

Krzysztof Piech

Grzegorz Sobiecki

Jacek Wytrębowski

Kom pen dium Block chain

Technologia i jej zastosowania

Wydawnictwo
Naukowe
Helion

Autorzy: dr Ewelina Florczak, Marcin Gawlas, Egor Golubkov, Patryk Grzyb,
dr Anna Anetta Janowska, Michał Kaluga, Karol Kiełczyński, Marta Kotlarska,
Stanisław Marcinków, Piotr Janusz Markiewicz, Mateusz Mitrowski,
dr hab. Krzysztof Piech, Iurii Roslov, dr Grzegorz Sobiecki, Gabriela Szpila,
dr Jacek Wytrębowski, Magdalena Zalewska, Monika Zwierz

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości
lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione.
Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie
książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie
praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi
bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz wydawca dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje
były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich
wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych
lub autorskich. Autor oraz wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności
za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Małgorzata Kulik

Recenzja naukowa: dr Piotr Stolarski, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Projekt okładki: Studio Gravite/Olsztyn
Obarek, Pokoński, Pazdrijowski, Zaprucki

Grafika na okładce została wykorzystana za zgodą AdobeStock.com.

Helion S.A.
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel. 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
WWW: helion.pl (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
helion.pl/user/opinie/kombl1
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

ISBN: 978-83-289-0663-1

Copyright © Helion S.A. 2026

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

Spis treści

Wstęp	13
--------------------	-----------

CZĘŚĆ I. TECHNICZNE ZAGADNIENIA SIECI BLOCKCHAIN

ROZDZIAŁ 1. Podstawy technologii blockchain: struktura, mechanizmy i zastosowania	27
Wprowadzenie	27
1.1. Geneza oraz rozwój nowej technologii i ekosystemu gospodarczego	27
1.2. Istota technologii blockchain	28
1.3. Struktura danych	29
1.3.1. Rejestr	29
1.3.2. Pierwsza koncepcja łańcucha bloków	32
1.3.3. Bloki i transakcje	33
1.3.4. Łańcuch bloków	34
1.4. Zdecentralizowana sieć	36
1.4.1. Sieć i protokół	36
1.4.2. Suwerenność węzłów	37
1.4.3. Decentralizacja i rozproszenie	39
1.4.4. Rodzaje sieci	42
Podsumowanie	43
Bibliografia	44
ROZDZIAŁ 2. Mechanizmy sieci blockchain: konsensus i decentralizacja	45
Wprowadzenie	45
2.1. Mechanizmy konsensusu	45
2.1.1. Dwa kroki do synchronizacji	45
2.1.2. Odróżnianie mechanizmów konsensusu	48
2.1.3. Mechanizm dowodów pracy	49
2.1.4. Inne mechanizmy konsensusu	52
2.1.5. Liczebność poszczególnych rodzajów mechanizmów konsensusu	54
2.1.6. Trwałość (niezmiennność) zapisów rejestru	55
2.2. Mechanizmy zachęt	58
2.2.1. Korzyści węzłów	58
2.2.2. Opłaty transakcyjne	59
2.2.3. Nagrody za blok	60
2.2.4. Tokenomia	61
2.2.5. Wartość natywnych jednostek w sieciach PoW	62
2.2.6. Wartość jednostek w innych sieciach blockchain	64
2.2.7. Korzyści dla użytkowników	65

2.3. Mechanizmy identyfikacji i uwierzytelniania	65
2.3.1. Kryptografia asymetryczna	66
2.3.2. Podpis cyfrowy	67
2.3.3. Adresy w sieci blockchain	68
2.4. Elegancja blockchajna	70
Podsumowanie	72
Bibliografia	72

ROZDZIAŁ 3. **Ewolucja technologii blockchain: od pierwszej generacji, przez smart kontrakty, do przyszłych zmian**

Wprowadzenie	74
3.1. Skrypty wydawania w Bitcoinie	74
3.2. Smart kontrakty i blockchain 2.0	75
3.2.1. Zdecentralizowana wirtualna maszyna	75
3.2.2. Smart kontrakty	76
3.2.3. Trwałość zapisu smart kontraktów	77
3.2.4. Rodzaje transakcji	77
3.2.5. Standardy i wrapowanie smart kontraktów	78
3.2.6. Ograniczenia smart kontraktów i ich rozwiązania	79
3.3. Skutki powstania blockchainów 2.0	81
3.3.1. Zdecentralizowane aplikacje	81
3.3.2. Platformy smart kontraktów	82
3.4. Rodzaje i standardy tokenów	83
3.4.1. ERC-20 — tokeny zamienne	84
3.4.2. ERC-721 — tokeny niezamienne (NFT)	86
3.4.3. ERC-1155 — tokeny dynamiczne	88
3.4.4. Inne standardy	90
3.5. Ekonomiczne aspekty smart kontraktów	92
3.5.1. Natywne kryptoaktywa i wynagrodzenie za obsługę smart kontraktów	92
3.5.2. Opłaty transakcyjne w smart kontraktach — koszty interakcji	93
3.5.3. Złożoność smart kontraktów oraz nowe kryptoaktywa	94
3.6. Trzecia generacja blockchainów	95
3.6.1. Trzecia generacja sieci blockchain	95
3.6.2. Warstwy infrastruktury blockchainowej	95
3.6.3. Rozwiązania trzeciej generacji blockchainów	100
3.6.4. Blockchain 3.0 a Web3	102
3.7. Dalszy rozwój technologii blockchain	103
3.7.1. Czwarta generacja	103
3.7.2. Legalny blockchain	104
Podsumowanie	105
Bibliografia	106

ROZDZIAŁ 4. **Mechanizmy konsensusu: bezpieczeństwo, decentralizacja i skalowalność blockchajna**

Wprowadzenie	108
4.1. Ewolucja mechanizmów konsensusu w technologii blockchain	109
4.2. Definicja konsensusu i jego wymagania	110
4.3. Kategorie mechanizmów osiągnięcia konsensusu	111

4.4. Rodzaje algorytmów osiągania konsensusu	111
4.4.1. Dowody poświęcenia zasobów	113
4.4.2. Dowody stawki	119
4.4.3. Hybrydowe mechanizmy konsensusu PoW/PoS	126
4.4.4. Dowody oparte na reputacji	129
4.4.5. Dowody użyteczności — przechowywanie danych	134
4.4.6. Bizantyjska tolerancja błędów	136
4.4.7. Dowód historii	141
4.4.8. Dowód upływu czasu	141
4.4.9. Mechanizmy konsensusu nieoparte na łańcuchu bloków	142
4.4.10. Paxos i Raft	144
Podsumowanie	145
Bibliografia	146

ROZDZIAŁ 5. Ewolucja bezpieczeństwa blockchainów: wyzwania technologiczne, konsumenckie i finansowe	149
Wprowadzenie	149
5.1. Koncepcja trzech wymiarów bezpieczeństwa technologii blockchain	150
5.2. Ewolucja blockchaina od powstania sieci Bitcoin do upadku Mt.Gox	154
5.2.1. Bezpieczeństwo technologii	154
5.2.2. Bezpieczeństwo użytkowników	155
5.2.3. Bezpieczeństwo systemu finansowego (i jego regulacje)	157
5.3. Ewolucja blockchaina w początkach rozwoju smart kontraktów	157
5.3.1. Bezpieczeństwo technologiczne	158
5.3.2. Bezpieczeństwo użytkowników	159
5.3.3. Bezpieczeństwo systemu finansowego	160
5.4. Ewolucja rynku blockchainowego w okresie boomu ICO	162
5.4.1. Bezpieczeństwo technologiczne	162
5.4.2. Bezpieczeństwo użytkowników	164
5.4.3. Bezpieczeństwo systemu finansowego	165
5.5. Ewolucja rynku blockchainowego w okresie boomu DeFi	166
5.5.1. Bezpieczeństwo technologiczne	167
5.5.2. Bezpieczeństwo użytkowników	168
5.5.3. Bezpieczeństwo systemu finansowego	169
5.6. Ewolucja rynku blockchainowego w ostatnich latach	172
5.6.1. Bezpieczeństwo technologiczne	172
5.6.2. Bezpieczeństwo użytkowników	174
5.6.3. Bezpieczeństwo systemu finansowego	177
5.7. Perspektywy bezpieczeństwa rynku blockchainowego	179
5.7.1. Bezpieczeństwo technologiczne	179
5.7.2. Bezpieczeństwo użytkowników	180
5.7.3. Bezpieczeństwo systemu finansowego	181
Podsumowanie	182
Bibliografia	183

ROZDZIAŁ 6. Dowody z wiedzą zerową: prywatność, skalowalność i bezpieczeństwo w sieciach blockchain	187
Wprowadzenie	187
6.1. Definicja dowodu z wiedzą zerową	188
6.2. Grota Ali Baby — przykład protokołu dowodu z wiedzą zerową	189
6.3. Typy protokołów dowodu z wiedzą zerową	192
6.3.1. Protokół interaktywny	192
6.3.2. Protokół nieinteraktywny	193
6.4. Przykłady protokołów nieinteraktywnych	194
6.4.1. ZK-SNARK	195
6.4.2. ZK-STARK	197
6.5. Zcash — implementacja protokołu ZK-SNARK	197
6.6. Rozwój i zastosowania dowodów z wiedzą zerową	200
6.6.1. Ochrona danych osobowych	200
6.6.2. Potwierdzenia	200
6.6.3. Przykłady zastosowań ZKP	201
6.6.4. Skalowalność blockchaina	202
Podsumowanie	204
Bibliografia	205
ROZDZIAŁ 7. Kryptografia postkwantowa w sieciach blockchain: zabezpieczenie przed zagrożeniami komputerów kwantowych	206
Wprowadzenie	206
7.1. Kryptografia w blockchainie	206
7.1.1. Cyberbezpieczeństwo kryptowalut na przykładzie Bitcoina	207
7.1.2. Skala zagrożenia	209
7.1.3. Cechy komputerów kwantowych	210
7.1.4. Działanie komputerów kwantowych na przykładzie IBM Q System One	211
7.1.5. Standaryzacja kryptografii postkwantowej	213
7.1.6. Działania NIST poświęcone PQC	213
7.2. Wpływ kryptografii postkwantowej na systemy blockchainowe	214
7.2.1. Początki PQC	214
7.2.2. Zalecane algorytmy PQC dla systemów blockchainowych	215
7.3. Projektowanie systemów blockchainowych w erze postkwantowej	216
7.3.1. Implementacja PQC w istniejących systemach blockchainowych	217
7.3.2. Rozwiązanie Quantum Secured Blockchain z wykorzystaniem QKD	218
Podsumowanie	219
Bibliografia	219

