

Artur Rot

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: artur.rot@ue.wroc.pl
ORCID: 0000-0002-7281-8253

Ryszard Zygała

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: ryszard.zygala@ue.wroc.pl
ORCID: 0000-0003-2690-8271

**TECHNOLOGIA *BLOCKCHAIN* JAKO REWOLUCJA
W TRANSAKCJACH CYFROWYCH.
ASPEKTY TECHNOLOGICZNE
I POTENCJALNE ZASTOSOWANIA**

**BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AS A REVOLUTION
IN DIGITAL TRANSACTIONS. TECHNOLOGICAL
ASPECTS AND POTENTIAL APPLICATIONS**

DOI: 10.15611/ie.2018.4.09

JEL Classification: O30

Streszczenie: Technologia *blockchain* określana jest często jako system, którego nie można złamać. Postrzegana jest jako rozwiązanie mogące zmienić oblicze wielu branż. Przechowuje ona dane w wielu lokalizacjach zamiast w jednym centralnym repozytorium, dzięki czemu są one bezpieczniejsze. Dzięki swoim właściwościom *blockchain* rewolucjonizuje sposób zawierania, rozliczania i zapisywania transakcji elektronicznych przy jednoczesnym obniżeniu ryzyka ataków przez zmniejszenie liczby potencjalnych miejsc włamań. Obecnie łańcuch bloków może być wykorzystywany w różnych transakcjach cyfrowych dotyczących m.in. rynku energii elektrycznej, handlu, kryptowalut, sprzedaży i kupna akcji. Jednocześnie trwają prace nad szerszym jego wykorzystaniem w bankowości, ubezpieczeniach, administracji publicznej (podpis elektroniczny) i przy uwierzytelnianiu dokumentów. Celem artykułu jest wskazanie na potencjał i przykłady zastosowania technologii *blockchain* w różnych obszarach. Wykorzystane metody badań to przegląd aktualnej literatury przedmiotu, analiza wybranych przypadków praktycznych i analiza przydatności zastosowania omawianej technologii, którą przeprowadzono pod kątem możliwości wdrożenia technologii łańcucha bloków w różnych dziedzinach życia i techniki.

Słowa kluczowe: *blockchain*, *bitcoin*, kryptografia, rozproszone przetwarzanie danych, zastosowania łańcucha bloków.

Summary: Blockchain technology is often referred to as a system that cannot be broken and is perceived as a solution that can change many industries. It stores data in multiple locations

instead of one central repository, making them safer. Its use may reduce the risk of attacks by reducing the number of potential hacking points. Thanks to its properties, blockchain revolutionises the way of concluding, settlement and saving electronic transactions. Currently, blockchain can be used in various digital transactions related to the energy market, trade, cryptocurrencies, sale and purchase of stock, etc. At the same time, there are activities for its wider applications in banking, public administration (electronic signature) and in documents authentication. The purpose of the article is to point to the potential and examples of the use of blockchain technology in various areas. The applied research methods are a review of the current literature of the topic, analysis of selected practical cases and analysis of the suitability of the application of the discussed technology, which was carried out in terms of the possibility of implementing blockchain in various areas of life and technology.

Keywords: blockchain, bitcoin, cryptography, distributed data processing, blockchain applications.

1. Wstęp

Technologia łańcucha bloków (*blockchain*) jest szeroko znana, głównie dzięki temu, iż stanowi fundament kryptowaluty *bitcoin*. Technologia ta, okrzyknięta mianem rewolucyjnej, jest określana jako rozproszony rejestr lub rozproszona księga główna, a w praktyce jest to elektroniczna lista, na której chronologicznie zapisywane są wszystkie transakcje między użytkownikami. Do listy tej dostęp mają wszyscy na równych zasadach, a nie tylko jedna, wybrana instytucja. Każda transakcja zapisywana jest na tej liście jako blok zawierający dane o jej wartości i czasie zawarcia. Taki blok (*block*) dołączany jest do poprzednich i wspólnie tworzą łańcuch (*chain*), stąd też nazwa rozwiązania. Technologia ta automatycznie przechowuje dane w wielu lokalizacjach, nie zaś w jednym centralnym repozytorium, dzięki czemu są one znacznie bezpieczniejsze. Jest to technologia bazowa dla tak zwanych kryptowalut, czyli walut, za które nie odpowiada żadna państwowa instytucja finansowa. Jednakże w ostatnich latach nastąpiła ewolucja w jej postrzeganiu, a przedsiębiorstwa i instytucje na całym świecie zauważyły innowacyjny potencjał wynikający z jej unikatowych cech i dzisiaj są już na etapie usprawniania swoich procesów z jej wykorzystaniem [Kliger, Szczepański 2017].

