

Zastosowanie technologii blockchain w łańcuchach dostaw

Jakub Brzeziński*

Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój technologii jest jednym ze zjawisk kształtujących w znacznym stopniu modele oraz strategie współczesnych łańcuchów dostaw. Coraz szersza cyfryzacja, powszechny dostęp do Internetu, dążenie do wzrostu poziomów kompatybilności czy też integracja działań poszczególnych technologii, wywierają znaczny wpływ na struktury, funkcje i procesy przedsiębiorstw. Spośród wielu relatywnie nowych narzędzi stosowanych w praktyce gospodarczej (Internet of Things, Big Data, cloud computing), w literaturze przedmiotu coraz więcej uwagi poświęca się zjawisku, jakim jest blockchain, które zmienia oblicze współczesnych łańcuchów dostaw.

Technologia blockchain, kojarzona do niedawna jedynie z handlem kryptowalutami, wciąż nabiera nowych zastosowań w różnych branżach, umożliwiając tym samym innowacyjne rozwiązania, które wpływają na polepszenie jakości usług i produktów, szybkość podejmowania reakcji przez producentów oraz konsumentów, sprawniejsze komunikowanie się między sieciami różnych powiązań, a także wzrost konkurencyjności poszczególnych branż, sektorów czy gospodarek.

Celem niniejszego rozdziału jest przedstawienie informacji na temat technologii blockchain z uwzględnieniem opisu jej cech i właściwości w kontekście zarządzania łańcuchem dostaw. Wymienione zostały korzyści płynące ze stosowania blockchain, przykłady wykorzystania tej technologii w łańcuchach dostaw poszczególnych branż oraz bariery jej wdrażania.

* Uniwersytet Łódzki, Wydział Zarządzania, Katedra Logistyki.

Istota technologii blockchain

Technologia blockchain została po raz pierwszy opisana przez Satoshi'ego Nakamoto jako funkcja leżąca u podstaw kryptowaluty bitcoin¹. Zgodnie z założeniami przedstawionymi przez autora koncepcji, blockchain rozumieć można jako zbiór danych stworzony z wykorzystaniem technologii rozproszonego rejestru, zawierający informacje pogrupowane w powiązane ze sobą bloki. Każdy blok wiąże się z poprzednim za pomocą skrótu (ang. *hash*), inaczej linku do poprzedniego bloku, oraz znacznika czasu (ang. *time stamp*)².

H. Dikariev i M. Miłosz [2018] zdefiniowali blockchain (łańcuch bloków) jako zdecentralizowaną i rozproszoną bazę danych w modelu open source w sieci o architekturze peer-to-peer (P2P)³ bez centralnych komputerów i niemającą scentralizowanego miejsca przechowywania danych⁴. Służy ona przede wszystkim do księgowania poszczególnych transakcji lub aktywów za pomocą algorytmów kryptograficznych, upublicznionych w Internecie.

W literaturze można spotkać się z poglądem, iż bitcoin i skorelowany z nim blockchain stanowią część piątego paradygmatu komputerowego (obok IoT i smart things), sięgającego technologicznie głębiej niż sieci społecznościowe i mobilność⁵.

Istotą tych systemów są rozproszone bazy danych. Są one współdzielone oraz zsynchronizowane w ramach sieci, w której różne podmioty mogą się ze sobą komunikować bezpośrednio. Rejestr rozproszony oznacza, iż każdy uczestnik danej sieci ma w niego wgląd i może dodać operację, która musi następnie zostać zweryfikowana przez wszystkich pozostałych uczestników tej sieci. Każdy blockchain składa się z dwóch grup uczestników: operatorów rejestru, a więc stron, które przeprowadziły między sobą daną operację, oraz sieci uczestników, tzw. peer-to-peer, a więc wszystkich użytkowników danej sieci blockchain, którzy zaświadcza o autentyczności operacji⁶.

Poznanie podstawowych mechanizmów działania sieci blockchain pozwala zrozumieć także pozostałe współczesne rozwiązania określane szerzej jako technologie rozproszonych rejestrów. Przyswojenie tego złożonego zagadnienia może ułatwić zrozumienie głównych składowych technologii blockchain, a więc:

1 Zob. S. Nakamoto, *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, 2008, s. 2, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

2 *Ibidem*.