CZĘŚĆ II. ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII BLOCKCHAIN

ROZDZIAŁ 8. Blockchain w logistyce: transparentność i bezpieczeństwo w łańcuchu dostaw	223
Wprowadzenie	223
8.1. Teoretyczne podstawy zastosowań blockchaina w logistyce i łańcuchach dostaw	224
8.1.1. Zabezpieczenie danych i transakcji w logistyce	224
8.1.2. Transparentność procesów i transakcji w logistyce	225
8.1.3. Automatyzacja procesów logistycznych	226
8.1.4. Monitorowanie zapasów i zarządzanie nimi	227
8.1.5. Optymalizacja kosztów i ryzyk w logistyce	228
8.1.6. Blockchain jako narzędzie budowania zaufania w logistyce	228
8.2. Śledzenie żywności w łańcuchu dostaw	231
8.2.1. Śledzenie pochodzenia żywności przez Walmart	231
8.2.2. Rozwiązanie IBM Food Trust	232
8.2.3. Przypadek mleczarni z Ekwadoru	233
8.2.4. Śledzenie jajek — Avril Group	233
8.2.5. Śledzenie kawy — aplikacja Thank My Farmer	234
8.2.6. Śledzenie pochodzenia łososi — firma Mowi	235
8.2.7. Śledzenie pochodzenia oliwy — Certified Origins Italia i Oracle Blockchain	236
8.3. Wybrane przypadki wykorzystania blockchaina w logistyce i łańcuchach dostaw	236
8.3.1. Śledzenie leków — projekt MediLedger	237
8.3.2. Zarządzanie dokumentami w logistyce — Kuehne+Nagel	238
8.3.3. Obieg dokumentów w łańcuchach dostaw — CargoSmart i Oracle Blockchain Platform	239
8.3.4. Zarządzanie logistyką firmy UPS	240
8.3.5. Śledzenie części samochodowych — firma Ford	240
8.3.6. Łańcuch dostaw koncentratów mineralnych BHP Group	241
8.3.7. Śledzenie towarów ShipChain — problemy regulacyjne w zakresie ICO	241
8.3.8. Warunki transportu produktów farmaceutycznych — start-up Modum	242
8.4. Porównanie zastosowań blockchaina oraz wyzwania stojące przed branżą logistyczną i łańcuchami dostaw	243
8.4.1. Porównanie zastosowania blockchaina w różnych sektorach logistyki	243
8.4.2. Wyzwania stojące przed branżą logistyczną i łańcuchami dostaw	244
Podsumowanie	246
Bibliografia	247

ROZDZIAŁ 9. Blockchain w rolnictwie i sektorze żywnościowym251

Wprowadzenie	251
9.1. Monitoring i kontrola łańcucha dostaw	251
9.1.1. Współczesne wyzwania łańcuchów żywnościowych	251
9.1.2. Blockchain jako odpowiedź na wyzwania sektora żywnościowego	253
9.2. Ubezpieczenia rolne	256
9.2.1. Szczególna waga ubezpieczeń rolnych	256
9.2.2. Blockchain jako odpowiedź na wyzwania ubezpieczeń rolnych	256
9.2.3. Przykłady zastosowań blockchaina w ubezpieczeniach rolnych	258
9.3. Prawa własności gruntów rolnych	260
9.3.1. Wyzwania związane z własnością gruntów rolnych	260
9.3.2. Blockchain jako wsparcie rejestracji gruntów rolnych	261
Podsumowanie	262
Bibliografia	262

**ROZDZIAŁ 10. Blockchain w medycynie i ochronie zdrowia:
innowacje w zarządzaniu danymi263**

Wprowadzenie	263
10.1. Rozwiązania tradycyjne a rozwiązania oparte na blockchainie	264
10.2. Potencjalne korzyści i ryzyka zastosowania blockchaina	268
10.3. Obszary zastosowań blockchaina w medycynie i opiece zdrowotnej	270
10.4. Uwarunkowania prawne	271
10.5. Obszary zastosowań i przykłady projektów	272
10.5.1. Otwarta sieć informacji biomedycznej	273
10.5.2. Elektroniczna dokumentacja medyczna pacjentów	273
10.5.3. Badania kliniczne	277
10.5.4. Zdalne monitorowanie pacjenta	278
10.5.5. Przechowywanie danych genomicznych	279
10.5.6. Transparentność łańcucha dostaw leków	280
10.5.7. Technologia blockchain w sektorze zdrowia w Estonii	282
10.5.8. Zastosowania blockchaina w pandemii COVID-19	283
Podsumowanie	285
Bibliografia	287

**ROZDZIAŁ 11. Blockchain na rynku nieruchomości: zastosowania
i wyzwania290**

Wprowadzenie	290
11.1. Wyzwania i nieefektywności obecnego rynku nieruchomości	291
11.2. Innowacje blockchainowe w branży nieruchomości — smart kontrakty, NFT, crowdfunding, giełdy	293
11.3. Wnioski z dotychczasowych projektów i wdrożeń	295
11.4. Przykłady platform tokenizacji nieruchomości	301
11.4.1. Propy	301
11.4.2. RealT	302
11.4.3. Inne platformy	302
Podsumowanie	302

Bibliografia	303
ROZDZIAŁ 12. Blockchain w kulturze: zarządzanie prawami autorskimi i innowacje w przemysłach kultury i kreatywnych	305
Wprowadzenie	305
12.1. Blaski i cienie przemysłów kultury w czasach cyfryzacji	305
12.2. Blockchain jako odpowiedź na zagrożenia i wyzwania dla cyfrowych przemysłów kultury?	309
12.3. Nadzieje i rozwiązania dotyczące zastosowania blockchaina w przemysłach kultury	310
12.3.1. Ochrona osobistych praw autorskich	310
12.3.2. Zarządzanie majątkowymi prawami autorskimi	312
12.3.3. Ekosystemy finansowania społecznościowego	314
12.3.4. Ekosystem zarządzany przez społeczność	316
12.4. Wyzwania związane z blockchainem w kulturze	317
Podsumowanie	318
Bibliografia	319
ROZDZIAŁ 13. Blockchain w szkolnictwie wyższym: transparentność i weryfikacja dyplomów	323
Wprowadzenie	323
13.1. Dokumentowanie i archiwizowanie ścieżki edukacyjnej	323
13.1.1. Problemy i możliwe rozwiązania za pomocą blockchaina	323
13.1.2. Zastosowania i przykłady na świecie	324
13.2. Zatrudnianie absolwentów — weryfikacja dyplomów	325
13.2.1. Problemy i możliwe rozwiązania za pomocą blockchaina	325
13.2.2. Zastosowania i ich przykłady	326
13.3. Wymiana informacji akademickich	328
13.3.1. Problemy i możliwe rozwiązania	328
13.3.2. Przykłady zastosowań na świecie	329
13.4. Blockchain a nowe modele płatności za edukację wyższą	329
13.4.1. Problemy i możliwości rozwiązań za pomocą blockchaina	329
13.4.2. Przykłady wdrożeń płatności w kryptowalutach za czesne	330
13.5. Globalne inicjatywy edukacyjne w dziedzinie technologii blockchain	331
13.5.1. Problemy i możliwości rozwiązań za pomocą blockchaina	331
13.5.2. Przykłady kształcenia uniwersyteckiego w zakresie blockchaina	332
13.6. Metawersum w zdalnej edukacji	333
13.6.1. Problemy w tradycyjnych modelach edukacji zdalnej i możliwości rozwiązań	333
13.6.2. Przykłady zastosowań i wdrożeń	333
Podsumowanie	334
Bibliografia	335
ROZDZIAŁ 14. Blockchain w demokracji: e-głosowania i projekt iVoting	337
Wprowadzenie	337
14.1. Demokracja bezpośrednia — koncepcja i przykłady	337
14.1.1. Przykład Szwajcarii	338
14.1.2. Inne kraje o zaawansowanej demokracji bezpośredniej	339

14.1.3. Inne przemiany w systemach demokracji	342
14.2. Technologia a wybory	342
14.2.1. Wyzwania dotyczące e-głosowań	343
14.2.2. E-wybory w Estonii	344
14.2.3. Wybory w Australii w 2015 roku	346
14.3. Przykłady zastosowania blockchaina w głosowaniach	346
14.4. Projekt iVoting	350
14.4.1. Założenia projektu	351
14.4.2. Badania nad technologią blockchain	352
14.4.3. Anonimowość głosujących	353
14.4.4. Badanie alternatywnych rozwiązań dotyczących anonimizacji	354
14.4.5. Odporność systemu na ataki DDoS oraz inne badania i prace	356
14.4.6. Badania przemysłowe nad portfelem sprzętowym	357
14.4.7. Podsumowanie projektu	358
Podsumowanie	358
Bibliografia	359

ROZDZIAŁ 15. Blockchain w zarządzaniu tożsamością: bezpieczeństwo

i prywatność	363
Wprowadzenie	363
15.1. Czym jest tożsamość cyfrowa?	364
15.1.1. Pojęcie cyfrowej tożsamości	364
15.1.2. Tożsamość cyfrowa a tożsamość suwerenna	367
15.1.3. Identyfikacja, uwierzytelnienie i autoryzacja	368
15.2. Zintegrowane relacje zaufania i zarządzanie danymi w tożsamości cyfrowej	370
15.2.1. Zintegrowane relacje zaufania	370
15.2.2. Dostęp do tożsamości cyfrowej i zarządzanie danymi	370
15.2.3. Inicjatywa europejskich ram tożsamości samosuverennych	373
15.3. Blockchain a tożsamość cyfrowa	373
15.3.1. Tożsamość cyfrowa w istniejących sieciach blockchain	373
15.3.2. Blockchain jako możliwy fundament suwerennej tożsamości cyfrowej	376
15.4. Przykłady zastosowań	378
15.4.1. Przykłady rozwiązań i inicjatyw SSI wykorzystujących blockchain	378
15.4.2. Wyzwania związane z integracją blockchaina z tradycyjnymi systemami	385
15.4.3. Przykłady zastosowań SSI w różnych sektorach	386
Podsumowanie	387
Bibliografia	388

ROZDZIAŁ 16. Tokeny cyfrowe w kompensowaniu emisji CO₂393

Wprowadzenie	393
16.1. Rynki emisji CO ₂	394
16.2. Cechy kredytów węglowych	395
16.3. Wyzwania związane z kredytami węglowymi	397

16.4. Tokeny węglowe	398
16.5. Potencjalne zastosowanie blockchaina	399
16.6. Przykład istniejących rozwiązań	402
Podsumowanie	405
Bibliografia	406

ROZDZIAŁ 17. Blockchain w działaniach prospołecznych: innowacje

i transparentność	408
Wprowadzenie	408
17.1. Innowacje społeczne i ich funkcje	408
17.2. Blockchain w działaniach prospołecznych UE i OECD	409
17.3. Przykłady zastosowań blockchaina w działaniach prospołecznych	415
17.4. Rozwiązania blockchainowe w organizacjach społecznych	418
Podsumowanie	421
Bibliografia	422

ROZDZIAŁ 18. Społeczności blockchainowe: zaufanie, innowacje

i zarządzanie w zdecentralizowanych projektach	424
Wprowadzenie	424
18.1. Ewolucja społeczności w projektach blockchainowych	425
18.1.1. Początki społeczności blockchainowych	425
18.1.2. Systematyzacja społeczności blockchainowych	428
18.2. Społeczności i mechanizmy zarządzania w projektach blockchainowych — analiza literatury naukowej i wnioski z niej	431
18.2.1. Badania nad technologią blockchain i zarządzaniem społecznościami	432
18.2.2. Badania nad mechanizmami zachęt i ich wpływem na zaangażowanie społeczności	434
18.2.3. Badania nad rolą społeczności i ideologii w projektach blockchainowych	435
18.2.4. Wnioski z analizy literatury	436
18.3. Technologia blockchain jako narzędzie wspierające społeczności	437
18.4. Społeczności jako czynnik sukcesu projektów blockchainowych	440
18.4.1. Zaufanie jako czynnik warunkujący rezultaty projektów blockchainowych	440
18.4.2. Wpływ czynników psychologicznych na społeczności blockchainowe	442
18.4.3. Zaangażowanie społeczności jako katalizator rozwoju projektów	443
18.4.4. Mechanizmy i narzędzia społecznościowego zarządzania projektami blockchainowymi	444
18.4.5. Zarządzanie konfliktami i różnorodnością w społecznościach blockchainowych	445
Podsumowanie	448
Bibliografia	449
Informacje o twórcach	451
Skorowidz	455

Wstęp

Technologia blockchain to zdecentralizowane i rozproszone systemy teleinformatyczne oraz sposoby ich wytwarzania. Istotą decentralizacji jest niezależność od jednego podmiotu gospodarczego lub instytucji. Systemy takie służą do trwałej rejestracji danych, wykonywania obliczeń i synchronizacji działań współpracujących podmiotów. Pierwszymi zastosowaniami takich systemów były kryptowaluty: bitcoin, a następnie litecoin, peercoin, XRP i inne. Nazwa „blockchain” wywodzi się od łańcucha bloków danych powiązanych funkcjami kryptograficznymi. Dziś systemy blockchainowe są ze sobą łączone w bardziej złożone struktury lub stanowią komponenty bardziej złożonych systemów teleinformatycznych, łączących rozwiązania scentralizowane ze zdecentralizowanymi. Ich rozwój powoduje istotne zmiany społeczno-ekonomiczne.