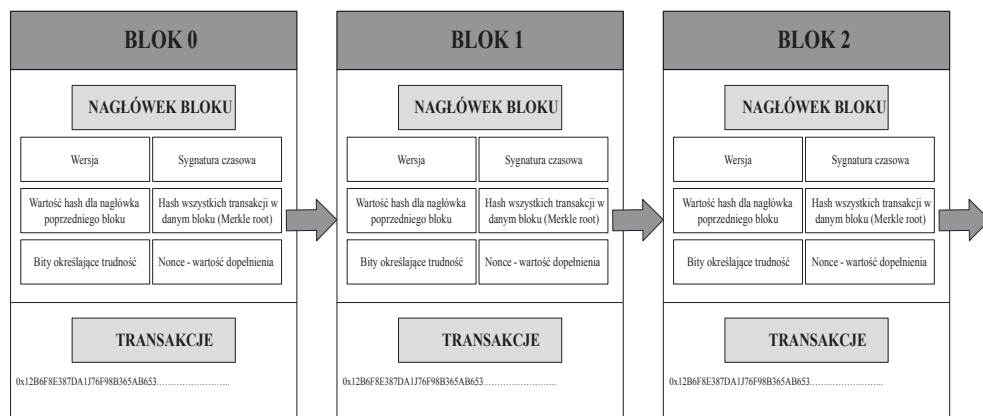
Ta innowacyjna technologia jest wyjątkowym systemem, który może być stosowany praktycznie we wszystkich dziedzinach życia. Lista problemów, jakie można rozwiązać za jej pomocą, jest bardzo długa: zaczyna się od branży finansowej i ubezpieczeń, a kończy się na administracji publicznej.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie istoty technologii *blockchain*, a w szczególności wskazanie jej potencjału i przykładów użycia, a także identyfikacja możliwości jej wdrożenia w różnych obszarach działalności instytucji i przedsiębiorstw.

2. Istota i właściwości technologii *blockchain*

Aktualnie wiele osób posługuje się nazwą *blockchain* w odniesieniu do wszelkich systemów wymiany informacji bazujących na systemie kodowania danych wykorzystywanych pierwotnie w bitcoinie. Jak już wspomniano, łańcuch bloków może zostać określony jako księga transakcji, która umożliwia rejestrację i śledzenie każdej przeprowadzonej w jej obrębie operacji i która jest rozproszona w Internecie w postaci niemodyfikowalnych kopii [Biedrzycki 2018]. Definiowany może być także jako [Dresher 2017]:

- struktura danych – baza informacji składająca się z połączonych między sobą, ułożonych chronologicznie bloków,
- algorytm – sekwencja instrukcji do wykonania przez system na konkretnym zbiorze informacji,
- rodzaj rozproszonego systemu p2p (p2p jest modelem komunikacji w sieci komputerowej zapewniającym wszystkim hostom te same uprawnienia, w przeciwieństwie do architektury typu klient–serwer),
- zestaw technologii – kombinacja struktury danych, algorytmu, kryptografii i rozwiązań zapewniających bezpieczeństwo w celu osiągnięcia integralności rozproszonego systemu p2p.



Rys. 1. Ogólny schemat struktury bloków w łańcuchu w technologii *blockchain*

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Dudek 2017].

Technologia *blockchain* to zatem łańcuch bloków służący do przechowywania i przesyłania informacji o transakcjach zawartych w Internecie, które ułożone są jako następujące po sobie bloki danych. Każda transakcja zapisywana jest na tej liście jako blok zawierający dane o jej wartości i czasie zawarcia. Taki blok dołączany jest do wcześniejszych i wspólnie tworzą nierozzerwalny łańcuch [Biedrzycki 2018]. Podczasapełniania jednego bloku danymi tworzony jest następny blok i da-

lej tworzone są kolejne (zob. rys. 1). Warunkiem dołączenia bloku do łańcucha jest znalezienie wartości dopełnienia (*nonce*), aby *hash* (wynik działania funkcji skrótu, dane które są wymieszane i skondensowane do postaci krótkiego i pozornie losowego ciągu liczb) całego bloku spełniał określony warunek. Blok zawiera nagłówek (*block header*), a podstawowymi zapisanymi w nim informacjami są: wersja, sygnatura czasowa, *hash* poprzedniego bloku, przynależność do łańcucha, *nonce* (licznik używany w algorytmie *proof-of-work*) itp. Elementem bloku, który gwarantuje nam niepowtarzalność transakcji, jest tzw. *hash* bloku, otrzymywany właśnie według algorytmu nazywanego *proof-of-work* [Dudek 2017].

Blok może być nośnikiem różnego rodzaju informacji (np. transakcje, dane osobowe itp.). Każdy z użytkowników tego rozwiązania ma kopię bazy danych, a nowe bloki w łańcuchu dopisywane są zgodnie z określonym algorytmem. Próba zmiany jednego bloku wywołuje zmianę całego następującego po nim łańcucha. Tak podpisany blok jest niemożliwy do skopiowania, a co za tym idzie – nie można skopiować (zmienić) danych przechowywanych w ten sposób, co gwarantuje niepowtarzalność i nieodwracalność każdego bloku i transakcji.

