *2021 Third IEEE International Conference on Trust, Privacy and Security in Intelligent Systems and Applications (TPS-ISA)* (s. 281–288). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TPSISA52974.2021.00032>

Dugan, K. (2018). *Cryptocurrency for beginners*. CRB Publishing.

Dziubek, D. (2023). *Uczenie maszynowe i jego zastosowanie w sektorze bankowym* [Rozprawa doktorska, Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych]. <https://repin.pjwstk.edu.pl/xmlui/handle/186319/2161>

ETTech. (2022). *Flipkart launches metaverse shopping experience with Flipverse*. The Economic Times. <https://economictimes.indiatimes.com/tech/technology/flipkart-launches-metaverse-shopping-experience-with-flipverse/articleshow/94916231.cms>

Falchuk, B., Loeb, S. i Neff, R. (2018). The social metaverse: Battle for privacy. *IEEE Technology and Society Magazine*, 37(2), 52–61. <https://doi.org/10.1109/MTS.2018.2826060>

Far, S. B. i Rad, A. I. (2022). Applying digital twins in metaverse: User interface, security and privacy challenges. *Journal of Metaverse*, 2(1), 8–15. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.11343>

Far, S. B., Rad, A. I., Bamakan, S. M. H. i Asaar, M. R. (2023). Toward Metaverse of everything: Opportunities, challenges, and future directions of the next generation of visual/virtual communications. *Journal of Network and Computer Applications*, 217, 103675. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2023.103675>

Fernandez, C. B. i Hui, P. (2022, Lipiec). Life, the metaverse and everything: An overview of privacy, ethics, and governance in metaverse. *2022 IEEE 42nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW)* (s. 272–277). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDCSW56584.2022.00058>

Gao, T. i Yang, Y. (2023). The design of virtual reality systems for metaverse scenarios. W: Z. Xu, S. Alrabae, O. Loyola-González, N. D. W. Cahyani, N. H. Ab Rahman (red.), *Cyber security intelligence and analytics* (s. 11–20). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-31775-0_2

Gilmour, P. M. (2022). Smart contracts and the metaverse. *The Company Lawyer*, 44(7), 244–245.

Goanta, C. (2020). Selling LAND in Decentraland: The regime of non-fungible tokens on the Ethereum blockchain under the digital content directive. W: A. Lehari, R. Levine-Schnur, (red.), *Disruptive technology, legal innovation, and the future of real estate* (s. 139–154). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52387-9_8

Gopal, S. B., Poongodi, C. i Nanthiya, D. (2023). Blockchain-based secured payment in IoE. W: *Smart Energy and Electric Power Systems* (s. 185–200). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91664-6.00009-7>

Gorzowska, K. M. (2019). Wpływ kryptowalut na zmianę prawa podatkowego. W: S. Tkacz i Z. Tobor (red.), *Prawo a nowe technologie* (s. 149–158). Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.

Gudum, S. i Erdinc, E. D. (2022). Metaverse Kapsamında Oyun-İçi Reklam Uygulamaları: Sandbox Alpha 2 Örneği [Praktyki reklamowe w grze w metaverse: Przypadek Sandbox Alpha 2]. *Turkish Review of Communication Studies*, 41, 203–233. <https://doi.org/10.17829/turcom.1121686>

Guidi, B. i Michienzi, A. (2022, Lipiec). Social games and Blockchain: exploring the Metaverse of Decentraland.