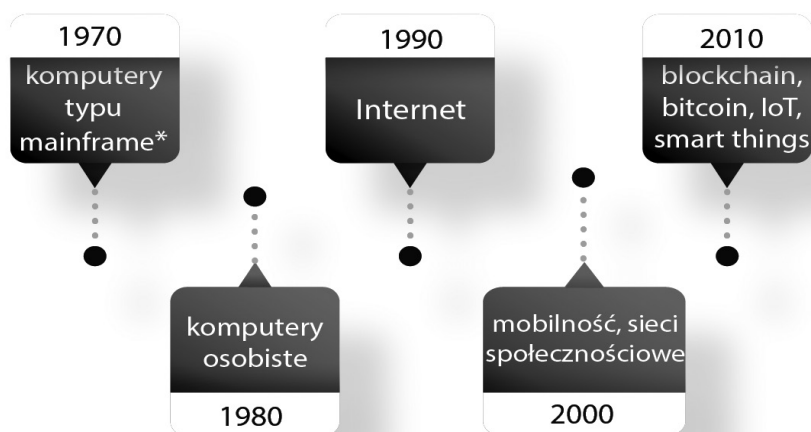
3 Peer-to-peer to inaczej sieć równorzędna typu „każdy z każdym”. Oznacza to, że każdy węzeł sieci jest równoważny, a więc każdy komputer podłączony do tej sieci może zarówno wysyłać, jak i odbierać dane.

4 H. Dikariev, M. Miłosz, *Technologia blockchain i jej zastosowania*, „Journal of Computer Science Institute” 2018, no. 6, s. 60.

5 M. Swan, *Blockchain: Blueprint for a New Economy*, O'Reilly Media, 2015, s. 14.

6 UniCredit, *Blockchain Technology and Applications from a Financial Perspective*, Technical Report, Version 1.0, Data & Analytics, February 2016, s. 5.

funkcji haszujących i drzew skrótów, kryptografii asymetrycznej, mechanizmu konsensusu i inteligentnych kontraktów oraz znakowania czasem. Te elementy złożone w jedną całość przedstawia obecnie znaną technologię blockchain.



Rys. 1. Rozwój technologii cyfrowych

*komputery typu mainframe to duże jednostki wykorzystywane przez instytucje i przedsiębiorstwa do dokonywania skomplikowanych operacji i obliczeń.

Źródło: opracowanie własne na podstawie M. Swan, *Blockchain: Blueprint for a New Economy*, O'Reilly Media, 2015, s. 14.

Pierwszy atrybut – funkcja haszująca, polega na wyliczaniu krótkiej sygnatury dla podanych danych wejściowych. Mając na wejściu dowolny dokument, zdjęcie bądź inne informacje w postaci cyfrowej, można za pomocą funkcji haszującej wyliczyć „skrót” tych danych, który będzie odporny na kolizje (dwa różne zestawy danych nie dadzą tego samego skrótu i nie ma praktycznej możliwości wygenerowania zestawu danych o takim samym skrócie jak wskazany zestaw danych)⁷. Równie istotny jest fakt, iż taki skrót ma charakter jednokierunkowy i nieodwracalny – nie da się odtworzyć oryginalnej wiadomości, znając jej skrót. Należy mieć na uwadze, że poszczególne transakcje są hashowane oddzielnie, a cały zestaw transakcji zapakowany w dany blok jest odwzorowany za pomocą drzewa skrótów.

Kolejna składowa technologii to kryptografia asymetryczna, pozwalająca zabezpieczyć wymianę informacji poprzez szyfrowanie informacji wymienianych między dwiema stronami, bez konieczności uzgadniania przez te strony jednego wspólnego klucza zabezpieczającego⁸. Kryptografia asymetryczna

⁷ B. Klinger, J. Szczepański, *Blockchain – historia, cechy i główne obszary zastosowań*, „Człowiek w Cyberprzestrzeni” 2017, nr 1, s. 14.