Blockchain wykorzystuje rozwiązania kryptograficzne, takie jak jednokierunkowe funkcje haszujące czy kryptografia asymetryczna [Dikariev, Miłosz 2018]. W ten sposób skonstruowany system gwarantuje bezpieczeństwo i eliminuje problem braku zaufania – przy jednoczesnym braku konieczności jakiegokolwiek centralnej instytucji nadzorującej. Nieupoważnione zmiany własności lub wartości aktywów są praktycznie niewykonalne, bowiem wiązałyby się z koniecznością zmiany wszystkich wcześniejszych bloków poprzedzających daną transakcję.

Technologia *blockchain* jest uznawana za jedną z przełomowych technologii informatycznych naszych czasów, a eksperci od cyberbezpieczeństwa oceniają, że system rejestrowania i przechowywania danych na niej oparty jest niemożliwy do złamania i rozszyfrowania, a do tego jest dużo prostszy i tańszy niż tradycyjne zabezpieczenia. Dlatego technologia ta jest stworzona przede wszystkim dla firm i instytucji, w których bezpieczeństwo, poufność i integralność danych są priorytetem.

3. Obszary zastosowań technologii *blockchain*

Technologia łańcucha bloków jest uważana za nadchodzącą rewolucję w sposobie zawierania, rozliczania, zapisywania transakcji oraz wymiany informacji i wartości, a co za tym idzie – stanowić może kolejny przełom w świecie cyfrowym, pokazując drzemiący w niej potencjał i prawie nieograniczone możliwości. Coraz więcej jest opinii mówiących o nadchodzącym końcu dotychczasowych systemów transakcyjnych bazujących na tradycyjnych strukturach bazodanowych na rzecz rozwiązania łańcucha bloków. Obecnie najbardziej znanym przykładem wykorzystania tej technologii jest wspomniana kryptowaluta *bitcoin*, jednak jest to jedynie niewielka część możliwych zastosowań [Grzywacz 2018].

Blockchain jest niezwykle atrakcyjną technologią przede wszystkim z punktu widzenia banków, instytucji ubezpieczeniowych i administracji publicznej, gdyż m.in. transakcje i dokumenty przechowywane w ten sposób są odporne na kopiażanie i wszelkiego rodzaju manipulacje. Prace dotyczące zastosowania tej technologii w branży finansowej są prowadzone w największych bankach, rozwijane są też technologie łańcucha bloków na platformie obrotu papierami wartościowymi, która ma rozliczać transakcje znacznie szybciej niż tradycyjne giełdy. Rozwiązanie może się okazać także przydatne dla działania systemów głosowania (w wyborach i referendach), gdyż zapewnia rozproszone, automatyczne zliczanie głosów z pełną historią. W transporcie *blockchain* mógłby pomóc w rozwijaniu nowoczesnych systemów wynajmu, współdzielenia przejazdów, przewozu osób i towarów. Mogłyby też dzięki niemu powstać rozproszone i w pełni bezpieczne systemy identyfikacji osób, cyfrowe podpisy i autoryzacje [Usidus 2018]. *Blockchain* może być wykorzystywany w przemyśle – mowa tu m.in. o walidacji produktów w obszarze łańcucha dostaw, weryfikacji płatności czy o zwiększeniu ich bezpieczeństwa. Może on znaleźć zastosowanie także w nowych systemach płatniczych. W administracji publicznej na tej technologii mogą w przyszłości bazować systemy śledzenia podatków i składek, obiegu elektronicznych faktur, elektronicznego rejestru ludności i rejestru samochodów.

Na początku 2018 r. McKinsey Global Institute opublikował raport, w którym wskazał na blisko 70 firm, które wdrożyły już *blockchain*. Większość z nich należy do branży finansowej, ale zainteresowanie tą technologią wykazuje coraz większa liczba organizacji. *Blockchain* może znaleźć zastosowanie w wielu obszarach, w których dokonywane transakcje wymagają wysokiego poziomu bezpieczeństwa i zaufania.

Analizując potencjalne zastosowania technologii *blockchain*, można wyróżnić jej kilka najważniejszych zalet, które zapewne decydować będą o jej dynamicznym upowszechnieniu; są nimi [Dresher 2017]:

- dezintermediacja (brak pośredników) – zastąpienie instytucji pośredniczących w transakcjach przez jeden bezpieczny i zaufany system,
- automatyzacja – zastępowanie manualnych zadań przez zautomatyzowane interakcje między użytkownikami,
- standaryzacja – zautomatyzowane przetwarzanie transakcji bazuje na istniejących zasadach i standardach, co skutkować może standaryzacją procesów,
- usprawnianie procesów – dzięki technologii *blockchain* procesy biznesowe stają się transparentne i zrjonalizowane,
- przyspieszenie przetwarzania danych – łańcuch bloków przyczyni się z pewnością do zwiększenia szybkości przetwarzania danych transakcji,
- redukcja kosztów – automatyzacja, usprawnienie procesów oraz zwiększenie szybkości przetwarzania danych przełoży się na minimalizację kosztów oraz w dalszej perspektywie na zmiany w wielu sektorach gospodarki,
- zwiększenie poziomu zaufania – *blockchain* zamienia zaufanie do osób i instytucji na zaufanie do niezawodnej logiki IT.