2022 IEEE 42nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW) (s. 199–204). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDCSW56584.2022.00045>

Gurtu, A. i Johny, J. (2019). Potential of blockchain technology in supply chain management: a literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 49(9), 881–900. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-11-2018-0371>

Găbudeanu, L., Brici, I., Mare, C., Mihai, I. C. i Șcheau, M. C. (2021). Privacy intrusiveness in financial-banking fraud detection. *Risks*, 9(6), 104. <https://doi.org/10.3390/risks9060104>

Herrmann, P. (2023). *Mainframe system z computing. Hardware, software und anwendungen*. De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783111015521>

Huang, Y., Li, Y. J. i Cai, Z. (2023). Security and privacy in metaverse: A comprehensive survey. W: *Big Data Mining and Analytics*, 6(2), 234–247. <https://doi.org/10.26599/BDMA.2022.9020047>

Huggett, J. (2020). Virtually real or really virtual: Towards a heritage metaverse. *Studies in Digital Heritage*, 4(1), 1–15. <https://doi.org/10.14434/sdh.v4i1.26218>

Jagatheesaperumal, S. K., Ahmad, K., Al-Fuqaha, A. i Qadir, J. (2022). *Advancing education through extended reality and internet of everything enabled metaverses: applications, challenges, and open issues*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.01512>

Jin, K. (2022). A study on the problems and implications of metaverse and virtual real estate. *Journal of the Korean Real Estate Society*, 40(2), 101–111.

Josyula, H. P. (2023). *Fraud Detection in Fintech Leveraging Machine Learning and Behavioral Analytics*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3548343/v1>

Joy, A., Zhu, Y., Peña, C. i Brouard, M. (2022). Digital future of luxury brands: Metaverse, digital fashion, and non-fungible tokens. *Strategic Change*, 31(3), 337–343. <https://doi.org/10.1002/jsc.2502>

Kadio-Morokro, D. (2023, 6 marca). *Finance in the metaverse: opportunities and paths forward*. EY. https://www.ey.com/en_us/financial-services/finance-in-the-metaverse-opportunities-and-a-roadmap

Kalal, J., Palande, B., Rajpurohit, S. C. i Parkhi, S. (2023). CBDC – An Alternative to Cryptocurrency in the Metaverse: An Indian Perspective. W: S. He, J. Lai, L.J. Zhang (red.), *Metaverse – METAVERSE 2023. METAVERSE 2023. 19th International Conference, Held as Part of the Services Conference Federation, SCF 2023* (s. 87–97). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44754-9_7

Katal, A., Dahiya, S. i Choudhury, T. (2023). Energy efficiency in cloud computing data centers: a survey on software technologies. *Cluster Computing*, 26(3), 1845–1875. <https://doi.org/10.1007/s10586-022-03713-0>

Kemec, A. (2022). From reality to virtuality: Re-discussing cities with the concept of the metaverse. *International Journal of Management and Accounting*, 4(1), 12–20. <https://doi.org/10.34104/ijma.022.00120020>

Kim, T., Ahn, B., Lee, W. i Kang, H. (2022). Analysis of metaverse trends using news big data. *Journal of Digital Contents Society*, 23(2), 203–216.

Kiong, L. V. (2022). *Metaverse Made Easy: A Beginner's Guide to the Metaverse: Everything you need to know about Metaverse, NFT and GameFi*. Liew Voon Kiong.

Kulakova, O. S. (2022). Digital art in the light of NFT: Market role and legal uncertainty. *Digital Law Journal*, 3(2), 36–50. <https://doi.org/10.38044/2686-9136-2022-3-2-36-50>

Kusuma, A. T. i Supangkat, S. H. (2022). Metaverse fundamental technologies for smart city: A literature review. *2022 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS)* (s. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICISS55894.2022.9915079>

Kuznetsova, Y., Kolomytsev, A., Somochkin, M. i Vdovitchenko, O. (2021). Serverless and containerization models and methods in Challenger Banks software. M. Nechyporuk, V. Pavlikov, D. Kritskiy, D. (red.), *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – 2020: Synergetic Engineering* (s. 169–185). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66717-7_15

Lau, I. K. (2023, 5 czerwca). *Metaverse and money*. PayPal Newsroom. <https://newsroom.paypal-corp.com/2023-06-Metaverse-and-Money>

Lavaur, T., Lacan, J. i Chanel, C. P. (2022). Enabling blockchain services for IoE with Zk-Rollups. *Sensors*, 22(17), 6493. <https://doi.org/10.3390/s22176493>

Leahy, B. i Delehanty, C. (2022). Brands In the metaverse: Opportunities, risks and strategies. *The Intellectual Strategist Journal*, 28(6).