⁸ *Ibidem*.

wykorzystywana jest przy każdej transakcji, jest to podstawa funkcjonowania blockchain. Każdy uczestnik sieci, wchodząc w interakcję z innymi uczestnikami, posługuje się swoim kluczem prywatnym do podpisywania wysyłanych przez siebie transakcji oraz kluczami publicznymi adresatów tych transakcji.

Trzeci element to inteligentne kontrakty, których istotą jest zmiana sposobu postrzegania transakcji i związanych z nimi umów z pojedynczych, skomplikowanych wewnętrznie przypadków na proste w swej istocie zbiory informacji. Obecnie informacja, jaką niesie ze sobą każda transakcja, jest dostępna jedynie wąskiemu gronu – jej stronom, a także wynajętym pośrednikom, których zadaniem jest potwierdzanie autentyczności dokumentów transakcyjnych i prawdziwości oświadczeń woli stanowiących esencję danej czynności prawnej, co generuje dodatkowe koszty⁹. Inteligentne kontrakty wykorzystują fakt, że każdy blok można zaprogramować oddzielnie, realizując tym samym transakcję bez pośredników. W dużym uproszczeniu mechanizm ten daje pewność, że jeżeli strona A wykona obowiązki umowne, spełniając określone warunki zapisane w kodzie danego bloku, to strona B również to zrobi¹⁰. Podobnie działa mechanizm konsensusu, zatwierdzający transakcje i dołączający nowe bloki do łańcucha przez oprogramowanie węzłów sieci blockchain.

Ostatnim elementem zaadaptowanym przez technologię blockchain jest znakovanie czasem. Czas w sieci blockchain jest synchronizowany między poszczególnymi węzłami sieci. Dzięki temu wszystkie obiekty i zdarzenia w blockchain są bardzo precyzyjnie umieszczone na zsynchronizowanej osi czasu i razem tworzą wiarygodną, ułożoną chronologicznie historię¹¹.

Dzięki opisanym wyżej cechom rejestr blockchain charakteryzuje się szczególnymi właściwościami, do których zaliczyć można innowacyjność oraz decentralizację¹². Znacznie szersze ujęcie właściwości rejestrów rozproszonych przedstawiają Schatsky i Muraskin [2015], wyróżniając wśród nich: niezawodność i dostępność, przejrzystość, trwałość, cyfryzację oraz nieodwracalność¹³. Warto mieć na uwadze fakt, że systemy oparte o tę technologię tworzą niezmiennie, znakovane czasem wpisy w rozproszonej bazie danych dla każdej kiedykolwiek wykonanej, pojedynczej transakcji. Dzięki temu każda transakcja i odpowiadający jej rekord danych są łatwo i jednoznacznie identyfikowalne¹⁴.

9 A. Kamiński, M. Gałagus, *Blockchain. Kolejny etap cyfrowej rewolucji?* „Gazeta SGH” 2018, s. 29.

10 *Ibidem*.

11 B. Klinger, J. Szczepański, *op. cit.*

12 H. Dikariev, M. Miłosz, *op. cit.*, s. 60–61.

13 D. Schatsky, C. Muraskin, *Beyond Bitcoin, Blockchain is Coming to Disrupt Your Industry*, Deloitte University Press, 2015, s. 3.

14 B. Klinger, J. Szczepański, *op. cit.*, s. 18.

Wpływ blockchain na zarządzanie łańcuchem dostaw

Chociaż blockchain jest innowacją ocenianą głównie z punktu widzenia transakcji finansowych, jej stosowanie niesie wiele możliwości i korzyści dla logistyki. Menedżerowie zarządzający łańcuchami dostaw dostrzegają w tej technologii znaczący krok ku redukcji kosztów, walce z przemytem i oszustwami czy bardziej realnemu wdrażaniu zasad zrównoważonego rozwoju¹⁵. Wśród istotnych usprawnień możliwych do wdrożenia wymienia się również redukcję asymetrii informacji między poszczególnymi interesariuszami oraz poprawę transparentności łańcucha dostaw¹⁶. Technologia ta umożliwia realizowanie korzyści na poziomie efektywności operacyjnej (redukcja ilości wymaganych i przetwarzanych dokumentów papierowych), jak i strategicznym (zdobycie przewagi konkurencyjnej czy stworzenie nowych, dziś nieistniejących produktów i usług)¹⁷.