Łańcuch bloków cechuje się wieloma różnymi możliwościami zastosowań, a główne korzyści związane z jego wdrożeniem związane są przede wszystkim ze wzrostem bezpieczeństwa i z wyeliminowaniem konieczności występowania pośredników w zawieranych transakcjach [Bystrzyński 2016].

W dalszej części artykułu zostaną syntetycznie omówione potencjalne obszary zastosowań opisywanej technologii.

4. Łańcuch bloków w branży finansowej

Można stwierdzić, iż popularność technologii *blockchain* rozpoczęła się właśnie od branży finansowej. To ona jako pierwsza rozpoznała jej ogromny potencjał. Aktualnie obserwujemy również powstawanie wielu kolejnych kryptowalut bazujących na rozwiązaniach łańcucha bloków i aktualnie poza bitcoinem funkcjonuje wiele innych kryptowalut działających na zbliżonej zasadzie. Nazywane są one często alternatywnymi kryptowalutami (*altcoins*); powstały głównie dzięki sukcesowi pierwowzoru, a ich liczba sięga aktualnie ok. 2000 sztuk, przy czym cały rynek kryptowalut wyceniany jest na ponad 200 miliardów dolarów [CoinMarketCap].

Powstała i szybko rozwija się nowa branża, której nazwę zaczerpnięto od finansów i technologii informacyjnych – branża *FinTech*, także w branży ubezpieczeniowej bazującej na nowoczesnych rozwiązaniach zaczyna funkcjonować określenie *InsuranceTech* [Grzywacz 2018]. Warto również dodać, że banki oraz instytucje finansowe, które na początku nieprzychylnie patrzyły na rozwój kryptowalut, po czasie same dostrzegły drzemiący w nich potencjał i rozpoczęły prace nad stworzeniem własnych rozwiązań bazujących na tej technologii. Wykorzystywane one będą głównie jako uzupełnienie istniejących systemów transakcyjnych [Grzywacz 2018].

Opisane przykłady wykorzystania łańcucha bloków nie stanowią jego jedyne go zastosowania w obszarze finansów, gdyż technologia *blockchain* pozwala także w sposób zintegrowany przeprowadzać procesy analityczne i kontrolne między instytucjami finansowymi. Zapewnia ona także nieograniczony dostęp regulatorów do badania tego systemu jako całości, a uczestnicy procesu mają dostęp zarówno do danych kontrolnych, jak i dzienników zdarzeń. Dzięki tym rozwiązaniom weryfikacja klienta na podstawie tych transakcji będzie dużo łatwiejsza, co zmniejszy koszty operacyjne oraz pozwoli na łatwiejszą i szybszą obsługę klienta [Rutkowski 2018]. Wymiana walut, transakcje międzybankowe będą realizowane przez szybsze, pewniejsze i niezawodne systemy transakcyjne. Ponadto *blockchain* może być podstawą stworzenia globalnej sieci przekazów pieniężnych i pożyczek finansowych, eliminującej pośredników (płatności oraz pożyczki *peer-to-peer*, dla których przykładami są funkcjonujące platformy, takie jak: Abra, BTC Jam) [Deptuła 2018].

5. *Blockchain* a inteligentne kontrakty

Inteligentne umowy (*smart contracts*) to przykład zastosowania technologii łańcucha bloków, będący cyfrową reprezentacją zasad lub procesów funkcjonujących w organizacji, które regulują sposób dokonywania i przebieg transakcji. Umowy świadczone w inteligentny sposób zapewniają bezpieczeństwo, przejrzystość, prostotę działania i szybkość wykonania. Inteligentne kontrakty to automatycznie zawierane i wykonywane kontrakty, których nikt nie kontroluje, ale każdy im ufa. Przykłady takich systemów stanowią np. UbiMS, Mirror.

Egzemplifikacją wykorzystania inteligentnych umów może być wypłata odszkodowania po odwołaniu lotu przez linię lotniczą. Jeżeli została zawarta taka umowa, to w momencie, gdy lot zostaje odwołany, na konto pasażera wpływa wcześniej ustalona kwota odszkodowania. Nie ma potrzeby wypełniania wniosków, zbierania dowodów, a czas oczekiwania na decyzję jest krótki, nie ma też potrzeby angażowania pracowników w cały proces, a wszystkie działania przebiegają sprawnie [Muszyński 2016].

Przy okazji omawiania inteligentnych umów jako zastosowania technologii *blockchain* warto również wspomnieć o pojęciu zdecentralizowanej autonomicznej organizacji (*Decentralized Autonomous Organization – DAO*). Są to organizacje bazujące na kodzie programistycznym mającym cechy inteligentnej umowy, rozszerzające ją o duży zakres samodzielności. Najczęściej jest to cały zbiór *smart* kontraktów powiązanych ze sobą wspólną domeną działań oraz interfejsem. Funkcją takiej organizacji może być autonomiczne zarządzanie aktywami, podejmowanie decyzji i aktywna interakcja z otoczeniem (np. stronami umów, siecią, światem zewnętrznym) jako strona lub osoba [Piech 2016].