LeewayHertz. (2022, 15 marca). *Interoperability and future of metaverse*. Medium. <https://medium.com/co-inmonks/interoperability-and-future-of-metaverse-6ff152edc382>

Lenczewski Martins, C. J. (2020). The role of automation in financial trading companies. *Journal of Management and Financial Sciences*, 39, 29–42. <https://doi.org/10.33119/JMFS.2019.39.3>

Li, H. (2023, kwiecień). Unifying reality and virtuality: Constructing a cohesive metaverse using complex numbers. W: X. Meng, X. Li, J. Xu, X. Zhang, Y. Fang, B. Zheng, Y. Li (red.), *4th International Conference on Spatial Data and Intelligence* (s. 259–269). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32910-4_18

Li, K., Cui, Y., Li, W., Lv, T., Yuan, X., Li, S., Ni, W., Simsek, M. i Dressler, F. (2022). When internet of things meets metaverse: Convergence of physical and cyber worlds. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(5), 4148–4173. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3232845>

Li, Y. i Song, X. (2022). *Toward a metaverse era: a study on the design of smart home entertainment scene experience for Empty-Nest Youth*. <https://easychair.org/publications/preprint/vf42>

Lin, J. H. T. (2017). Fear in virtual reality (VR): Fear elements, coping reactions, immediate and next-day fright responses toward a survival horror zombie virtual reality game. *Computers in Human Behavior*, 72, 350–361. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.057>

Lu, Z., Xie, S., Li, Y., Hossain, M. S. i El Saddik, A. (2022). Building the metaverse by digital twins at all scales, state, relation. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 4(6), 459–470. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.06.005>

Lubowiecki-Vikuk, A. i Kasprzak, R. (2020). *Bezpieczeństwo konsumentów: Na rynkach usług finansowych i społecznych*. Oficyna Wydawnicza SGH.

Maheswari, D., Ndruru, F. B. F., Rejeki, D. S., Moniaga, J. V. i Jabar, B. A. (2022). Systematic literature review on the usage of IoT in the metaverse to support the education system. *2022 5th International Conference on Information and Communications Technology (ICOI-ACT)* (s. 307–310). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICOI-ACT55506.2022.9971816>

Maier, M., Ebrahimzadeh, A., Rostami, S. i Beniiche, A. (2020). The Internet of No Things: Making the Internet Disappear and "See the Invisible". *IEEE Communications*

Magazine, 58(11), 76–82. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.2000098>

Maksymyuk, T., Gazda, J., Bugár, G., Gazda, V., Liyanage, M. i Dohler, M. (2022). Blockchain-empowered service management for the decentralized metaverse of things. *IEEE Access*, 10, 99025–99037. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3205739>

Maley, C. J. (2023). Analogue computation and representation. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 74(3), 739–769.

Mamonov, M. (2023). *Measuring fraud in banking and its impact on the economy: A quasi-natural experiment*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4144587>

Marszałek, P. (2019). Kryptowaluty – pojęcie, cechy, kontrowersje. *Studia BAS*, 1(57), 105–125. <https://doi.org/10.31268/StudiaBAS.2019.06>

Matejkowski, D. i Szmyd, P. (2023). Online identity theft detection and prevention methods. *Advances in Web Development Journal*, 1(1), 12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10051152>

Megale, L. (2022). Metaverse: rosnące skomplikowanie globalnych warunków egzekwowania opodatkowania. *Analizy i Studia CASP*, 14(2), 29–39. <https://doi.org/10.33119/ASCASP.2022.2.3>