Blockchain jest więc pojęciem szerszym niż sama tylko technologia. Jest zjawiskiem wielowymiarowym, obejmującym szeroki wachlarz dziedzin, od technologii po finanse, prawo, gospodarkę i społeczeństwo. Naszą misją było stworzenie publikacji, która nie tylko zainspiruje czytelników do poszerzania wiedzy na temat tej innowacyjnej technologii, ale również uświadomi jej głębię i wieloaspektowość. Blockchain to nie tylko przełomowa technologia, ale także dynamicznie rozwijający się ekosystem, który wymaga interdyscyplinarnego podejścia, aby w pełni zrozumieć i wykorzystać jego potencjał.

Blockchain to zjawisko globalne i antykruche¹ — jego rozwój opiera się na decentralizacji, odporności na zmiany i przystosowywaniu do nowych wyzwań. Z jednej strony fascynuje technologicznymi rozwiązaniami, takimi jak mechanizmy konsensusu czy kryptografia, z drugiej zmienia całe sektory gospodarki, wprowadzając nową formę zaufania i transparentności. Rozmowa o blockchainie powoduje, że świadomie lub nieświadomie dotykamy aspektów ekonomicznych, prawnych, organizacyjnych, technicznych, inwestycyjnych i społecznych. W każdej z tych domen istnieją podsystemy, które trzeba poznać i zrozumieć, aby prowadzić efektywną dyskusję na temat tej technologii.

¹ Termin „antykruchłość” (ang. *antifragile*) został wprowadzony przez Nassima Taleba i oznacza systemy lub struktury, które zyskują na trudnych warunkach lub w wyniku niepewności i wstrząsów, zamiast się załamywać. W kontekście blockchaina odnosi się to do faktu, że sieci zdecentralizowane, takie jak blockchain, mogą być odporne na zewnętrzne zakłócenia, a nawet rozwijać się pod wpływem takich czynników. Por. T.N. Taleb, *Antykruchłość. Jak żyć w świecie, którego nie rozumiemy*, Zysk i S-ka, Warszawa 2020.

Kompendium technologii blockchain

Inspiracją do stworzenia kompendium poświęconego blockchainowi, którego pierwszą częścią jest niniejsza książka, była rosnąca potrzeba uporządkowania dynamicznie rozwijających się zagadnień związanych z technologią blockchain. Przez wiele lat brakowało na rynku polskim kompleksowego opracowania, które jednocześnie sprostałoby wymaganiom zarówno specjalistów z dziedziny technologii, finansów, prawa, jak i osób, które dopiero rozpoczynają swoją przygodę z blockchainem. Pomimo licznych publikacji technologia ta rozwija się tak szybko, że trudno nadążyć za wszystkimi nowymi koncepcjami, wdrożeniami i regulacjami. Z tego powodu powstał pomysł stworzenia serii książek, które oferowałyby zarówno przystępny wstęp dla nowicjuszy, jak i pogłębione analizy dla ekspertów.

Kompendium blockchaina obejmuje trzy książki, które w sposób kompleksowy i wyczerpujący omawiają różne aspekty tej technologii. To publikacja łącząca treści podręcznikowe z bardziej zaawansowaną analizą najistotniejszych zagadnień.

1. Technologia i jej zastosowania

Pierwsza książka stanowi szerokie wprowadzenie do technologii blockchain, od podstawowych zasad działania, przez analizę mechanizmów konsensusu i bezpieczeństwa, po różnorodne zastosowania w różnych sektorach gospodarki. Znajdują się tu analizy dotyczące mechanizmów sieci blockchain, kryptografii postkwantowej, suwerennej tożsamości cyfrowej, a także możliwości, jakie niesie za sobą tokenizacja czy inteligentne kontrakty (smart kontrakty). Zawarto również rozdziały poświęcone zastosowaniom blockchaina w takich dziedzinach jak logistyka, medycyna, rolnictwo, nieruchomości czy systemy zarządzania przedsiębiorstwami społecznymi. Rozdział o społecznościach blockchainowych analizuje zaś, jak zaufanie i innowacje mogą kształtować zdecentralizowane projekty.

W tej książce zawarto zarówno solidne podstawy technologiczne, jak i bardziej zaawansowane kwestie dotyczące przyszłości technologii blockchain, jej wyzwań i możliwości. Jej celem jest dostarczenie narzędzi nie tylko do zrozumienia technologii, ale także do jej wdrożenia w praktyce.

2. Zagadnienia prawne

Druga książka skupia się na prawnych i regulacyjnych aspektach technologii blockchain z naciskiem na rynek aktywów cyfrowych. W tej części znajdują się analizy dotyczące oszustw, przestępczości związanej z kryptowalutami oraz unijnych regulacji, takich jak MiCA (ang. *Markets in Crypto-Assets*). Zostały także poruszone zagadnienia prawne związane z tokenizacją, smart kontraktami oraz ochroną własności intelektualnej w kontekście NFT. Oferuje zarówno międzynarodową perspektywę prawną, jak i szczegółowe analizy przepisów w różnych krajach, w tym w Polsce. Zawiera również dyskusje na temat regulacji przeciwdziałających praniu pieniędzy oraz ochrony konsumentów.

Informacje zawarte w tej książce są kluczowe dla prawników, regulatorów, przedsiębiorców i instytucji finansowych, które muszą poruszać się po złożonym krajobrazie prawnym dotyczącym aktywów cyfrowych.

3. Kryptoekonomia i zdecentralizowane finanse

Trzecia książka, poświęcona jest kryptoekonomii i zdecentralizowanym finansom (DeFi), analizuje wpływ kryptowalut na tradycyjne rynki finansowe oraz eksploruje nowe modele inwestycji. Znajdują się tu analizy różnych form inwestowania w blockchain, jak również omówienia ryzyk i korzyści związanych z kryptowalutami. Obejmuje także analizę zdecentralizowanych giełd, mechanizmów działania automatycznych animatorów rynku (AMM), jak również tokenizację nieruchomości, obligacji oraz rynków kapitałowych. Zawiera także opisy nowatorskich metod finansowania opartych na blockchainie, takich jak tokenizacja akcji czy obligacji.

Ta część jest nieoceniona dla inwestorów, ekonomistów i przedsiębiorców, którzy chcą lepiej zrozumieć mechanizmy rynków zdecentralizowanych finansów oraz różnorodne możliwości, jakie te rynki oferują.

Całe *Kompendium blockchaina* to najbardziej kompletna i szczegółowa seria tekstów na temat technologii blockchain, dostępna nie tylko na polskim rynku — podobnie obszernego dzieła nie ma na rynkach międzynarodowych. Każda książka w sposób całościowy omawia inny aspekt ekosystemu blockchaina: od technicznych i technologicznych podstaw, przez kwestie regulacyjne, aż po zastosowania finansowe i inwestycyjne. Seria ta stanowi solidny fundament wiedzy i jest doskonałym punktem wyjścia do dalszych badań i wdrożeń tej przełomowej technologii.

Blockchain nieustannie ewoluuje, a *Kompendium* ma na celu dostarczenie czytelnikowi narzędzi i wiedzy, które pozwolą nie tylko na zrozumienie tego, co już istnieje, ale także na wyciąganie wniosków i formułowanie hipotez dotyczących przyszłości tej technologii.

Adresaci książki

Adresujemy tę książkę do szerokiego grona czytelników — zarówno do specjalistów w dziedzinach technologii, finansów i prawa, jak i do osób, które chcą lepiej zrozumieć, jak blockchain może wpływać na przyszłość globalnej gospodarki i społeczeństwa. Publikacja ta jest skierowana do naukowców, studentów, przedsiębiorców, inwestorów oraz wszystkich zainteresowanych nowoczesnymi technologiami. Wierzmy, że znajdą w niej inspirację zarówno ci, którzy już dobrze znają blockchain, jak i ci, którzy dopiero zaczynają swoją przygodę z tą technologią.

Podjęliśmy trud stworzenia wszechstronnego opracowania, które — choć nie obejmuje wszystkich aspektów — zainspiruje do dalszej eksploracji i rozwoju wiedzy o blockchainie. To nie jest tylko książka o technologii, to spojrzenie na to, jak blockchain może zmieniać świat, w którym żyjemy, od transparentnych transakcji po zdecentralizowane formy zarządzania, otwierając nowe perspektywy w wielu sektorach gospodarki i życia społecznego.

Wyróżniki książki

Niniejsza książka wyróżnia się na rynku wydawniczym przede wszystkim wysoką **jakością** merytoryczną i interdyscyplinarnym podejściem do tematyki blockchaina. Na tle wielu dostępnych publikacji ta pozycja pokazuje kompleksowe spojrzenie zarówno na techniczne, jak i praktyczne zastosowania tej technologii, co czyni ją szczególnie wartościową dla różnych grup czytelników — od naukowców, przez praktyków, aż po osoby stawiające pierwsze kroki w tej dziedzinie.

Silną stroną tej publikacji jest połączenie **teorii z praktyką**. Każdy rozdział zawiera omówienie kluczowych zagadnień technologicznych, takich jak mechanizmy konsensusu, kryptografia postkwantowa czy dowody z wiedzą zerową, ale jednocześnie nie zaniedbuje praktycznych przykładów wdrożeń blockchaina w takich sektorach jak logistyka, medycyna czy nieruchomości. Tego rodzaju równowaga między teorią a praktyką jest rzadko spotykana w literaturze dotyczącej blockchaina.

Dodatkowo książka wyróżnia się wysokim poziomem zaangażowania **autorów**, którzy są zarówno ekspertami akademickimi, jak i praktykami z różnych branż. Każdy rozdział był wielokrotnie recenzowany przez wszystkich redaktorów, co zapewnia spójność, precyzję i wyczerpujące ujęcie tematu.

W porównaniu do innych książek o blockchainie, nie tylko w Polsce, ale i za granicą, ta publikacja jest wyjątkowa pod względem **szerokości tematycznej** — obejmuje zarówno techniczne aspekty, jak i konkretne zastosowania w wielu sektorach gospodarki. Dla czytelnika szukającego solidnych podstaw technologicznych oraz przykładów wdrożeń książka ta będzie cennym źródłem wiedzy.