6. Zastosowania w łańcuchu dostaw

Kolejnym istniejącym już zastosowaniem technologii *blockchain* jest zintegrowany system kontroli łańcucha dostaw wykorzystywany przez amerykańską firmę Walmart przy współpracy z IBM. Rozwiązanie pozwala na śledzenie różnych produktów na każdym etapie: od momentu ich powstania aż do pojawienia się na półkach sklepowych. Sprzedawca jest w stanie w bardzo krótkim czasie odtworzyć cały proces i historię konkretnego produktu, co daje możliwość zapewnienia odpowiednich warunków jego wytwarzania, przechowywania i transportu oraz np. eliminację nieuczciwych dostawców. Ponadto sprawdzona i gwarantowana jest jakość oferowanych produktów, co przyczynia się do mniejszej liczby zwrotów i większego zadowolenia klientów. Sieć sklepów wie, na którym etapie całego łańcucha dostaw jest dany produkt, i jest w stanie na bieżąco reagować w razie potrzeby. Opisywane rozwiązanie zapewnia przejrzystość, szybkość działania i kontrolę całego procesu dostaw, daje też duże oszczędności czasu i środków finansowych potrzebnych na weryfikację jakości produktów [Grzywacz 2018].

Kolejne rozwiązanie również zostało opracowane przez firmę IBM dla A.P. Moller-Maersk (duńskie przedsiębiorstwo transportowe obsługujące kontenerowce pływające po morzach i oceanach na całym świecie). Jak wynika z analiz przeprowadzonych przez głównych udziałowców projektu, wiele towarów przechodzi przez nawet kilkudziesięciu dostawców i pośredników, zanim dotrą one do odbiorcy końcowego, co generuje znaczące koszty administracyjne. Zastosowanie systemu wykorzystującego *blockchain* pozwala znacznie zredukować te koszty, a także zapewnia monitoring i kontrolę na każdym z etapów procesu. Dotychczasowy system zawodził już kilkakrotnie (problemem stanowiły np. włamania do systemu, jego niedostępność), powodując przestój oraz ogromne straty finansowe, co potwierdziło konieczność wdrażania innowacyjnych systemów o wyższym poziomie bezpieczeństwa i niezawodności.

7. Administracja i rejestry publiczne

Blockchain może również znaleźć szerokie zastosowanie w administracji publicznej, szczególnie jako rejestr danych. Istnieją już rozwiązania pozwalające na zastąpienie tradycyjnych zapisów w rejestrach łańcuchem bloków zawierającym wszystkie niezbędne informacje. Dobrym przykładem użycia tej technologii w administracji publicznej jest Estonia, uważana często za pioniera innowacyjnych rozwiązań IT w infrastrukturze publicznej. Obywatele tego państwa korzystają z cyfrowych dowodów tożsamości (aż 94% obywateli Estonii ma takie cyfrowe dowody), mają możliwość głosowania *online* z dowolnego miejsca, rozliczają podatki bez potrzeby wizyty w urzędzie oraz są w stanie załatwić wiele innych spraw urzędowych dzięki serwisowi e-usług w ramach projektu E-stonia. Większość z tych rozwiązań bazuje na technologii łańcucha bloków, zapewniając wygodę i bezpieczeństwo użytkownika oraz przejrzystość i elastyczność. Tworzą one także przyjazne środowisko do rozwoju przedsiębiorczości. Szacuje się, że oszczędności z wprowadzenia wspomnianych systemów elektronicznych wynoszą ok. 2% PKB [Grzywacz 2018; Piech, Zyga 2018]. Dzięki implementacji omawianych rozwiązań technologicznych w administracji publicznej w Estonii uzyskano m.in. następujące efekty:

- niższą kwotę wydatków przeznaczanych na sektor publiczny,
- ograniczenie możliwości oszustw (np. przy głosowaniu),
- zwiększenie elastyczności i wygody wymieniaania prywatnych, rządowych lub korporacyjnych danych,
- łatwiejszy dostęp do usług społecznych i opieki medycznej,
- przejrzystość systemu,
- przyjazne środowisko do rozwoju przedsiębiorczości.

Przykłady zastosowania *blockchain* w administracji publicznej można mnożyć. W Gruzji funkcjonuje rejestr gruntów wykorzystujący tę technologię. Brytyjski rząd rozpoczął próbę jej wykorzystania w zakresie wypłaty świadczeń opieki społecznej dla obywateli. Singapurski Bank Centralny wykorzystuje łańcuch bloków

w obszarze płatności międzybankowych, dzięki czemu uproszczono proces płatności, skrócono czas transakcji, zwiększono przejrzystość i odporność systemu, a także zmniejszono koszt długoterminowego składowania danych [Jajeśniak 2018]. Administracja Rosji i Indii analizuje, jak dzięki *blockchainowi* można wspomóc działanie systemu płatniczego i sektora finansowego [Goliński 2017]. Delaware jest pierwszym stanem w USA, który wykorzystał omawianą technologię do przechowywania umów i innych danych korporacyjnych. Dzięki temu zapewniono większe bezpieczeństwo danych i umożliwiono automatyczny dostęp do dokumentów akcjonariuszom, inwestorom i pracownikom, co poskutkowało również znacznymi oszczędnościami finansowymi [Kwang 2017].