Megargel, A., Shankaraman, V. i Walker, D. K. (2020). Migrating from monoliths to cloud-based microservices: A banking industry example. W: M. Ramachandran i Z. Mahmood, Z. (red.), *Software Engineering in the Era of Cloud Computing* (s. 85–108). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33624-0_4

Mehta, I. (2021, 24 listopada). *Python sucks in terms of energy efficiency – literally*. The Next Web. <https://thenextweb.com/news/python-programming-language-energy-analysis>

Meszka, J. (2023). Prawna regulacja sektora kryptowalut na poziomie unijnym w aspekcie rozporządzenia MiCA. *Studenckie Prace Prawnicze, Administratywistyczne i Ekonomiczne*, 43(1), 121–135. <https://doi.org/10.19195/1733-5779.43.10>

Mirecka, E. (2018). Kryptowaluty a problematyka stabilności finansowej. *Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia*, 2(92), 281–289. <https://doi.org/10.18276/frfu.2018.92-24>

Mishra, L. i Kaushik, V. (2023). Application of blockchain in dealing with sustainability issues and challenges of financial sector. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 13(3), 1318–1333. <https://doi.org/10.1080/20430795.2021.1940805>

Międłar, P. (2019). Blockchain w systemie finansowym. *Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów*, 173, 7788. <https://doi.org/10.33119/SIP.2019.173.5>

Mobile App Daily. (2024, 11 kwietnia). *List of Top Metaverse Platforms in 2024 that You Should Know*. Mobile App Daily. <https://www.mobileappdaily.com/knowledgehub/top-metaverse-platforms>

Mohammadian, H. D. (2019). IoE – a solution for energy management challenges. *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (s. 1455–1461). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2019.8725281>

Mohanty, S. P. (2020). Security and privacy by design is key in the internet of everything (IoE) era. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 9(2), 4–5. <https://doi.org/10.1109/MCE.2019.2954959>

Mohapatra, H. i Rath, A. K. (2022). IoE based framework for smart agriculture: Networking among all agricultural attributes. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 13(1), 407–424. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-02908-4>

Mozumder, M. A. I., Theodore, A. T. P., Athar, A. i Kim, H. C. (2023). The metaverse applications for the finance industry, its challenges, and an approach for the metaverse finance industry. *2023 25th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)* (s. 407–410). IEEE. <https://doi.org/10.23919/ICA-CT56868.2023.10079695>

Murala, D. K. i Panda, S. K. (2023). The Internet of Things in Developing Metaverse. W: A. Chandrashekar, S. H. Saheb, S. K. Panda, S. Balamurugan, S.-L. Peng (red.), *Metaverse and immersive technologies: An introduction to industrial, business and social applications* (s. 437–465). <https://doi.org/10.1002/9781394177165.ch16>

Musamih, A., Yaqoob, I., Salah, K., Jayaraman, R., Al-Hammadi, Y., Omar, M. i Ellahham, S. (2022). Metaverse in healthcare: Applications, challenges, and future directions. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 12(4), 33–46. <https://doi.org/10.1109/MCE.2022.3223522>

Nedunuri, K. (2023, 30 marca). *The payment landscape in the metaverse*. Acuity Knowledge Partners. <https://www.acuity.com/blog/the-payment-landscape-in-the-metaverse/>
Nozari, H., Szmelter-Jarosz, A. i Ghahremani-Nahr, J. (2021). The ideas of sustainable and green marketing based on the internet of everything – the case of the dairy industry. *Future Internet*, 13(10), 266. <https://doi.org/10.3390/fi13100266>

Oppenlaender, J. (2022). The perception of smart contracts for governance of the metaverse. *Proceedings of the 25th International Academic Mindtrek Conference* (s. 1–8). <https://doi.org/10.1145/3569219.3569300>

Orzechowski, A. i Bombol, M. (2022). Energy security, sustainable development and the green bond market. *Energies*, 15(17), 6218. <https://doi.org/10.3390/en15176218>

Osivand, S. (2021). Investigation of Metaverse in cryptocurrency. *GSC Advanced Research and Reviews*, 9(3), 125–128. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2021.9.3.0306>

Pai, S. K. (2022). *Universal analog computation on programmable nanophotonic integrated circuits*. Stanford University.