Podsumowując, przedstawiana czytelnikowi książka stanowi wartościowe, wszechstronne i dobrze opracowane kompendium wiedzy o blockchainie, które z pewnością zostanie docenione przez każdego, kto poszukuje dogłębnego zrozumienia tej technologii.

Autorzy książki

Książka została opracowana w specyficznej formule wieloautorskiej, co pozwoliło na zgromadzenie różnorodnych perspektyw oraz eksperckiej wiedzy z wielu dziedzin. Dzięki temu każdy rozdział został opracowany przez specjalistów o głębokim zrozumieniu technologii blockchain oraz jej zastosowań w różnych sektorach. Taki model pracy zapewnia szerokie, interdyscyplinarne spojrzenie na technologię, co jest istotne w przypadku tak złożonej i dynamicznie rozwijającej się dziedziny jak blockchain.

Autorzy książki to zróżnicowana grupa specjalistów łączących wiedzę akademicką i praktyczną z zakresu blockchaina i mających szerokie doświadczenie w różnych sektorach. Wielu z nich jest absolwentami, a kilku wykładowcami studiów podyplomowych „Blockchain: Biznes, Prawo, Technologia” w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Ich kariery obejmują pracę na uczelniach, w firmach technologicznych oraz korporacjach, w tym międzynarodowych. Większość autorów ma także silne kompetencje w dziedzinach takich jak ekonomia, informatyka, zarządzanie i technologie cyfrowe, co pozwala im na interdyscyplinarne podejście do badania i opisywania wdrożeń technologii blockchain.

Część zespołu autorskiego stanowią pracownicy akademicy, którzy prowadzą badania i wykładają na prestiżowych uczelniach w Polsce, takich jak Szkoła Główna Handlowa czy Politechnika Warszawska. Wśród autorów znajdują się także praktycy z branż związanych z IT, rolnictwem, kulturą, edukacją i nieruchomościami, którzy zajmują się wdrażaniem innowacyjnych rozwiązań technologicznych. Wspólnym mianownikiem dla wszystkich autorów jest głębokie zaangażowanie w tematykę blockchaina zarówno w teorii, jak i w praktyce, co umożliwia kompleksowe spojrzenie na jego potencjał oraz wyzwania, z którymi musi się zmierzyć.

Redaktorzy naukowci książki

Redaktorzy tej książki — Krzysztof Piech, Grzegorz Sobiecki i Jacek Wytrębowski — włożyli ogromny wysiłek w przygotowanie publikacji mającej na celu przybliżenie złożonych zagadnień technologii blockchain w możliwie prosty sposób, dostępny dla każdego czytelnika. Każdy z nich wniósł unikalne kompetencje i doświadczenie, które znacząco wpłynęły na jakość opracowania.

Doktor hab. Krzysztof Piech, profesor Uczelni Łazarskiego, to ekspert z ponad 10-letnim doświadczeniem w dziedzinie kryptowalut, który na przestrzeni lat prowadził badania nad innowacjami oraz rynkiem cyfrowym. Jego praca naukowa i praktyczna obejmuje szereg inicjatyw związanych z regulacjami rynku blockchain, a także zarządzanie projektami badawczymi wykorzystującymi technologię blockchain. Piech jest jednym z pionierów wprowadzania studiów z zakresu kryptowalut w Polsce.

Doktor Grzegorz Sobiecki, związany ze Szkołą Główną Handlową w Warszawie, jest twórcą pierwszych w Polsce studiów podyplomowych poświęconych blockchainowi, które cieszą się popularnością od wielu lat. Obserwuje i bada obszar kryptoaktywów i blockchaina od 2011 roku. Jest współtwórcą i Prezesem Zarządu Stowarzyszenia Ekspertów Blockchain, współpracował w projektach badawczych, wdrożeniowych i konsultingowych. Jego szeroka wiedza i kontakty w branży sprawiają, że ma dostęp do najnowszych trendów oraz najlepszych specjalistów w kraju, co znacząco wzbogaciło publikację.

Doktor Jacek Wytrębowski, wykładowca Instytutu Informatyki Politechniki Warszawskiej, wniósł ponad 40-letnie doświadczenie w dziedzinie informatyki, ze szczególnym naciskiem na sieci komputerowe. Dzięki jego wiedzy możliwa była wnikliwa analiza technologicznych aspektów blockchaina, która wzbogaciła ekonomiczne ujęcie prezentowane przez pozostałych redaktorów.

Prace nad pierwszą książką trwały ponad rok i wymagały wielokrotnego przeglądu każdego rozdziału, aby zapewnić najwyższą jakość merytoryczną. Mimo chwil wątpliwości ze względu na pracochłonność całego przedsięwzięcia redaktorzy uważają, że rezultat spełnia oczekiwania postawione sobie u zarania niniejszego projektu wydawniczego — zarówno pod względem naukowym, jak i praktycznym.

Jako redaktorzy naukowci chcieliśmy również pokazać, że w Polsce rośnie liczba osób, które zajmują się technologią blockchain w sposób rzetelny. Coraz więcej ekspertów zdobywa wiedzę poprzez studia, kursy i badania, a nie tylko czerpie ją z powierzchownych informacji dostępnych w internecie. Autorzy książki są aktywnie zaangażowani

w prowadzenie badań, praktycznych projektów oraz w edukację kolejnych pokoleń specjalistów blockchaina, co świadczy o rosnącej profesjonalizacji tej dziedziny w Polsce.

Zawartość książki

Gdy redaktorzy zaczęli badać zjawisko kryptowalut, niemal całą podstawową wiedzę o blockchainie można było zebrać w jednej książce. Dziś zbiór zagadnień jest tak duży i obejmuje tak wiele obszarów wiedzy (biznes, inwestycje, prawo, technologie, zjawiska społeczne), że aby zaprezentować rzetelnie wszystkie te zagadnienia, należałoby wydać przynajmniej kilkanaście książek. Staraliśmy się możliwie szeroki zakres zagadnień zebrać w trzech książkach.

Pierwszy tom trylogii podzielony jest na dwie główne części. **Pierwsza część** zajmuje się kwestiami technologicznymi, a druga — zastosowaniami technologii blockchain.

Rozdział 1. wprowadza podstawowe pojęcia technologii blockchain oraz omawia jej genezę i rozwój. Doktor Grzegorz Sobiecki wyjaśnia, w jaki sposób blockchain, jako zdecentralizowana księga rachunkowa, umożliwia przechowywanie rejestru transakcji w sposób bezpieczny i odporny na manipulacje. Opisuje struktury danych oparte na łańcuchu bloków, mechanizmy konsensusu (takie jak *Proof of Work*) oraz decentralizację, która eliminuje potrzebę zaufania do centralnych instytucji. W rozdziale omówiono również różnice między kryptowalutami a tokenami emitowanymi w ramach smart kontraktów oraz wprowadzono koncepcje takie jak „fork” i mechanizmy zachęt dla węzłów w sieci blockchain.

Rozdział 2. analizuje kluczowe mechanizmy konsensusu, które zapewniają integralność i bezpieczeństwo sieci blockchain. Doktor Grzegorz Sobiecki omawia mechanizmy *Proof of Work* (PoW) i *Proof of Stake* (PoS), wyjaśniając, jak różnią się one pod względem wymagań energetycznych oraz ryzyka centralizacji. Przedstawiono również zaawansowane mechanizmy, takie jak *Delegated Proof of Stake* (DPoS) oraz *Proof of Burn* i *Proof of Space*, które są dostosowane do specyficznych potrzeb różnych sieci blockchain. Autor zwraca uwagę na znaczenie konsensusu w ochronie przed atakiem 51% oraz na mechanizmy zachęt, które motywują węzły do utrzymania sieci.

Rozdział 3. przedstawia rozwój technologii blockchain od pierwszej generacji, która skupiała się na transferze wartości (np. Bitcoin), przez drugą generację, wprowadzającą smart kontrakty (np. Ethereum), po trzecią generację, koncentrującą się na skalowalności i interoperacyjności. Doktor Grzegorz Sobiecki i Marta Kotlarska omawiają także przyszłe kierunki rozwoju blockchaina, takie jak integracja z technologiami sztucznej inteligencji (AI) oraz internetu rzeczy (IoT), a także dalsze innowacje w zakresie efektywności i zrównoważonego rozwoju systemów blockchain.

Rozdział 4. przedstawia szczegółową analizę mechanizmów konsensusu stosowanych w sieciach blockchain. Grzegorz Sobiecki i Stanisław Marcinków omawiają klasyczne mechanizmy, takie jak *Proof of Work* (PoW) i *Proof of Stake* (PoS), oraz bardziej zaawansowane, jak *Delegated Proof of Stake* (DPoS) i *Byzantine Fault Tolerance* (BFT). Każdy z tych mechanizmów ma unikalne zalety i wady w kontekście bezpieczeństwa, decentralizacji i skalowalności. Autorzy podkreślają, że rozwój technologii blockchain wymaga ciągłego doskonalenia mechanizmów konsensusu, aby sprostać wyzwaniom skalowalności i decentralizacji w rozproszonych systemach.

Rozdział 5. autorstwa Krzysztofa Piecha to analiza ewolucji zabezpieczeń w technologii blockchain. Autor zwraca uwagę na trzy kluczowe wymiary: bezpieczeństwo technologiczne, użytkowników oraz systemu finansowego. Omówiono ochronę przed atakami hakerskimi oraz kwestie ochrony danych użytkowników i regulacji prawnych. Przedstawiono także wpływ projektów takich jak zdecentralizowane finanse (DeFi) oraz regulacji (np. MiCA w UE) na rozwój rynku blockchain. W rozdziale zaakcentowano, jak regulacje prawne ewoluują, aby zapewnić stabilność i zaufanie do technologii blockchain, szczególnie w kontekście zapobiegania oszustwom finansowym i praniu pieniędzy.

Rozdział 6. omawia znaczenie dowodów z wiedzą zerową (ang. *Zero-Knowledge Proofs*, ZKP) w kontekście zwiększania prywatności i skalowalności blockchainów. ZKP umożliwiają weryfikację informacji bez ich ujawniania, co jest szczególnie ważne w publicznych sieciach blockchain, gdzie dane są transparentne. Piotr Markiewicz przedstawia różnice między ZK-SNARK a ZK-STARK oraz omawia ich zastosowanie w poprawie efektywności sieci, takich jak Ethereum, dzięki mechanizmom ZK-rollups, które pozwalają na zmniejszenie obciążenia sieci poprzez optymalizację procesu walidacji.

Rozdział 7. analizuje zagrożenia, jakie komputery kwantowe mogą stanowić dla obecnych systemów kryptograficznych używanych w blockchainie, takich jak ECDSA i RSA. Egor Golubkov omawia rozwój algorytmów kryptografii postkwantowej (PQC), które są odporne na ataki kwantowe, oraz prezentuje sposoby kwantowej dystrybucji klucza (QKD). Autor przedstawia wyzwania i możliwości związane z implementacją PQC w blockchainach oraz omawia pionierskie projekty, które badają możliwości adaptacji blockchajna do ery postkwantowej.

Część druga książki prezentuje szereg zastosowań technologii blockchain.