Wymieniane w literaturze korzyści zastosowania blockchain w nawiązaniu do łańcuchów dostaw odnoszą się do kategorii takich jak: transparentność i śledzenie łańcucha dostaw towarów, zaangażowanie i współpraca interesariuszy, integracja i digitalizacja łańcucha dostaw, wspólne zasady i platformy handlowe¹⁸. Nieco inne ujęcie charakteryzuje model 4T, który obejmuje cztery wzajemnie powiązane i zakorzenione w omawianej technologii atrybuty, mające wpływ na łańcuchy dostaw: *traceability/transparentcy* [transparentność], *trust* [zaufanie], *technology* [technologia], *trade* [wymiana handlowa]¹⁹. Posługując się z kolei klasyfikacją przedstawioną przez OECD, zastosowanie technologii blockchain dotyczy trzech głównych kategorii: transakcji finansowych, systemów rejestrowania i weryfikacji oraz inteligentnych kontraktów²⁰. W niniejszym rozdziale zdecydowano się na przedstawianie korzyści z zastosowania technologii blockchain

15 C. Öztürk, A. Yildizbaşı, *Barriers to implementation of blockchain into supply chain management using an integrated multi-criteria decision-making method: a numerical example*, „Soft Computing” 2020, vol. 24.

16 I. Britchenko, T. Cherniavska, B. Cherniavskyi, *Blockchain technology into the logistics supply chain implementation effectiveness*, [w:] I. Britchenko, Y. Polishchuk (red.), *Development of small and medium enterprises: the EU and east-partnership countries experience*, Tarnobrzeg 2018, s. 161–173.

17 D. Zimnoch, *Wpływ technologii blockchain na efektywność banku*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach” 2016, nr 281, s. 226.

18 S.E. Chang, Y. Chen, *When Blockchain Meets Supply Chain: A Systematic Literature Review on Current Development and Potential Applications*, „IEEE Access” 2020, no. 8, s. 62478–62494.

19 M. Pournader, Y. Shi, S. Seuring, S.C.L. Koh, *Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature*, „International Journal of Production Research” 2019, s. 1–19.

20 OECD: *Transformative Technologies and Jobs of the Future. Background Report for the Canadian G7 Innovation Ministers' Meeting*, OECD, Montreal, Canada, 2018.

w kategoriach korespondujących z powyższymi klasyfikacjami, wyróżniając następujące bloki tematyczne: technologia i śledzenie łańcucha dostaw towarów, relacje w łańcuchu dostaw, wymiana handlowa i transakcje finansowe.

Technologia i śledzenie łańcucha dostaw towarów

Śledzenie łańcucha dostaw towarów ma znaczenie dla wielu branż, np. farmaceutycznej, kosmetycznej, spożywczej czy RTV i AGD. Połączenie wykorzystania systemu GPS, a więc zapisu przemieszczania towarów wraz z oznaczeniem czasu oraz transakcji w sieci blockchain, pozwala na eliminację wielu nadużyć podczas dystrybucji materiałów i towarów. Zastosowanie śledzenia pochodzenia towaru w całym procesie dystrybucji daje możliwość weryfikacji pełnej historii towaru na podstawie numeru jego partii produkcyjnej²¹. Dla wielu towarów, takich jak żywność czy farmaceutyki, ważniejsze od samej trasy są warunki, w jakich były one przewożone i nierzadko także wszelkie opóźnienia w trakcie transportu. Dzięki czujnikom potrafiącym komunikować się z Internetem (IoT) istnieje możliwość dodatkowego pomiaru i rejestracji chociażby takich parametrów jak temperatura czy wilgotność powietrza, co ma szczególne znaczenie podczas transportu żywności. Jak podkreśla K. Kosior, zastosowanie blockchain może być szczególnie użyteczne właśnie w łańcuchach dostaw żywności, obejmując trzy główne obszary zastosowania:

- systemy śledzenia i identyfikowania żywności,
- zarządzanie procesem certyfikacji, w tym weryfikację autentyczności certyfikatów jakości żywności,
- repozytoria danych na temat produktów rolno-spożywczych, warunków produkcji oraz warunków współpracy między poszczególnymi ogniwami w łańcuchu dostaw żywności, w tym monitorowanie uczciwych cen dla rolników²².