Pai, S., Park, T., Ball, M., Penkovsky, B., Dubrovsky, M., Abebe, N., Milanizadeh, M., Morichetti, F., Melloni, A., Fan, S., Solgaard, O. i Miller, D. A. (2023). Experimental evaluation of digitally verifiable photonic computing for blockchain and cryptocurrency. *Optica*, 10(5), 552–560. <https://doi.org/10.1364/OPTICA.476173>

Pass, R. i Shi, E. (2017). Fruitchains: A fair blockchain. *Proceedings of the ACM Symposium on Principles of Distributed Computing* (s. 315–324). <https://doi.org/10.1145/3087801.1.3087809>

Paszkievicz, A., Salach, M., Dymora, P., Bolanowski, M., Budzik, G. i Kubiak, P. (2021a). Methodology of implementing Virtual Reality in education for Industry 4.0. *Sustainability*, 13(9), 5049. MDPI AG.

Paszkievicz, A., Salach, M., Strzałka, D., Budzik, G., Nikodem, A., Wójcik, H. i Witek, M. (2021b). VR education support system – A case study of digital circuits design. *Energies*, 15(1), 277. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en15010277>

Paszkievicz, A., Salach, M., Wydrzyński, D., Woźniak, J., Budzik, G., Bolanowski, M., Ganzha, M., Paprzycki, M. i Cierpicki, N. (2023). Use of virtual reality to facilitate engineer training in the aerospace industry. *Machine Graphics and Vision*, 32(2), 19–44. <https://doi.org/10.22630/MGV.2023.32.2.2>

Patterson, D. (2018). 50 Years of computer architecture: From the mainframe CPU to the domain-specific

tpu and the open RISC-V instruction set. *2018 IEEE International Solid-State Circuits Conference-ISSCC* (s. 27–31). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISSCC.2018.8310168>

Pawłowicz, B., Salach, M. i Trybus, B. (2020a). Infrastructure of RFID-Based Smart City Traffic Control System. W: R. Szewczyk, C. Zieliński i M. Kaliczyńska, M. (red.) *Automation 2019. AUTOMATION 2019. Progress in Automation, Robotics and Measurement Techniques* (s. 186–198). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13273-6_19

Pawłowicz, B., Trybus, B., Salach, M. i Jankowski-Miśkiewicz, P. (2020b). Dynamic RFID Identification in Urban Traffic Management Systems. *Sensors*, 20(15), 4225. <https://doi.org/10.3390/s20154225>

Periyasamy, K. i Akash, S. A. (2021). IoE-Enabled Healthcare 4.0 Systems. W: P. Ambika, A. Donald i A. Kumar (red.), *Cases on Edge Computing and Analytics* (s. 203–234). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4873-8.ch011>

Pessarlay, W. (2022). *Visa delves deeper into virtual currencies with trademark applications*. CoinGeek. <https://coingeek.com/visa-delves-deeper-into-virtual-currencies-with-trademark-applications/>

Petrigna, L. i Musumeci, G. (2022). The metaverse: A new challenge for the healthcare system: A scoping review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7(3), 63. <https://doi.org/10.3390/jfkm7030063>

Radanliev, P. (2023). *The Metaverse: Economic and Social Values and Risks of New Cryptocurrencies and Blockchain Technologies*. <https://doi.org/10.20944/preprints202304.0100.v1>

Radhakrishna, G. (2022). Legal issues with real estate in the metaverse. W: *International Conference on Law and Digitalization (ICLD 2022)* (s. 74–82). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-2-494069-59-6_7