Rozdział 8. omawia zastosowanie technologii blockchain w logistyce oraz zarządzaniu łańcuchami dostaw, które stają przed wyzwaniami globalizacji, rosnących oczekiwań konsumentów i potrzeby zwiększenia transparentności operacyjnej. Patryk Grzyb, Krzysztof Piech i Monika Zwierz pokazują, jak blockchain może poprawić bezpieczeństwo danych, automatyzować procesy, śledzić pochodzenie produktów oraz obniżyć koszty operacyjne. Blockchain umożliwia rejestrację transakcji w sposób niezmienny i przejrzysty, co eliminuje ryzyko fałszerstw — to zaś jest szczególnie ważne w sektorze farmaceutycznym i spożywczym. Rozdział zawiera również przegląd przykładów wdrożeń blockchaina w różnych sektorach, takich jak motoryzacja, farmacja i rolnictwo. Autorzy analizują wyzwania związane z wdrażaniem tej technologii, w tym problemy kosztowe, regulacyjne oraz ograniczenia związane z dostępnością specjalistycznej wiedzy. Mimo tych trudności blockchain ma potencjał do znacznej zmiany systemów logistycznych poprzez wprowadzenie większej przejrzystości, wydajności i zaufania między partnerami biznesowymi.

Rozdział 9. analizuje zastosowanie technologii blockchain w sektorze rolniczym, zwłaszcza w kontekście transparentności i śledzenia pochodzenia produktów. Blockchain umożliwia monitorowanie całego cyklu produkcyjnego — od uprawy, przez przetwarzanie, aż po sprzedaż detaliczną — co pozwala na zapewnienie jakości, autentyczności oraz bezpieczeństwa żywności. Mateusz Mitrowski zwraca uwagę na potencjał blockchaina do poprawy efektywności zarządzania łańcuchami dostaw, eliminacji ryzyka fałszowania danych oraz wspierania zrównoważonego rolnictwa. Przykłady wdrożeń tej technologii pokazują, jak firmy rolnicze mogą korzystać z tej technologii w certyfikacji produktów ekologicznych oraz w zapewnianiu zgodności z normami produkcyjnymi. Konsumenci

dzięki dostępowi do niezmiennych informacji o pochodzeniu produktów mogą dokonywać świadomych wyborów zakupowych. Rozdział omawia także wyzwania związane z kosztami wdrożenia i adaptacją blockchaina przez małe i średnie gospodarstwa, które często nie dysponują odpowiednimi zasobami technologicznymi.

Rozdział 10. przedstawia zastosowania technologii blockchain w medycynie i ochronie zdrowia. Autorki zwracają uwagę na jej potencjał do transformacji zarządzania danymi medycznymi oraz poprawy jakości opieki zdrowotnej. Blockchain zapewnia bezpieczne, niezienne i transparentne zarządzanie danymi, co minimalizuje ryzyko fałszerstw i nieautoryzowanego dostępu. Pacjenci zyskują pełną kontrolę nad swoimi danymi zdrowotnymi i mogą decydować, kto ma do nich dostęp, co jest szczególnie istotne w kontekście ochrony prywatności i przestrzegania regulacji, takich jak RODO. Gabriela Szpila i Magdalena Zalewska analizują przykłady globalnych wdrożeń, w tym innowacyjny system e-zdrowia w Estonii, który wykorzystuje blockchain do zarządzania danymi pacjentów w sposób zdecentralizowany. Przedstawiono również zastosowania blockchaina podczas pandemii COVID-19, m.in. w aplikacjach do śledzenia kontaktów i zarządzania danymi o szczepieniach, a także projekty BeepTrace i TraceTogether, które pokazały, jak blockchain może wspierać śledzenie kontaktów z zachowaniem wysokich standardów prywatności. Rozdział porusza także tematykę wyzwań związanych z implementacją blockchaina w sektorze medycznym, takich jak wysokie koszty wdrożenia, konieczność integracji z istniejącymi systemami oraz dostosowanie do różnych regulacji prawnych w różnych regionach świata. Pomimo tych barier blockchain umożliwia rozwiązania, które mogą znacząco poprawić jakość i efektywność systemów zdrowotnych na całym świecie.

Rozdział 11. stanowi omówienie możliwości wykorzystania technologii blockchain w sektorze nieruchomości. Autorzy podkreślają jej potencjał do poprawy efektywności, transparentności i bezpieczeństwa transakcji. Blockchain pozwala na automatyzację procesów, takich jak przenoszenie własności czy zarządzanie najmem, co obniża koszty administracyjne i minimalizuje ryzyko oszustw. Karol Kiełczyński i dr Jacek Wytrębowski analizują różne modele wdrożeń, w tym tokenizację nieruchomości oraz zastosowanie smart kontraktów do automatyzacji płatności. Przykłady wdrożeń w różnych krajach pokazują, że największe szanse na sukces mają rozwiązania hybrydowe, łączące blockchain z tradycyjnymi systemami. Podkreślono także wyzwania związane z wdrażaniem blockchaina na rynku nieruchomości, takie jak regulacje prawne, wysokie koszty i opór uczestników rynku, zwłaszcza pośredników. Mimo tych barier blockchain oferuje możliwości, które mogą znacząco usprawnić funkcjonowanie sektora nieruchomości, szczególnie w obszarach związanych z handlem i wynajmem.

Rozdział 12. wskazuje na potencjalne zastosowania technologii blockchain w przemyśle kultury, takich jak muzyka, film, literatura czy gry wideo. Blockchain oferuje możliwość poprawy zarządzania prawami autorskimi, automatyzacji płatności dla twórców oraz zwiększenia transparentności dystrybucji cyfrowych treści. Dzięki smart kontraktom możliwe jest bezpośrednie wynagradzanie artystów, co minimalizuje potrzebę angażowania pośredników, takich jak organizacje zbiorowego zarządzania (np. ZAiKS). Doktor Anna Janowska prezentuje również przykłady praktycznych wdrożeń blockchaina, które pomagają artystom zarabiać na swojej twórczości. Mimo potencjalnych korzyści autorka zwraca uwagę na wyzwania, takie jak brak globalnych standardów w zarządzaniu danymi, skomplikowane regulacje prawne oraz koszty wdrożenia nowych technologii. Wskazuje

także, że choć start-upy i niezależni twórcy chętnie eksperymentują z technologią blockchain, duże korporacje kulturalne wciąż pozostają sceptyczne wobec tych innowacji.

Rozdział 13. to analiza zastosowania technologii blockchain w szkolnictwie wyższym. Autorzy koncentrują się na jej potencjale do zwiększenia transparentności, bezpieczeństwa i efektywności w zarządzaniu danymi akademickimi. Krzysztof Piech i Iurii Roslov omawiają, jak blockchain może usprawnić procesy dokumentowania ścieżki edukacyjnej i weryfikacji dyplomów, eliminując fałszerstwa i przyspieszając globalne uznawanie kwalifikacji. Przykłady wdrożeń w USA i Europie pokazują, że blockchain umożliwia szybkie, bezpieczne i niezawodne zarządzanie danymi akademickimi. Rozdział ten przedstawia również wyzwania związane ze stosowaniem blockchaina w szkolnictwie, takie jak brak standardów, wysokie koszty oraz skomplikowane regulacje prawne. Pomimo tych barier blockchain otwiera nowe możliwości w zakresie automatyzacji i innowacji w procesach edukacyjnych, zwłaszcza w kontekście międzynarodowej współpracy akademickiej i wirtualnej edukacji.

Rozdział 14. omawia współczesne wyzwania i możliwości związane z wdrażaniem systemów e-głosowania, w szczególności tych opartych na technologii blockchain. Przedstawiono przykłady krajów, takich jak Szwajcaria i Estonia, które z powodzeniem wdrożyły systemy głosowań online. Szczególną uwagę poświęcono projektowi iVoting realizowanemu w Polsce, który miał na celu stworzenie zdecentralizowanego, bezpiecznego systemu głosowania online. Marcin Gawlas i Krzysztof Piech omawiają badania nad różnymi modelami konsensusu oraz zaawansowanymi algorytmami kryptograficznymi, które mogą zapewnić anonimowość i bezpieczeństwo wyborów. Rozdział kończy się podsumowaniem wyników projektu, który potwierdził możliwość stworzenia systemu e-głosowania opartego na blockchainie, jednak autorzy wskazują na potrzebę dalszych badań nad jego skalowalnością i odpornością na nowe zagrożenia techniczne, takie jak komputery kwantowe.

Rozdział 15. jest omówieniem zastosowania blockchaina do zarządzania tożsamością cyfrową. Autorzy koncentrują się na modelu Self-Sovereign Identity (SSI). Technologia ta pozwala użytkownikom przechowywać swoje dane tożsamościowe i zarządzać nimi w sposób zdecentralizowany z pominięciem pośredników. Michał Kaluga i Krzysztof Piech przedstawiają przykłady zastosowań SSI, podkreślając, jak blockchain może się przyczynić do poprawy prywatności i bezpieczeństwa danych. Omówiono również wyzwania związane z regulacjami prawnymi oraz interoperacyjnością systemów SSI.

Rozdział 16. omawia zastosowanie tokenów cyfrowych opartych na technologii blockchain w kompensowaniu emisji CO₂. Marta Kotlarska przedstawia ewolucję rynku kredytów węglowych — od tradycyjnych mechanizmów obowiązkowych i dobrowolnych po innowacyjne formy cyfrowe. Autorka analizuje cechy, ograniczenia i wyzwania systemów kredytów węglowych, a następnie pokazuje, jak tokenizacja może zwiększyć przejrzystość, płynność i dostępność rynków kompensacyjnych. Szczególną uwagę poświęcono projektowi Open Forest Protocol, który umożliwia cyfrowe monitorowanie i certyfikację projektów zalesiania przy użyciu tokenów NFT. Dzięki smart kontraktom i decentralizacji tokeny węglowe mogą być narzędziem walki ze zmianami klimatu.

Rozdział 17. omawia potencjalne zastosowania technologii blockchain w przedsiębiorstwach społecznych, które realizują cele o charakterze społecznym, a nie tylko finansowym. Blockchain oferuje narzędzia do zwiększenia transparentności, efektywności

i bezpieczeństwa działań organizacji społecznych. Doktor Ewelina Florczak wskazała na projekty wspierane przez Komisję Europejską, takie jak konkurs „Blockchains for social good”, które promują innowacyjne rozwiązania w takich obszarach jak pomoc humanitarna, włączenie finansowe czy gospodarka o obiegu zamkniętym. Przykłady zastosowań technologii blockchain obejmują identyfikację beneficjentów, transparentne zarządzanie darowiznami, a także wspieranie innowacji w systemach mikrofinansowania. Autorka podkreśla także znaczenie inicjatyw międzynarodowych, takich jak Europejska Infrastruktura Usług Blockchain (EBSI), które mają na celu rozwój zrównoważonych i transparentnych systemów zarządzania danymi na poziomie społecznym i publicznym.