Obecnie systemy śledzenia przepływu produktów żywnościowych między poszczególnymi ogniwami łańcucha, systemy monitorowania sposobów przechowywania żywności oraz systemy rejestrowania sprzedaży finalnych produktów konsumentom opierają się na dokumentach i informacjach przechowywanych najczęściej w niewspółpracujących ze sobą bazach danych. Dostęp do systemów informatycznych poszczególnych podmiotów zaangażowanych w łańcuch dostaw żywności jest często utrudniony i wymaga czasu. Problemem jest również wiarygodność danych umieszczanych w wewnętrznych bazach danych przedsiębiorstw²³.

21 A. Żuwała, *Możliwości wykorzystania technologii blockchain*, „Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management” 2018, no. 87, s. 66.

22 K. Kosior, *op. cit.*

23 *Ibidem*.

Relacje w łańcuchu dostaw

Zaufanie i wiarygodność w łańcuchach dostaw wpływają na wymianę informacji i dokładność prognoz, które z kolei odgrywają kluczową rolę w dopasowaniu podaży i popytu dla całej sieci przedsiębiorstw. Elementem ograniczającym zaufanie i negatywnie wpływającym na relację między interesariuszami jest niski poziom cyberbezpieczeństwa, którego zapewnienie stało się jednym z największych wyzwań dla globalnych łańcuchów dostaw w ostatnich latach²⁴. Technologia blockchain może przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa przepływów danych w łańcuchu dostaw, a także danych IoT generowanych w całym łańcuchu dostaw. Możliwym rozwiązaniem jest decentralizacja sieci w chmurze, która służy do zarządzania operacjami powiązanych urządzeń i kontroluje rodzaj danych, które są współdzielone w blockchain między ogniwami łańcucha dostaw. Jednym z głównych problemów z posiadaniem scentralizowanego systemu chmurowego dla wszystkich urządzeń IoT w łańcuchu dostaw jest jego podatność na cyberataki, które mogą sprawić, że usługi łańcucha dostaw będą niedostępne do momentu wyeliminowania problemu cybernetycznego. Transakcje i wymiana danych między urządzeniami prowadzone za pośrednictwem blockchain są chronione kryptografią i weryfikowane w celu zapewnienia, że źródło pochodzenia danych nie jest złośliwym oprogramowaniem ani zewnętrznym pośrednikiem²⁵.

Kolejne zastosowanie technologii blockchain w tym zakresie dotyczy złożonych, rozbudowanych sieci transportowych, gdzie występuje wiele rodzajów transportu (np. drogowy, kolejowy, lotniczy) i wielu pośredników transportowych (np. 3PL, spedytorzy, dostawcy ubezpieczeń). Taka sieć transportowa obejmuje dużą liczbę uczestników, którzy nie zawsze sobie ufają, często nawet nie znając każdego z ogniw. Rozproszone sieci w wielu przypadkach nie mają znormalizowanej metody udostępniania danych w celu usprawnienia procesów transportowych. Użycie spersonalizowanego rozwiązania blockchain, który łączy te strony, zapewnia udostępnienie wymaganych danych transakcji i wysyłki w sposób bezpieczny i niezawodny, biorąc pod uwagę nieodłączne cechy blockchain²⁶.

24 O. Özer, Y. Zheng, Y. Ren, *Trust, Trustworthiness, and Information Sharing in Supply Chains Bridging China and the United States*, „Management Science” 2014, no. 60(10), s. 2435–2460.

25 N. Kshetri, *Can Blockchain Strengthen the Internet of Things?* „IT Professional” 2017, no. 19(4), s. 68–72.

26 M. Pournader, Y. Shi, S. Seuring, S.C.L. Koh, *op. cit.*, s. 1–19.

Wymiana handlowa i transakcje finansowe

Upowszechnienie technologii blockchain nastąpiło wraz ze wzrostem zainteresowania bitcoinem. Stąd pierwszym jej zastosowaniem było tworzenie kryptowalut. Istotną cechą odróżniającą wszystkie kryptowaluty od tradycyjnych walut jest brak możliwości sterowania ich ilością na podstawie decyzji rządów czy banków centralnych. To w algorytmie jest już przewidziana liczba dostępnych w danym czasie jednostek i tempo ich przyrostu w czasie²⁷. Przelewy i wymiana walut są najbardziej rozwiniętymi obszarami zastosowań blockchain, gdyż wykorzystują podstawowe mechanizmy tej technologii. Dziesiątki dużych instytucji finansowych, w tym wiele największych banków na świecie, prowadzi prace badawcze i koncepcyjne mające na celu zbadanie realnego potencjału blockchain²⁸.