Również Polska jest jednym z krajów, który pracuje nad wdrożeniem technologii *blockchain* w administracji państwowej. Prowadzony przez Ministerstwo Cyfryzacji projekt „Od papierowej do cyfrowej Polski” obejmuje 13 strumieni prac, takich jak: Cyfrowe Usługi Publiczne, Cyfrowa Tożsamość, Zwiększenie Obrotu Bezgotówkowego, Schemat Krajowy, e-Faktura i e-Paragon, e-Daniny i e-Świadczenia, e-Zdrowie, e-Sprawozdawczość, *Blockchain* i kryptowaluty, e-Skrzynka i e-Doręczenie, e-Transport i e-Przepływy towarów, Architektura IT, Cyberbezpieczeństwo. Strumień *Blockchain* i kryptowaluty skupia się na wdrażaniu technologii rozproszonych rejestrów w administracji oraz upowszechnieniu ich zastosowań w biznesie [Ministerstwo Cyfryzacji 2019].

Podsumowując zastosowania technologii łańcucha bloków w administracji publicznej, można wskazać na korzyści, jakie ona może przynieść [Government Office of Science 2018]; są nimi:

- wygoda dla obywateli,
- zwiększenie wpływów podatkowych,
- zmniejszenie szarej strefy,
- nowoczesny wizerunek państwa,
- niższe koszty operacyjne, w tym ograniczenie oszustw i błędów w płatnościach,
- większa przejrzystość transakcji między instytucjami i agencjami rządowymi a obywatelami,
- zwiększenie dostępu do usług finansowych,
- niższe koszty ochrony danych obywateli,
- możliwości bezpiecznej wymiany danych między różnymi podmiotami,
- ochrona kluczowej infrastruktury.

Raport *UK to Trial Blockchain in Welfare Payments* potwierdza, że technologia rozproszonego rejestru może wspomagać funkcjonowanie administracji publicznej w wielu obszarach, a w szczególności w takich działaniach, jak np.: zbieranie podatków, organizacja pomocy społecznej, rejestracja firm, wydawanie paszportów, prowadzenie rejestrów nieruchomości, zabezpieczenie odpowiedniego łańcucha dostaw i zapewnienie integralności rządowych rejestrów i usług [Goliński 2017].

8. Internet rzeczy

Według raportu MarketsandMarkets rynek Internetu rzeczy (*Internet of Things* – IoT) osiągnie do 2022 r. wartość 640 miliardów dolarów, odnotowując coroczny wzrost na poziomie 25% w stosunku do roku 2017 [MarketsandMarkets Research 2018]. Wskazuje to na olbrzymi potencjał tkwiący w koncepcji Internetu rzeczy. Wynika on głównie z dynamicznie rosnącej liczby urządzeń podłączonych do Internetu. Szacuje się, że do roku 2020 przekroczy ona 26 miliardów, a już dzisiaj znacznie przewyższa liczbę ludzi na Ziemi. Koncepcja ta okazała się na tyle perspektywiczna, że zainteresowała wielu przedsiębiorców, technologów i naukowców, którzy stworzyli ogromną liczbę jej zastosowań, a opracowane projekty służą już wielu milionom ludzi na całym świecie.

Ta dynamika rozwoju IoT niesie za sobą również wiele wyzwań, szczególnie związanych z bezpieczeństwem coraz większej ilości danych generowanych przez urządzenia, które aktualnie zalewają rynek, ale niestety przeważnie nie są odpowiednio zabezpieczone. Rozwiązaniem przynajmniej części problemów związanych z bezpieczeństwem IoT może być także *blockchain*. Z punktu widzenia koncepcji IoT następujące cechy *blockchain* sprawiają, iż jest on atrakcyjną technologią [Dorri i in. 2016]:

- decentralizacja – brak centralnej kontroli zapewnia skalowalność przez korzystanie z zasobów wszystkich węzłów i eliminowanie bezpośrednich przepływów ruchu, co zmniejsza opóźnienia i rozwiązuje problem pojedynczych punktów awarii,
- anonimowość – wbudowana anonimowość jest pożądaną cechą IoT, w którym tożsamość użytkowników musi być prywatna,
- bezpieczeństwo – łańcuch bloków realizuje bezpieczną sieć nad niezaufanymi stronami, co jest pożądanym w koncepcji IoT z licznymi i niejednorodnymi urządzeniami.

Osadzenie urządzeń IoT na fundamencie technologii *blockchain* obniża ryzyko ataków hakerskich, zmniejszając liczbę potencjalnych miejsc włamań. Likwidując centralne repozytorium w sieciach Internetu rzeczy, *blockchain* umożliwi tym sieciom autoochronę. Urządzenia IoT znajdujące się we wspólnej grupie mogłyby automatycznie przestać działać lub powiadomić użytkownika, jeśli otrzymałyby żądanie wykonania zadań, które stanowiłyby anomalię lub wydawałyby się podejrzane ze względu na wykraczanie poza zakres ich typowych zastosowań [Plummer 2018].