Rozdział 18. ukazuje fundamentalną rolę społeczności w projektach blockchainowych. Krzysztof Piech przedstawia społeczności jako fundamenty decentralizacji, kształtujące kierunek rozwoju projektów, tworzące wartości i promujące innowacje. Systemy blockchainowe bazują na współpracy różnych interesariuszy, takich jak deweloperzy, użytkownicy, walidatorzy i posiadacze tokenów, którzy współtworzą te systemy. W rozdziale przedstawiono ewolucję społeczności, od początkowych grup związanych z Bitcoinem aż po współczesne, bardziej złożone struktury wokół projektów takich jak Ethereum czy DeFi. Omówiono również znaczenie mechanizmów konsensusu i systemów zachęt, które kształtują zaangażowanie społeczności. Autor podkreśla znaczenie zaufania, przywództwa i zarządzania konfliktami w tych projektach. Przykłady projektów, takich jak The DAO, pokazują zarówno potencjał, jak i wyzwania dla społeczności blockchainowych. Analizowane są również nowe formy organizacji, takie jak zdecentralizowane autonomiczne organizacje (DAO), które umożliwiają demokratyczne podejmowanie decyzji przez społeczności.

Wnioski z książki

Z niniejszej książki wynikają następujące główne wnioski:

Blockchain stanowi fundamentalny element cyfrowej transformacji, umożliwiając decentralizację i automatyzację procesów w wielu sektorach gospodarki.

Blockchain jest technologią, która wspomaga cyfrową transformację w wielu sektorach, od finansów i logistyki po medycynę i rolnictwo. Dzięki decentralizacji eliminuje konieczność pośredników, co znacząco zwiększa przejrzystość i efektywność operacyjną. W różnych sektorach blockchain wspiera automatyzację procesów, takich jak zarządzanie tożsamością cyfrową (SSI), transakcje w sektorze nieruchomości czy zarządzanie danymi medycznymi, co zwiększa bezpieczeństwo i wiarygodność tych operacji. Zastosowanie blockchaina w różnych obszarach (logistyka, medycyna, edukacja) wskazuje na jego uniwersalność i potencjał do transformacji gospodarek na skalę globalną.

Blockchain nie tylko zapewnia integralność danych (rozdziały 1. – 6.), ale także poprawia transparentność w zarządzaniu łańcuchami dostaw (rozdziały 8. i 9.), w systemach zdrowotnych (rozdział 10.) oraz edukacyjnych (rozdział 13.). Jego potencjał leży w automatyzacji procesów i zwiększaniu efektywności, co stanowi filar cyfrowej transformacji w wielu branżach.

Skuteczne mechanizmy konsensusu są kluczowe dla zapewnienia bezpieczeństwa, skalowalności i decentralizacji systemów blockchainowych.

W książce podkreślono kluczową rolę różnych mechanizmów konsensusu, takich jak PoW, PoS, DPoS oraz BFT, które stanowią fundament bezpieczeństwa i decentralizacji sieci blockchain. Każdy z tych mechanizmów ma swoje wady i zalety, jednak ich ewolucja i adaptacja do specyficznych potrzeb różnych projektów blockchainowych odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu zaufania do tych systemów.

W wielu rozdziałach (rozdziały 2., 4., 6.) zaakcentowano znaczenie odpowiednich mechanizmów konsensusu w zapewnianiu bezpieczeństwa sieci, minimalizacji ryzyka ataków (np. ataku 51%) oraz zachowaniu decentralizacji, co ma kluczowe znaczenie w skali globalnej. Mechanizmy te również wpływają na możliwość skalowania systemów blockchainowych w przyszłości.

Technologia blockchain znacząco poprawia transparentność i buduje zaufanie w wielu branżach, eliminując fałszerstwa i usprawniając zarządzanie danymi oraz procesami.

Książka wskazuje na znaczącą rolę blockchaina w poprawie transparentności i budowaniu zaufania w takich sektorach jak logistyka, medycyna, rolnictwo czy przemysł kultury i kreatywne. Dzięki możliwości śledzenia transakcji i pochodzenia produktów blockchain zmniejsza ryzyko fałszerstw i oszustw. Technologie blockchainowe są kluczowe zwłaszcza w zarządzaniu danymi osobowymi, prawami autorskimi oraz w automatyzacji umów (smart kontrakty), co minimalizuje potrzebę angażowania pośredników.

Wnioski te są widoczne w rozdziałach poświęconych zastosowaniom blockchaina w logistyce (rozdział 8.), rolnictwie (rozdział 9.), medycynie (rozdział 10.) oraz w zarządzaniu treściami w przemysłach kultury i kreatywnych (rozdział 12.). W każdym z tych przypadków technologia blockchain usprawnia transparentność i zwiększa zaufanie między różnymi interesariuszami.

Ewolucja blockchaina oparta na innowacjach, takich jak kryptografia postkwantowa i dowody z wiedzą zerową, będzie kluczowa dla sprostania przyszłym wyzwaniom technologicznym.

Blockchain jest technologią dynamicznie się rozwijającą, która z biegiem lat ewoluuje, stawiając czoła nowym wyzwaniom technologicznym. Przyszłe kierunki rozwoju obejmują skalowalność, prywatność oraz kryptografię postkwantową, która stanie się kluczowa w kontekście zagrożeń wynikających z rozwoju komputerów kwantowych. Technologie takie jak dowody z wiedzą zerową oraz kryptografia postkwantowa mają zabezpieczyć blockchain przed nowymi zagrożeniami.

W rozdziałach 6. oraz 7. podkreślana jest rola innowacji technologicznych w zapewnianiu dalszego rozwoju blockchaina, szczególnie w kontekście zagrożeń związanych z komputerami kwantowymi. Rozwój kryptografii postkwantowej jest kluczowy dla zachowania bezpieczeństwa blockchaina w przyszłości.

Społeczności zaangażowane w projekty blockchainowe odgrywają kluczową rolę w decentralizacji, demokratyzacji decyzji i kształtowaniu innowacji w systemach blockchainowych.

Jednym z centralnych wątków książki jest znaczenie społeczności w rozwoju technologii blockchain. Społeczności te, zaangażowane w projekty blockchainowe, mają decydujący wpływ na decentralizację i kształtowanie innowacji w tych systemach. Zdecentralizowane autonomiczne organizacje (DAO) oraz różne modele zarządzania są przykładami nowoczesnych mechanizmów, które umożliwiają demokratyzację decyzji w ramach społeczności blockchainowych.

Rozdział 18. podkreśla znaczenie społeczności w budowaniu zaufania do technologii blockchain oraz wprowadzaniu innowacji. Społeczności te skupiają nie tylko użytkowników, ale również aktywnych uczestników, którzy mają realny wpływ na rozwój i kierunek systemów blockchainowych.

Blockchain ma potencjał do wspierania celów społecznych i zrównoważonego rozwoju, zwłaszcza w obszarach transparentności, włączenia finansowego i zarządzania zasobami.

Technologia blockchain wspiera cele o charakterze społecznym, takie jak włączenie finansowe, transparentność w działaniach filantropijnych czy efektywność w zarządzaniu zasobami. Przykłady projektów realizowanych w ramach „Blockchains for social good” pokazują, że blockchain może wnieść istotny wkład w realizację globalnych celów zrównoważonego rozwoju.

W rozdziale 17. wskazano na potencjał blockchajna w zwiększaniu transparentności i efektywności działań organizacji społecznych. Projekty wspierane przez instytucje takie jak Komisja Europejska wskazują na szerokie zastosowanie tej technologii w sektorze społecznym i publicznym.

Głównym wnioskiem z niniejszej książki jest to, że blockchain ma potencjał, by stać się jednym z filarów nowej ery cyfrowej, poprzez zaoferowanie unikalnego połączenia transparentności, bezpieczeństwa i decentralizacji w zarządzaniu danymi oraz procesami społecznymi, biznesowymi i technologicznymi. Wszechstronność tej technologii pozwala na przeprowadzenie znaczących zmian w różnych sektorach — od logistyki i medycyny, przez edukację i kulturę, aż po demokratyzację procesów zarządzania. Choć technologia ta napotyka wyzwania związane z regulacjami, skalowalnością i integracją, jej rozwój wskazuje na przyszłość, w której tradycyjne systemy będą się musiały dostosować do dynamicznych, bezpiecznych i globalnych rozwiązań opartych na blockchainie.

Wartość blockchajna nie leży tylko w samej technologii, ale i w jego zdolności do przeobrażania zaufania — co ma kluczowe znaczenie w społeczeństwie opartym na danych. W miarę rozwoju nowych form zabezpieczeń — takich jak kryptografia postkwantowa czy dowody z wiedzą zerową — blockchain ma potencjał nie tylko przetrwać, lecz także z czasem zdominować systemy wymagające przejrzystości i ochrony prywatności. To technologia, która na nowo definiuje sposób funkcjonowania zaufania i współpracy w globalnym świecie.

Warszawa, styczeń 2025

Krzysztof Piech, Grzegorz Sobiecki, Jacek Wytrębowski

Skorowidz

A

Acre Africa, 258
adres
 kryptograficzny, 299
 portfela, 374
adresy, 68
AgriDigital, 254
Agriledger, 254
algorytm
 konsensusu RBFT, 379
 kwantowy, 207
algorytmy kryptograficzne, PQC, 213, 214
 implementacja, 217
 zalecenia, 215
anonimizacja, 354
anonimowość głosów, 344
aplikacja
 \$LAKE, 275
 MediBloc, 275
 MyPath, 324
 Pocket, 324
 Thank My Farmer, 234
Arbol, 258
asymetria informacji, 292
atak
 51%, 56, 57, 378
 DDoS, 344, 356, 446
 Sybil, 380
ataki
 na blockchain, 151
 na systemy e-głosowań, 344
automatyzacja procesów logistycznych, 226
autoryzacja, 368, 369, 375
Avril Group, 233

B

badania kliniczne, 277
BeepTrace, 284
bezpieczeństwo, 150, 363–88
 algorytmów, 207
 systemu finansowego, 153, 157, 160, 165, 169, 177, 181

technologiczne, 151, 154, 158, 162, 167, 172, 179
użytkowników, 152, 155, 159, 164, 168, 174, 180
BHP Group, 241
BIMA, 258
Bitcoin, 27
 skrypty wydawania, 74
bizantyjska tolerancja błędów, 112, 136
blockchain, 28, 36, 45
 2.0, 75
 elementy systemu, 70
 główne zastosowania, 244
 integracja z tradycyjnymi systemami, 385
 konsorcjalny, 299
 legalny, 104
 porównanie zastosowań, 243
 prywatny, 299
 struktura danych, 29
 tożsamość cyfrowa, 373
zastosowanie
 1Kosmos BlockID, 383
 automatyzacja procesów
 logistycznych, 226
 badania kliniczne, 277
 budowanie zaufania, 228
 dane medyczne pacjenta, 266
 demokracja bezpośrednia, 337
 dokumentowanie i archiwizowanie
 ścieżki edukacyjnej, 323
 e-głosowania, 343
 ekosystem zarządzany przez
 społeczność, 316
 ekosystemy finansowania
 społecznościowego, 314
 elektroniczna dokumentacja
 medyczna, 273
 e-wybory w Estonii, 344
 globalne inicjatywy edukacyjne, 331
 głosowanie online iVote, 346
 kontrola łańcucha dostaw, 251
 korzyści i ryzyka, 268
 kredyty węglowe, 399