Blockchain w sposób naturalny pozwala stworzyć rozproszoną księgę główną. Staje się dobrym narzędziem do przechowywania wszelkiego rodzaju rejestrów, w których nie będzie możliwa podmiana raz zapisanych danych, np. weryfikacja pochodzenia i autentyczności określonych przedmiotów i towarów²⁹. Jest to wyjście naprzeciw problemom związanym z funkcjonowaniem scentralizowanych ksiąg i rejestrów³⁰ poprzez stosowanie rozproszonego mechanizmu konsensusu zabezpieczającego obie strony transakcji³¹.

Stosowanie technologii blockchain niesie znaczące implikacje dla wymiany w globalnych łańcuchach dostaw. Ułatwia płatności za pośrednictwem kryptowalut, dzięki czemu partnerzy łańcucha dostaw mogą korzystać z natychmiastowych przelewów pieniężnych przy niższych prowizjach. Poprzez wyeliminowanie pośredników blockchain może umożliwić tanie i błyskawiczne przekazy transgraniczne, a tym samym zwiększyć siłę wydatkową obrotu pieniężnego. Ustalenia umowne dotyczące wymiany handlowej mogą być ponadto ułatwione dzięki inteligentnym kontraktom, które pozwalają zaoszczędzić czas i zredukować koszty transakcyjne³². Takie zastosowanie może przełożyć się na optymalizację kosztów w ramach łańcucha dostaw poprzez lepszą koordynację działań pomiędzy współpracującymi firmami³³.

27 A. Żuwała, *op. cit.*, s. 64.

28 B. Klinger, J. Szczepański, *op. cit.*, s. 23.

29 K. Kosior, *op. cit.*, s. 21.

30 Scentralizowane rejestry są podatne na zgubienie, zniszczenie, modyfikację zwartych w nich danych.

31 *Ibidem*.

32 M. Pournader, Y. Shi, S. Seuring, S. C. L. Koh, *op. cit.*

33 M. Hulicki, P. Rustofin, *Wykorzystanie koncepcji blockchain w realizacji zobowiązań umownych*, „Człowiek w Cyberprzestrzeni” 2017, nr 1, s. 37.

Bariery rozwoju technologii blockchain w łańcuchu dostaw

Wskazane wcześniej właściwości omawianej technologii sprawiają, że może ona znacznie ułatwić oraz usprawnić funkcjonowanie łańcuchów dostaw produktów i usług do końcowego odbiorcy. Jak pokazały powyższe przykłady, blockchain może z powodzeniem działać w łańcuchach dostaw różnych branż, zapewniając wiele korzyści dla ich funkcjonowania. Należy jednak odnotować, że wdrożenie tej technologii wciąż wiąże się z wieloma trudnościami i ograniczeniami, które spowalniają powszechną komercjalizację.

Remko van Hoek zidentyfikował bariery rozwoju blockchain w łańcuchach dostaw, wśród których jako najważniejsze wskazał: brak zrozumienia integracji blockchain z dotychczasowymi procesami, brak wiedzy o potencjalnych korzyściach tej technologii, brak wiedzy o kosztach i zwrocie z inwestycji (ROI), niepewność zwrotu inwestycji, brak zrozumienia technologicznych ograniczeń technologii³⁴.