Rafli, D. P. A. D. (2022). NFT become a copyright solution. *Journal of Digital Law and Policy*, 1(2), 87–96. <https://doi.org/10.58982/jdlp.v1i2.166>

Rawat, D. B. i El Alami, H. (2023). Metaverse: Requirements, architecture, standards, status, challenges, and perspectives. *IEEE Internet of Things Magazine*, 6(1), 14–18. <https://doi.org/10.1109/IOTM.001.2200258>

Robison, K. (2023). *Meta exec says 'the metaverse hype is dead' and he's happy: 'Now we can put our heads down to build'*. Fortune. <https://fortune.com/2023/07/11/meta-vp-vishal-shah-happy-metaverse-hype-is-dead/>

Kompletna bibliografia dostępna jest w internetowej wersji czasopisma.

Paweł Kuraś jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym na Politechnice Rzeszowskiej, gdzie prowadzi badania i zajęcia z zakresu technologii informacyjnych, wielokryterialnych metod podejmowania decyzji i cyberbezpieczeństwa. Na PRz jest także liderem projektu Rzeszów Design Factory oraz opiekunem Koła Naukowego Machine Learning. Pracuje nad spin-offem uniwersyteckim: Suntrail sp. z o.o. to projekt mający na celu komercjalizację wyników badań w branży uzdrowiskowej. Współpracował także z uczelniami takimi jak Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie, Wyższa Szkoła Bankowa w Warszawie czy Wrocławska Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej. Przed pracą w akademii związany był z branżą gier komputerowych.

Patryk Organiściak jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym na Politechnice Rzeszowskiej. Prowadzi zajęcia z technologii informacyjnych i cyberbezpieczeństwa, jest także głównym architektem oprogramowania platformy RaP STEAM zapewniającej kształcenie z informatyki i robotyki dla uczniów szkół podstawowych w województwie podkarpackim. Równolegle realizuje wiele zleceń komercyjnych w ramach własnego software house. Jest członkiem zespołu badawczego CriNet, projektu strategicznego realizowanego w konsorcjum firm EXATEL, GAZ-SYSTEM oraz Politechniki Rzeszowskiej i Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Bartosz Kowal od 2016 roku jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Politechniki Rzeszowskiej. Posiada szerokie doświadczenie w projektach realizowanych z przemysłem – uczestniczy w pracach B+R nad wykorzystaniem technik uczenia maszynowego do detekcji anomalii w pracy systemów klasy mainframe. Jest członkiem zespołu badawczego CriNet, współautorem aplikacji internetowej REDUCE wspomagającej podejmowanie decyzji oraz współzałożycielem spółki Suntrail, rozwijającej system wspomaganie kuracji uzdrowiskowych z wykorzystaniem narzędzi AI i ML.

Dominik Strzałka jest profesorem Politechniki Rzeszowskiej. W latach 2012–2019 był prodziekanem Wydziału Elektrotechniki i Informatyki PRz, od 2018 r. jest kierownikiem Zakładu Systemów Złożonych WEil PRz. Jest kierownikiem oraz inicjatorem dziesiątek projektów łączących biznes z nauką, w tym wszystkich wymienionych w notach pozostałych autorów tej publikacji. Jest współzałożycielem i pomysłodawcą spółki Suntrail rozwijającej system wspomaganie kuracji uzdrowiskowych z wykorzystaniem narzędzi AI i ML. Przed komercjalizacją w ramach tego projektu był kierownikiem prac B+R.

Krzysztof Demidowski jest absolwentem Politechniki Rzeszowskiej na kierunku mechatronika o specjalności komputerowo wspomaganie projektowanie. W marcu 2024 dołączył do grona asystentów Zakładu Systemów Złożonych. Jest multiinstrumentalistą i pasjonatem szeroko pojętej produkcji muzycznej oraz prowadzi firmę Demidowski Records specjalizującą się w tej dziedzinie. Wcześniej realizował projekty w branży e-commerce i handlu tradycyjnym.