blockchain

zastosowanie

kształcenie uniwersyteckie, 332
 medyczny system bazodanowy, 266
 modele płatności za edukację, 329
 monitorowanie zapasów, 227
 na rynku nieruchomości, 290
 obieg dokumentów, 239
 ochrona praw autorskich, 310
 odpowiedź na zagrożenia i wyzwania, 309
 optymalizacja kosztów i ryzyk, 228
 platforma Civic, 382
 platforma SelfKey, 382
 platformy tokenizacji nieruchomości, 301
 program Horyzont 2020, 373
 projekt Human Passport, 380
 projekt ID2020, 378
 projekt iVoting, 350
 projekt uPort, 381
 projekt World ID, 385
 projekt zalesiania i odnowy lasów, 402
 przechowywanie danych
 genomicznych, 279
 sieć informacji biomedycznej, 273
 suwerenna tożsamość cyfrowa, 376
 system Polygon ID, 384
 śledzenie części samochodowych, 240
 śledzenie leków, 237
 śledzenie towarów ShipChain, 241
 śledzenie żywności, 231–236
 transparentność procesów i transakcji, 225
 uwarunkowania prawne, 271
 w branży nieruchomości, 293
 w demokracji, 337
 w działaniach prospołecznych, 408, 409, 415
 w głosowaniach, 346
 w kulturze, 305, 317
 w logistyce, 223–225, 228, 236, 238, 240, 242
 w łańcuchu dostaw, 223, 224, 231, 236, 239, 241
 w łańcuchu dostawy leków, 280
 w medycynie, 263, 270
 w obrocie nieruchomościami, 260
 w ochronie zdrowia, 263
 w opiece zdrowotnej, 270
 w organizacjach społecznych, 418
 w pandemii COVID-19, 283

w przemyśle kultury, 305, 310
 w rolnictwie, 251
 w sektorze nieruchomości, 295
 w sektorze zdrowia w Estonii, 282
 w sektorze żywnościowym, 251, 253
 w szkolnictwie wyższym, 323
 w ubezpieczeniach rolnych, 256
 w zarządzaniu danymi, 263
 w zarządzaniu tożsamością, 363
 w zdalnej edukacji, 333
 weryfikacja dyplomów, 325
 wsparcie rejestracji gruntów, 261
 wymiana informacji akademickich, 328
 zabezpieczenie danych i transakcji, 224
 zarządzanie danymi, 370
 zarządzanie dokumentami, 238
 zarządzanie majątkowymi prawami autorskimi, 312
 zarządzanie prawami autorskimi, 305
 zdalne monitorowanie pacjenta, 278
 zintegrowane relacje zaufania, 370
 zdecentralizowana sieć, 36

bloki, 33

łączenie, 34
 metadane, 35
 osierocone, orphan, 47
 reorganizacja, 56
 wujki, uncles, 47
 błędy bizantyjskie, 137, 139

C

CargoSmart, 239
 CBDC, Central Bank Digital Currency, 294
 cechy kredytów węglowych, 395
 Certified Origins Italia, 236
 chińskie twierdzenie o resztach, 355
 Clean Water Coins, 419
 coin, *Patrz* kryptowaluta
 CoinJoin, 353
 CoinMarketCap, 31
 Concentric Sky, 325
 Credly, 325
 CropIn, 258
 crowdfunding, 293
 CRQC, Cryptographically Relevant Quantum Computers, 213
 CryptoFund, 418
 Crystalchain, 281
 cyberbezpieczeństwo kryptowalut, 207

D

DAG, Directed Acyclic Graph, 142
 dane
 medyczne pacjenta
 w procesie tradycyjnym, 265
 w technologii blockchain, 266
 transakcyjne, 375
 DAO, 444
 DDoS, Distributed Denial of Service, 344
 decentralizacja, 39
 logiczna, 41
 techniczna, 40
 demokracja
 bezpośrednia, 337, 339
 płynna, liquid democracy, 342
 DLT, Distributed Ledger Technologies, 28
 dobra klubowe, club goods, 439
 dostęp do tożsamości cyfrowej, 370
 dostępność systemu, 151
 dowody
 aktywności, PoAc, 127
 autorytetu, PoA, 129
 autorytetu i stawki, PoSA, 133
 czyste stawki, PPOs, 125
 delegowane reputacji, DPoR, 131
 delegowane stawki, DPoS, 53, 122, 445
 dostępu, PoAcc, 136
 dzierżawione stawki, LPOs, 123
 historii, PoH, 141
 mocy, PoP, 128
 nominowane stawki, NPOs, 125
 o wiedzy zerowej, 353
 opóźnione pracy, DPoW, 114
 płynne stawki, LiPoS, 124
 pojemności, PoC, 116
 poświęcenia zasobów, 111
 pracy z masternodami, 128
 pracy, PoW, 49, 113, 136
 przechowywania w czasie, PoSt, 135
 replikacji, PoRep, 135
 reputacji, PoR, 112, 130
 składowania, PoW, 136
 spalenia, PoB, 118
 stawki, PoS, 52, 111, 119
 upływu czasu, PoET, 141
 uporządkowania, PoO, 143
 użyteczności, 112, 134
 ważności, PoI, 132
 wkładu, PoCo, 134
 z wiedzą zerową, ZKP, 187–189
 definicja, 188
 ochrona danych osobowych, 200
 potwierdzenia, 200

protokół, 189
 protokół interaktywny, 192
 protokół nieinteraktywny, 193
 rozwój, 200
 zastosowania, 200, 201
 zaangażowania, PoE, 134
 zaufania, PoT, 131

DPoR, Delegated Proof of Reputation, 131
 DPoS, Delegated Proof of Stake, 53, 122, 445
 DPoW, Delayed Proof of Work, 114
 dyskrecja, 151

E

EBSI, European Blockchain Services
 Infrastructure, 327, 329, 373, 411
 ECC, Elliptic Curve Cryptography, 207
 ECDL, European Computer Driving Licence,
 329
 ECDSA, Elliptic Curve Digital Signature
 Algorithm, 207
 efekt stadny, 443
 e-głosowania, 337, 343
 EHR, Electronic Health Records, 264
 ekosystemy finansowania społecznościowego,
 314
 elektroniczne
 bazy danych medycznych, EHR, 264
 karty zdrowia, EHR, 271
 ERP, Enterprise Resource Planning, 245
 ether, 31
 Etherisc, 258
 ewolucja bezpieczeństwa blockchainów, 149
 e-wybory, 344

F

farmacja, 244
 FarmaTrust, 282
 FarmChain, 253
 farmy wydobywcze, 52
 FBA, Federated Byzantine Agreement, 138
 finansjeryzacja rynku nieruchomości, 292
 finansowanie udziałowe, equity
 crowdfunding, 293
 firma Mowi, 235
 FOMO, Fear of Missing Out, 442
 Ford, 240
 fundacja
 Hyperledger, 383
 Sovrin, 379
 funkcja skrótu, 34
 funkcjonalności technologii blockchain, 224

G

generowanie adresu, 69
 giełdy, 293
 głosowanie online, 344
 górnik, 50, 52
 gra Axie Infinity, 439

H

handel głosami, 344
 hash, 34, 49
 hashrate, 50
 hybrydowe mechanizmy konsensusu, 112, 126

I

IBISA, 258
 IBM
 Digital Health Pass, 285
 Food Trust, 232, 253
 ICO, Initial Coin Offering, 241
 identyfikacja, 65, 364, 368
 implementacja protokołu ZK-SNARK, 197
 Infosys, 281
 infrastruktura blockchained, 101
 inkluzja finansowa, 414
 innowacje, 409
 integralność
 danych, 151
 systemu, 153
 internet rzeczy, IoT, 227
 iVoting
 anonimizacja, 354
 anonimowość głosujących, 353
 badanie alternatywnych rozwiązań, 354
 odporność systemu na ataki, 356
 podsumowanie projektu, 358
 portfel sprzętowy, 357
 założenia projektu, 351

K

kanał stanu, 97
 klucz główny, master key, 68
 komputery kwantowe
 cechy, 210
 działanie, 211
 skala zagrożenia, 209
 konflikty, 445
 koniunktura gospodarcza, 292

konsensus, 45, 110
 Avalanche, 140
 Billona, 112, 143
 Decred, 127
 sieciowy, 45
 Tendermint, 139
 kontrola łańcucha dostaw, 251
 kopalnie, 52
 kopanie kryptowalut, 49, 50
 kradzież tożsamości, 366
 kredyty węglowe
 cechy, 395
 wyzwania, 397
 kryptoaktywa, 30
 natywne, 31, 54, 92
 nienatywne, 31, 32, 54
 kryptografia, 206
 asymetryczna, 66, 373
 ECC, 207
 postkwantowa, 213, 214
 RSA, 207
 kryptowaluta, 30
 cyberbezpieczeństwo, 207
 tokeny natywne, 31
 tokeny nienatywne, 31
 Kuehne+Nagel, 238
 kultura, 305–319

L

Learning Machine, 325
 LiPoS, Liquid Proof of Stake, 124
 logistyka, 223–247
 LPoS, Leased Proof of Stake, 123

Ł

łańcuch bloków, 32
 model UTXO, 33
 ogólny schemat, 35
 połączenia bloków, 34
 rozwidlenie miękkie, 39
 rozwidlenie twarde, 38
 łańcuchy
 dostaw, 223–247
 poboczne, sidechains, 98

M

mechanizm
 DPoS, 53
 PoS, 52
 PoW, 49, 52

SegWit, 46
 The Merge, 122
 mechanizmy konsensusu, 45, 52, 53, 108
 dowody
 delegowane stawki, DPoS, 53
 poświęcenia zasobów, 113
 pracy, PoW, 49
 stawki, PoS, 52
 ewolucja, 109
 kapitalizacja kryptoaktywów, 55
 kategorie, 111
 odróżnianie, 48
 rodzaje algorytmów, 111
 statystyka, 54
 medycyna, 263–286
 medyczny system bazodanowy, 266
 metawersum, 333
 Microsoft
 Entra, 385
 Entra Verified ID, 376
 Teams, 334
 Moderna, 285
 monitorowanie
 łańcucha dostaw, 251
 zapasów, 227
 zdalne pacjenta, 278
 monopolistyczne struktury rynkowe, 292
 mosty międzyłańcuchowe, cross-chain
 bridges, 100
 motoryzacja, 244

N

Nebula Genomics, 280
 negatywne obciążenie, negativity bias, 447
 NFT, 293

O

obligacje
 korporacyjne, 293
 senioralne, 293
 ochrona
 praw autorskich, 310
 zdrowia, 263–286
 odcisk palca, fingerprint, 34
 okres
 blokady, lock-up period, 446
 vestingowy, vesting period, 446
 opłaty transakcyjne, transaction fee, 59, 62, 93
 optymalizacja kosztów i ryzyk, 228
 Oracle Blockchain Platform, 236, 239
 OriginTrail, 254