W literaturze można się spotkać również z próbami klasyfikowania barier dla rozwoju omawianej technologii. Jedna z klasyfikacji obejmuje podział na cztery grupy: bariery technologiczne i związane z bezpieczeństwem, bariery finansowe i kadrowe, bariery organizacyjne oraz bariery społeczne i środowiskowe³⁵. Do pierwszej grupy zaliczają się m.in. problemy takie jak: brak dojrzałości technologicznej, utrudnione zabezpieczanie danych, niedostateczna interoperacyjność i kompleksowość procesów. Bariery finansowe i kadrowe obejmują brak odpowiedniego personelu IT, wysokie koszty inwestycji w technologię, brak infrastruktury oraz działów badań i rozwoju w przedsiębiorstwach. Kolejna grupa barier dotyczy kwestii takich jak: silna hierarchizacja struktury organizacyjnej i wysoki stopień biurokracji, utrudnienia prawne związane z wymianą i współdzieleniem danych czy też nieufność użytkowników i brak gotowości na zmianę. Ostatni rodzaj barier obejmuje społeczne i środowiskowe aspekty wykorzystania technologii.

Istnieją także klasyfikacje silnie skorelowane z rolą blockchain w łańcuchu dostaw i skupiające się na problemach szerokiego stosowania tej technologii. Można tu przywołać podział na: bariery organizacyjne, bariery związane z łańcuchem dostaw, bariery technologiczne oraz bariery zewnętrzne³⁶.

34 R. van Hoek, *Unblocking the chain – findings from an executive workshop on blockchain in the supply chain*, „Supply Chain Management” 2019, vol. 25, no. 2, s. 255–261.

35 C. Öztürk, A. Yildizbaşı, *op. cit.*

36 S. Saberi, M. Kouhizadeh, J. Sarkis, *Blockchains and the supply chain: Findings from a broad study of practitioners*, „IEEE Engineering Management Review” 2019, vol. 1, no. 1, s. 2117–2135.

Tabela 1. Zestawienie barier dla stosowania technologii blockchain w łańcuchach dostaw

Bariery organizacyjne	Bariery związane z łańcuchem dostaw
• brak specjalistycznej wiedzy na temat technologii, • brak narzędzi do wdrażania technologii, • brak danych porównawczych do wdrożenia technologii	• brak świadomości klientów na temat technologii blockchain, • brak współpracy partnerów w łańcuchu dostaw, • brak koordynacji partnerów łańcucha dostaw
Bariery technologiczne	Bariery zewnętrzne
• niedojrzałość technologii, • ograniczona infrastruktura informatyczna, • obawy dotyczące bezpieczeństwa	• niepewność rynku związana z wykorzystaniem technologii blockchain, • brak zaangażowania branży we wdrażanie technologii blockchain, • brak zaangażowania powiązanych społeczności w przyjęcie technologii blockchain

Źródło: opracowanie własne na podstawie S. Saberi, M. Kouhizadeh, J. Sarkis, *Blockchains and the supply chain: Findings from a broad study of practitioners*, „IEEE Engineering Management Review” 2019, vol. 1, no. 1.

Zgodnie z tabelą 1, głównymi wewnętrznymi barierami organizacyjnymi są wiedza organizacyjna i mechanizmy wsparcia. Świadomość klienta (wiedza) oraz potrzeba współpracy i koordynacji dostawców to z kolei ograniczenia w kontekście uczestników łańcucha bloków. Zasadniczo, zarówno pod względem technologicznym, jak i problemów związanych z barierami zewnętrznymi, niedojrzałość technologii i dostępna infrastruktura są podobnym, identyfikowalnym problemem³⁷.

Podsumowanie

Blockchain to znacząca nowa droga do rozwoju technologicznego, umożliwiająca bezpieczne transakcje bez potrzeby posiadania centralnego organu. Umożliwia nowe podejście do gromadzenia, analizowania, przetwarzania danych oraz ich dystrybucji w sieci.

³⁷ *Ibidem*.

Wartość dodana wynikająca ze stosowania tego narzędzia w zarządzaniu łańcuchami dostaw polega przede wszystkim na istotnym zwiększeniu przejrzystości ich działania. Rejestrowanie transakcji w ramach rozproszonej i niepodatnej na zmiany bazy danych wzmacnia wiarygodność informacji przepływających między poszczególnymi ogniwami łańcucha i w całym łańcuchu. Blockchain ma również duży potencjał do przechowywania i rejestrowania zapisów danych łańcucha dostaw. Technologia może rejestrować każdy etap życia produktu, od wytworzenia go w fabryce, przez jego wysłanie i dostarczenie do sklepu, aż po moment zakupu przez konsumenta.