Aktualnie wykorzystywana technologia chmury to olbrzymie ilości danych, które nie są ze sobą zintegrowane – *blockchain* może je ze sobą scalić i zintegrować w logiczny sposób. W przypadku Internetu rzeczy, w którym różnorodne urządzenia funkcjonują dzięki nieustannemu, bieżącemu przetwarzaniu informacji, *blockchain* sprawdzi się bardzo dobrze. Na przykład lotniska przetwarzające liczne informacje dotyczące pogody, ruchu powietrznego, bezpieczeństwa, czasu, kontroli pasażerów dzięki *blockchain* uzyskują bardzo duże wsparcie. Podobnie zresztą

jak inteligentne budynki czy wręcz całe inteligentne miasta, gdzie technologie informacyjne zarządzają energią, zużyciem wody, temperaturą, urządzeniami AGD, telewizją, alarmami, kamerami, które podłączone do Internetu generują ogromne ilości danych. Wszystkie te urządzenia współpracują ze sobą dzięki przetwarzaniu danych, a omawiana technologia może uczynić tę współpracę niezawodną. Prosta aplikacja oparta na rozproszonej technologii może z czasem sterować każdym urządzeniem lub zbiorem urządzeń: począwszy od domowej elektroniki, skończywszy na rozwiązaniach w ramach koncepcji *Industry 4.0*.

9. Zakończenie

Oczywiście opisane obszary wykorzystania łańcucha bloków nie stanowią zamkniętej listy – np. Toyota zamierza wykorzystać *blockchain* w rozwiązaniach związanych z siecią autonomicznych pojazdów. Wiele mówi i pisze się również o zastosowaniach w produkcji, dystrybucji i rozliczaniu energii. Istnieją projekty, których celem jest właśnie użycie *blockchain* w rozliczaniu transportu energii, liczników energii, producentów energii (także osób odsprzedających energię). Przykłady takich projektów to np. LO3Energy, Microgrid, SolarChange. Problematyka ta podejmowana była przez autorów m.in. w następujących publikacjach [Varnavskiy i in. 2018a; Varnavskiy i in. 2018b].

Biorąc pod uwagę przytoczone w artykule wybrane obszary zastosowań technologii *blockchain*, można stwierdzić, iż ma ona bardzo duży potencjał, aby zrewolucjonizować nieomal każdą dziedzinę życia i techniki. Nie brakuje także opinii, że *blockchain* to platforma, która pozwoli zbudować zupełnie nowy Internet: bezpieczny, prywatny i skoncentrowany na interesach jego użytkowników. Oczywiście powszechne zastosowanie omawianej technologii nie nastąpi bardzo szybko. Podobnie jak w przypadku wielu innych technologii musi upłynąć trochę czasu, aby była ona stosowana na masową skalę. W tej chwili rządy wielu państw inwestują w rozwój tej technologii i powstaje wiele organizacji zbierających fundusze na badania w tym zakresie. Dowodem na olbrzymi potencjał tej technologii jest teza z raportu Światowego Forum Ekonomicznego mówiąca, iż innowacja ta jeszcze przed rokiem 2023 będzie miała duży wpływ na ekonomię globalną.

Literatura

- Biedrzycki N., 2018, *Księga wszystkich ksiąg. Oto, czym jest blockchain i dlaczego wszystko zmieni*, Business Insider Polska 17.03.2018, <https://businessinsider.com.pl/technologie/blockchain/blockchain-i-jego-zastosowania-to-uniwersalne-narzedzie/l2yv0b6>, dostęp: 7.12.2018.
- Bystrzyński Ł., 2016, *Sektor finansowy coraz bardziej fintech*, <https://www.pwc.pl/pl/pdf/sektor-finansowy-coraz-bardziej-fintech-raport--pwc.pdf>, dostęp: 5.12.2018.