P

P2P, peer-to-peer, 36
 pakiet Oracle Blockchain, 239
 pandemia COVID-19, 283
 Paxos, 144
 platforma EVRYTHNG, 235
 PoA, Proof of Authority, 129
 PoAc, Proof of Activity, 127
 PoAcc, Proof-of-Access, 136
 PoB, Proof of Burn, 118
 PoC, Proof of Capacity, 116
 PoCo, Proof of Contribution, 134
 podpis cyfrowy, 67, 376
 PoE, Proof of Engagement, 134
 PoET, Proof of Elapsed Time, 141
 PoH, Proof of History, 141
 PoI, Proof of Importance, 132
 Polski Akcelerator Technologii Blockchain,
 328
 PoO, Proof-of-Ordering, 143
 PoP, Proof of Personhood, 385
 PoP, Proof of Power, 128
 PoR, Proof of Reputation, 130
 PoRep, Proof-of-Replication, 135
 porozumienie bizantyjskie, 138
 portal VGM, 238
 portfel Blockcerts, 324
 portfele
 hierarchiczne deterministyczne, HD, 68
 tożsamościowe, identity wallets, 381
 PoS, Proof of Stake, 52, 119
 PoSA, Proof of Staked Authority, 133
 PoSt, Proof-of-Spacetime, 135
 PoT, Proof of Trust, 131
 poufność danych, 151
 PoW, Proof of Work, 48, 113, 136
 PPOS, Pure Proof of Stake, 125
 PQC, Post-Quantum Cryptography, 213
 prawa
 autorskie, 310, 312
 własności gruntów rolnych, 260
 program INS, 416
 projekt
 1Kosmos BlockID, 383
 Action-EHR, 276
 Agora, 347
 Alice, 416
 AmPLY, 417
 Ancile, 277
 BEACON, 259
 CargoSmart, 239
 CKH2020, 410

projekt

- Data Lake, 275
- EBSI, 411
- EBSI4RO, 327
- ELEDGER, 327
- Erasmus Without Papers, 326
- fr.EBSI, 327
- GMeRitS, 410
- HealthChain, 277
- Human Passport, 380
- Humanized Internet, 418
- Hyperledger Indy, 381
- ID2020, 378
- IRMA, 376
- iVoting, 350
- Loom Network, 317
- MediLedger, 237
- MedRec, 277
- MiPasa, 285
- MyHealthMyData, 273
- Origin Stamp, 313
- OXBBU, 410
- Po.et, 313
- PPP, 410
- PROSUME, 410
- Serto, 382
- TEPSIE, 408
- UnBlocked Cash, 419
- uPort, 381
- Veramo, 382
- WordProof, 410
- World ID, 385
- World Identity Network, 418

Propy, 301

protokół

- interaktywny, 192
- nieinteraktywny, 193
 - ZK-SNARK, 195, 197
 - ZK-STARK, 197

- sieci blockchain, 37

- TCP, 36

Provenance, 254

prywatność, 363–388

przechowywanie danych, 134, 279

przemysł kultury, 305–319

pseudoanonimowość, 299

pseudonimowość, 374

pula transakcji, mempool, 49

pule wydobywcze, mining pools, 52, 438

Q

Qatar University, 333

Qoldau, 259

R

Raft, 144

raport

- American Council on Education, 323

- Competitive Market Share & Forecast, 270

- FIBREE, 300

- OECD, 413

RealT, 302

rejestr, 29, 32

- trwałość zapisów, 55

relacje zaufania, 370, 371

Ripe.io, 253

RODO, 246, 272, 372

rollupy, 98

rolnictwo, 244, 251–62

routing płatności, 97

rozwidlenie, fork, 47

- celowe, 56

- miękkie, soft fork, 39

- twarde, hard fork, 38, 444

rynek

- blockchainowy, 228

- nieruchomości, 290–303

rynki emisji CO₂, 393–406

S

schemat procesu kopania, 49

sektor

- spożywczy, 244

- żywnościowy, 251–262

sekurytyzacja, 294

sieci blockchain

- adresy, 68

- czwarta generacja, 103

- decentralizacja, 39

- druga generacja, 75

- rodzaje transakcji, 77

- smart kontrakty, 76

- trwałość zapisu, 77

- zdecentralizowana wirtualna maszyna, 75

- zdecentralizowane aplikacje, 81

kryptografia, 206

kryptografia postkwantowa, 214

mechanizmy identyfikacji i

- uwierzytelniania, 65

mechanizmy konsensusu, 45

mechanizmy zachęt, 58

projektowanie, 216

rodzaje sieci, 42

rozproszenie, 39

- trzecia generacja, 95
 - rozwiązania, 100
 - warstwy infrastruktury
 - blockchainowej, 95
 - Web3, 102
 - warstwy protokołów, 101
 - węzły, 36
 - sieć
 - 5G, 227
 - blockchain Bitcoin, 27, 43
 - P2P, peer-to-peer, 36, 40
 - PoW
 - mechanizm dostosowania
 - trudności, 62
 - wartość natywnych jednostek, 62
 - prywatna MediLedger, 281
 - skalowalność blockchaina, 202
 - skierowany graf acykliczny, DAG, 142, 143
 - skrót kryptograficzny, hash, 34, 49
 - skrypty wydawania, 74
 - smart kontrakty, 31, 32, 76, 226, 293
 - ograniczenia, 79
 - opłaty transakcyjne, 93
 - platformy, 82
 - trwałość zapisu, 77
 - wrapowanie, 78
 - wynagrodzenie za obsługę, 92
 - złożoność, 94
 - Sony Global Education, 325
 - społeczności blockchainowe, 424, 425
 - badania nad rolą społeczności, 435
 - generacje, 428
 - systematyzacja, 428
 - wnioski, 436
 - wpływ czynników psychologicznych, 442
 - zaangażowanie, 443
 - zarządzanie
 - konfliktami i różnorodnością, 445
 - projektami, 444
 - społecznościami, 432
 - zaufanie, 440
 - znaczenie mechanizmów zachęt, 434
 - znaczenie technologii blockchain, 437
 - SPV, Simplified Payment Verification, 45
 - SSI, Self-Sovereign Identity, 363, 367, 376
 - zastosowania, 234, 378, 386
 - standard
 - ERC-1155, 88
 - ERC-20, 84
 - ERC-721, 86
 - standardy dla tokenów, 83, 90
 - start-up Billon Group, 327
 - start-up Modum, 242
 - start-up ShipChain, 241
 - start-up Voatz, 348
 - strażnicy, keepers, 80
 - struktura danych, 29
 - bloki, 33
 - łańcuch bloków, 34
 - rejestr, 29
 - transakcje, 33
 - synchronizacja, 46, *Patrz także* mechanizmy konsensusu
 - system
 - Ant Love, 417
 - BlockTrial, 278
 - Bookchain, 314
 - CBTi, 279
 - CryptSubmit, 313
 - głosowania online
 - Agora, 347
 - Decentralized Voting System, 350
 - Follow my Vote, 347
 - iVote, 346
 - iVoting, 350
 - Polys, 349
 - Voatz, 348
 - Votem, 348
 - plików IPFS, 33
 - Polygon ID, 384
 - TraceTogether, 284
 - szkolnictwo wyższe, 323–335
 - szyfrowanie
 - asymetryczne, 67
 - symetryczne, 66
- ## Ś
- śledzenie
 - części samochodowych, 240
 - dokumentów, 239
 - dypłomów, 327
 - jajek, 233
 - kawy, 234
 - pochodzenia łososi, 235
 - pochodzenia oliwy, 236
 - towarów ShipChain, 241
 - żywności, 231
- ## T
- T3 Network Hub, 325
 - TCP, Transmission Control Protocol, 36
 - TE-Food, 254
 - tesserarius, 338
 - token OPN, 403

tokenomia, tokenomics, 61
 tokeny, 30, 31
 \$LAKE, 275
 cyfrowe, 393
 dynamiczne, 88
 Gramatik, 315
 natywne, 32
 nienatywne, 32
 niezamienne, NFT, 86, 294, 424
 Root, 419
 węglowe, 398
 zamienne, 84
 topologia siatki, mesh topology, 36
 tożsamość
 cyfrowa, digital identity, 363–388, 364, 367, 373
 cywilna, 365
 osobista, 365
 samosuwerenna, SSI, 363–388
 transakcje, 32, 33
 transparentność, 225
 zabezpieczenie, 224
 transparentność procesów i transakcji, 225
 Twiga Foods, 415

U

ubezpieczenia rolne, 256
 UPS, 240
 usługa Verified ID, 385
 UTXO, Unspent Transaction Output, 33
 uwierzytelnianie, 65, 364, 369, 374
 użytkownicy
 korzyści z sieci, 65

W

walidator, 52
 Walmart, 231
 waluta
 AudioCoins, 315
 cyfrowa banku centralnego, 294
 warstwa
 L0, 99
 L00, 99
 wartość jednostek
 w innych sieciach, 64
 w sieciach typu PoW, 62

wdrożenia płatności, 330
 Web3, 102
 weryfikacja dyplomów, 325, 326
 węzły, 36
 delegat, 53
 główne, masternodes, 53
 korzyści, 58
 lekkie, light nodes, 45
 nagrody za blok, 60
 opłaty transakcyjne, 59
 pełne, full nodes, 45
 protokół blockchaina, 36
 sposoby wyboru, 48
 suwerenność, 37
 walidator, 52
 wymiana kryptowalut, 63
 wynagrodzenie za obsługę, 92

Z

zabezpieczenie danych i transakcji, 224
 zagrożenia komputerami kwantowymi, 209
 zarządzanie
 danymi, 370
 danymi zdrowotnymi, 414
 dokumentami, 238
 dokumentami edukacyjnymi, 414
 energiją, 415
 konfliktami, 445
 logistyką, 240
 łańcuchami dostaw, 223–247
 majątkowymi prawami autorskimi, 312
 prawami autorskimi, 305–319
 redukcją emisji CO₂, 415
 tożsamością, 363, 414
 zaufanie, 228, 370, 371
 do administratorów, 344
 do serwerów, 344
 w logistyce, 229
 w technologii blockchain, 230
 wieloaspektowe, 441
 Zcash, 197
 zdecentralizowane
 autonomiczne organizacje, DAO, 433
 finanse DeFi, 424
 zarządzanie, 439
 zintegrowane relacje zaufania, 370
 ZKP, Zero-Knowledge Proof, 187
 złożone relacje zaufania, 370, 371

PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA
Helion 

Technologia blockchain to nie przelotny trend, lecz siła napędowa zmian, które już dziś kształtują nasz świat. Coraz więcej firm, instytucji i twórców rozwiązań cyfrowych sięga po nią, by budować bardziej transparentne, bezpieczne i zdecentralizowane systemy.

Inspiracją do stworzenia tej serii była rosnąca potrzeba uporządkowania wiedzy związanej z dynamicznie rozwijającą się technologią blockchain. Na ten temat powstało już wiele publikacji, jednak żadna nie omawia go w sposób tak kompleksowy – oferujący zarówno najważniejsze informacje bazowe nowicuszom, jak i pogłębione analizy interesujące ekspertów.

Seria „Kompendium Blockchain” składa się z trzech tomów, w ramach których omówiono każdy z najważniejszych aspektów tej technologii.

Tom pierwszy stanowi szerokie wprowadzenie do zagadnień związanych z blockchainem, takich jak:

- **podstawowe zasady działania**
- **mechanizmy konsensusu i bezpieczeństwa**
- **zastosowanie technologii w różnych sektorach gospodarki**
- **analizy dotyczące:**
 - mechanizmów sieci blockchain
 - kryptografii postkwantowej
 - suwerennej tożsamości cyfrowej
 - możliwości, jakie niosą za sobą tokenizacja i smart kontrakty
- **użycie blockchaina w logistyce, medycynie, rolnictwie, sektorze nieruchomości czy systemach zarządzania przedsiębiorstwami społecznymi**
- **społeczności blockchainowe, czyli rola zaufania i innowacji w kształtowaniu zdecentralizowanych projektów**

Wydawnictwo Naukowe
Helion

 **helion.pl**

 **HELION S.A.**
ul. Kościuszki 1c
44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
helion@helion.pl

KOD KORZYŚCI
Sięgnij po więcej! ▶



ISBN 978-83-289-0663-1



9 788328 906631

Cena: 99,00 zł

Blockchain