To jedynie niewielki wycinek możliwości, jakie daje omawiana technologia. Coraz lepsze rozumienie innowacyjnego potencjału blockchain powoduje, że praktycznych zastosowań narzędzia będzie coraz więcej. Wymaga to jednak znaczących zmian w funkcjonowaniu poszczególnych podmiotów działających w sieci, biorąc pod uwagę ograniczenia wdrażania technologii blockchain. Pełne wykorzystanie jej potencjału będzie jednak zależało od istniejących barier, takich jak: rachunek ekonomiczny, ograniczenia technologiczne czy regulacje prawne.

Bibliografia

- Boniecki R., Rawłuszko J., *Możliwości wykorzystania technologii blockchain w biznesie*, „Ekonomiczne Problemy Usług” 2017, t. 2.
- Britchenko I., Cherniavska T., Cherniavskiy B., *Blockchain technology into the logistics supply chain implementation effectiveness*, [w:] I. Britchenko, Y. Polishchuk (red.), *Development of small and medium enterprises: the EU and east-partnership countries experience*, Tarnobrzeg 2018.
- Chang S.E., Chen Y., *When Blockchain Meets Supply Chain: A Systematic Literature Review on Current Development and Potential Applications*, „IEEE Access” 2020, no. 8.
- Dikariev H., Miłosz M., *Technologia blockchain i jej zastosowania*, „Journal of Computer Science Institute” 2018, no. 6.
- Hulicki M., Rustofin P., *Wykorzystanie koncepcji blockchain w realizacji zobowiązań umownych*, „Człowiek w Cyberprzestrzeni” 2017, nr 1.
- van Hoek R., *Unlocking the chain – findings from an executive workshop on blockchain in the supply chain*, „Supply Chain Management” 2019, vol. 25, no. 2, s. 255–261.
- Kamiński A., Gałagus M., *Blockchain. Kolejny etap cyfrowej rewolucji?* „Gazeta SGH” 2018.
- Klinger B., Szczepański J., *Blockchain – historia, cechy i główne obszary zastosowań*, „Człowiek w Cyberprzestrzeni” 2017, nr 1.

- Kosior K., *Potencjał technologii blockchain w zapewnianiu bezpieczeństwa i jakości żywności*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2018, nr 25.
- Kshetri N., *Can Blockchain Strengthen the Internet of Things?* „IT Professional” 2017, no. 19(4).
- Nakamoto S., *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, 2008.
- OECD: *Transformative Technologies and Jobs of the Future. Background Report for the Canadian G7 Innovation Ministers’ Meeting*, OECD, Montreal, Canada, 2018.
- Özer O., Zheng Y., Ren Y., *Trust, Trustworthiness, and Information Sharing in Supply Chains Bridging China and the United States*, „Management Science” 2014, no. 60(10).
- Öztürk C., Yildizbaşı A., *Barriers to implementation of blockchain into supply chain management using an integrated multi-criteria decision-making method: a numerical example*, „Soft Computing” 2020, vol. 24.
- Pournader M., Shi Y., Seuring S., Koh S.C.L., *Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature*, „International Journal of Production Research” 2019.
- Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., *Blockchains and the supply chain: Findings from a broad study of practitioners*, „IEEE Engineering Management Review” 2019, vol. 1, no. 1.
- Schatsky D., Muraskin C., *Beyond Bitcoin, Blockchain is Coming to Disrupt Your Industry*, Deloitte University Press, 2015.
- Swan M., *Blockchain: Blueprint for a New Economy*, O’Rielly Media, 2015.
- UniCredit, *Blockchain Technology and Applications from a Financial Perspective*, Technical Report, Version 1.0, Data & Analytics, February 2016.
- Vaskovskyi E., *Technologia blockchain – możliwości zastosowania*, Alterum – Ośrodek Badań i Analiz Systemu Finansowego, 2018.
- Zimnoch D., *Wpływ technologii blockchain na efektywność banku*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach” 2016, nr 281.
- Żuwała A., *Możliwości wykorzystania technologii blockchain*, „Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management” 2018, nr 87.