- CoinMarketCap, *Top 100 Coins by Market Capitalization*, <https://coinmarketcap.com/coins/>, dostęp: 18.12.2018.
- Deptuła E., *Co to jest blockchain i jakie może mieć znaczenie z punktu widzenia ekonomii?*, Centrum Technologii Blockchain, Uczelnia Łazarskiego, Warszawa, <https://www.lazarski.pl/pl/wydzialy-i-jednostki/instituty/wydzial-ekonomii-i-zarzadzania/centrum-technologiei-blockchain/co-to-jest-blockchain-i-jakie-moze-miec-znaczenie-z-punktu-widzenia-ekonomii>, dostęp: 15.12.2018.
- Dikariev H., Miłosz M., 2018, *Technologia blockchain i jej zastosowania*, Journal Computer Sciences Institute (JCSI), no. 6 (2018), s. 59-61.
- Dorri A., Kanhere S., Jurdak R., 2016, *Blockchain in Internet of Things: Challenges and Solutions*, arXiv, Cornell University Library, Computer Science, Cryptography and Security, 18.08.2016, <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1608/1608.05187.pdf>, dostęp: 19.12.2018.
- Dresher D., 2017, *Blockchain Basics*, Apress, Frankfurt.
- Dudek D., 2017, *Możliwości wykorzystania technologii blockchain w obszarze edukacji*, Informatyka Ekonomiczna, nr 3(45).
- Government Office for Science, 2016, *Distributed Ledger Technology: Beyond block chain. A report by the UK Government Chief Scientific Adviser*, London (UK), https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/492972/gs-16-1-distributed-ledger-technology.pdf, dostęp: 18.12.2018.
- Goliński T., 2017, *Blockchain w administracji publicznej*, ComputerWorld, 10.02.2017, <https://www.computerworld.pl/news/Blockchain-w-administracji-publicznej,407343.html>, dostęp: 21.12.2018.
- Grzywacz P., 2018, *Technologia łańcucha bloków (blockchain) jako rewolucja w cyfrowych transakcjach i nowa definicja zaufania w sieci Internet*, praca dyplomowa, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wrocław.
- Jajeśniak E., 2018, *Blockchain jako rewolucja technologiczna i jej zastosowanie przez rządy krajów*, Centrum Technologii Blockchain, Uczelnia Łazarskiego, Warszawa, <https://www.lazarski.pl/pl/wydzialy-i-jednostki/instituty/wydzial-ekonomii-i-zarzadzania/centrum-technologiei-blockchain/blockchain-jako-rewolucja-technologiczna-i-jej-zastosowanie-przez-rzady-krajow/>, dostęp: 17.12.2018.
- Kliger B., Szczepański J., 2017, *Blockchain – historia, cechy i główne obszary zastosowań*, Człowiek w Cyberprzestrzeni, Czasopisma Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie, nr 1 (2017).
- Kwang T.W., 2017, *How are governments using blockchain technology?*, Enterprise Innovation, 14.03.2017, <http://www.enterpriseinnovation.net/article/how-are-governments-using-blockchain-technology-1122807855>, dostęp: 28.11.2018.
- MarketsandMarkets Research, 2018, *Internet of Things Technology Market by Node Component (Processor, Sensor, Connectivity IC, Memory Device, and Logic Device), Network Infrastructure, Software Solution, Platform, Service, End-use Application, and Geography – Global Forecast to 2022*, <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/iot-application-technology-market-258239167.html>, dostęp: 29.09.2018.
- Ministerstwo Cyfryzacji, 2019, *Od papierowej do cyfrowej Polski*, <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/od-papierowej-do-cyfrowej-polski?inheritRedirect=true>, dostęp: 4.01.2019.
- Muszyński M., 2016, *Blockchain, czyli jak technologia Bitcoina robi karierę*, Forbes, 1.08.2016, <https://www.forbes.pl/technologie/blockchain-technologie-bitcoina-rewolucja-w-cyberbezpieczenstwie/7z71ncj>, dostęp: 5.12.2018.
- Piech K. (red.), 2016, *Leksykon pojęć na temat technologii blockchain i kryptowalut*, <http://kryptochemik.pl/download/leksykon-pojec-na-temat-technologiei-blockchain-i-kryptowalut.pdf>, dostęp: 8.12.2018.
- Piech K., Zyga P., 2018, *Wykorzystanie blockchain przez rząd estoński*, Centrum Technologii Blockchain, Uczelnia Łazarskiego, Warszawa, <https://www.lazarski.pl/pl/wydzialy-i-jednostki/instituty/wydzial-ekonomii-i-zarzadzania/centrum-technologiei-blockchain/wykorzystanie-blockchain-przez-rzad-estonski/>, dostęp: 20.12.2018.

- Plummer L., 2018, *Nadchodzi BIoT: korzyści z połączenia Internetu rzeczy i technologii blockchain*, Intel, <https://www.intel.pl/content/www/pl/pl/it-managers/the-benefits-of-blockchain-iot-biot.html>, dostęp: 1.12.2018.
- Rutkowski B., 2018, *Blockchain – aspekty technologiczne oraz przykłady zastosowań*, Centrum Technologii Blockchain, Uczelnia Łazarskiego, Warszawa, <https://www.lazarski.pl/pl/wydzialy-i-jednostki/instituty/wydzial-ekonomii-i-zarzadzania/centrum-technologiei-blockchain/blockchain-aspekty-technologiczne-oraz-przyklady-zastosowan/>, dostęp: 11.12.2018.
- Usidus M., 2018, *Czy blockchain to nowy Internet?*, Młody Technik, <https://mlodytechnik.pl/m-technik/28970-czy-blockchain-to-nowy-internet>, dostęp: 2.12.2018.
- Varnavskiy A., Gruzina U., Rot A., Trubnikov V., Buryakova A., Sebechenko E., 2018a, *Design of models for the tokenization of electric power industry basing on the blockchain technology*, Annals of Computer Science and Information Systems, vol. 17.
- Varnavskiy A., Gruzina U., Rot A., Trubnikov V., Buryakova A., Sebechenko E., 2018b, *Development of crowd investing on the basis of ICO crypto assets using block-options for the supply of electric generation capacity*, Annals of Computer Science and Information Systems, vol. 17.