ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΝΙΚΟΛΑΟΥ Α. ΒΛΑΧΟΚΥΡΙΑΚΟΥ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ SMART CONTRACT ΣΤΟ ETHEREUM BLOCKCHAIN

Επιβλέπων : Γεώργιος Λεκάκος - Αναπληρωτής Καθηγητής

Υποβληθείσα ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση
Μεταπτυχιακού Διπλώματος (MSc) στη Διοικητική Επιστήμη και Τεχνολογία

Αθήνα, Ιούλιος 2021

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.



Βεβαίωση εκπόνησης Διπλωματικής εργασίας

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών του ΠΜΣ στη Διοικητική Επιστήμη και Τεχνολογία του Τμήματος Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών έχει συγγραφεί από εμένα προσωπικά και δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών στην Ελλάδα ή το εξωτερικό. Η εργασία αυτή έχοντας εκπονηθεί από εμένα, αντιπροσωπεύει τις προσωπικές μου απόψεις επί του θέματος. Οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής αναφέρονται στο σύνολό τους, δίνοντας πλήρεις αναφορές στους συγγραφείς, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο».

(Υπογραφή)



.....

< ΒΛΑΧΟΚΥΡΙΑΚΟΣ Α. ΝΙΚΟΛΑΟΣ >

Φοιτητής MSc στη Διοικητική Επιστήμη και Τεχνολογία

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Περίληψη

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός smart contract με σκοπό την διευκόλυνση και την απαλοιφή προβλημάτων που έχουν μέχρι σήμερα τα παραδοσιακά συμβόλαια που αφορούν την αγοραπωλησία αντικειμένων. Αυτό το smart contract αναπτύχθηκε με σκοπό να διευκολύνει την αγορά μέρους φυσικών αντικειμένων μέσω ψηφιακών μεριδίων. Οι συνιδιοκτήτες θα μπορούν και αυτοί να αποκτούν ή να βγάζουν κέρδος αξιοποιώντας το μερίδιο τους.

Συγκεκριμένα, αφού έγινε μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, αναπτύχθηκε smart contract με βάση το Ethereum Blockchain και χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Solidity. Το Smart Contract που αναπτύχθηκε έχει τη δυνατότητα να διαμοιράζει σε πολλούς μέρος ενός έργου τέχνης και να μπορεί ο ιδιοκτήτης του φυσικού αντικειμένου να το πουλάει σε πολλά κομμάτια σε διάφορους ενδιαφερόμενους.

Η χρήση εφαρμογών Smart Contract με βάση το Blockchain μπορεί σταδιακά να αντικαταστήσει τα παραδοσιακά συμβόλαια, να αυξήσει την ασφάλεια των συναλλαγών αλλά και αξιοποιώντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του δικτύου να επεκταθεί σε διάφορους τομείς όπως η αγοραπωλησία κατοικιών, ο τραπεζικός κλάδος , η αεροπορία και οι υπηρεσίες θεάματος.

Λέξεις Κλειδιά: <<Blockchain, Smartcontract, Ethereum, Tokenization, Ethereum Blockchain Solidity, Metamask>>

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.



Abstract

The purpose of the dissertation was to develop a smart contract to facilitate and eliminate problems that have to date the traditional contracts concerning the purchase and sale of objects. This smart contract was developed to facilitate the purchase of some physical items through digital shares. The co-owners will also be able to sell or make a profit using their share.

Specifically, after studying the relevant literature, a smart contract based on the Ethereum Blockchain was developed and the Solidity programming language was used. The Smart Contract developed could distribute parts of a work of art and the owner of the physical object can sell it in many pieces to various interested parties.

The use of Smart Contract applications based on Blockchain can gradually replace the traditional contracts, increase the security of transactions but also utilizing the special features of the network to expand in various sectors such as home sales, banking, aviation, and spectacle services.

Keywords: << Blockchain, Smartcontract, Ethereum, Tokenization, Ethereum Blockchain Solidity, Metamask >>

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.



Πίνακας περιεχομένων

1 Εισαγωγή 1

1.1 Εισαγωγή στο Blockchain 1

1.2 Οργάνωση κειμένου 3

2 BLOCKCHAIN 4

2.1 Η τεχνολογία του Blockchain 4

2.2 Επισκόπηση 5

2.3 Αρχιτεκτονική του Blockchain 8

2.4 Χαρακτηριστικά του Blockchain 8

2.4.1 Συνάρτηση κατακερματισμού ή «Hash function» 8

2.4.2 Μπλοκ δεδομένων ή «Block» 8

2.5 Πλεονεκτήματα Χρήσης Blockchain 9

2.5.1 Βελτιωμένη ασφάλεια και ιδιωτικότητα 10

2.5.2 Μειωμένο κόστος 10

2.5.3 Ταχύτητα 10

2.5.4 Ορατότητα και ιχνηλασιμότητα 11

2.5.5 Αμετάβλητο 11

2.5.6 Ατομικός έλεγχος δεδομένων 11

2.5.7 Tokenization 12

2.5.8 Καινοτομία 12

3 SMART CONTRACTS 13

3.1 Τι είναι τα έξυπνα συμβόλαια 13

3.2 Επισκόπηση 13

3.3 Οφέλη και Εφαρμογές Έξυπνων Συμβάσεων 15

3.3.1 Ακρίβεια 15

3.3.2 Σαφής επικοινωνία και διαφάνεια 15

3.3.3 Ταχύτητα και αποτελεσματικότητα 16

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

3.3.4 Ασφάλεια *17*

4 Ανάπτυξη Smart Contract **18**

4.1 Μεθοδολογία 18

4.2 Τεχνικός Σχεδιασμός 18

4.3 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν 20

4.4 Σενάριο Χρήσης 21

5 Επίλογος **27**

5.1 Σύνοψη και συμπεράσματα 27

5.2 Μελλοντικές επεκτάσεις 27

6 Βιβλιογραφία **29**

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή στο Blockchain

Η τεχνολογία blockchain προσφέρει μεγάλες δυνατότητες για την προώθηση διαφόρων τομέων (Casino et al., 2018) με τον μοναδικό συνδυασμό χαρακτηριστικών της, για παράδειγμα, αποκέντρωση, αμεταβλητότητα και διαφάνεια. Βλέπουμε πολλές υποσχόμενες δυνατότητες στη χρήση αυτής της τεχνολογίας για την επιστήμη και τον ακαδημαϊκό χώρο. Μέχρι στιγμής, η πιο εξέχουσα προσοχή που έλαβε η τεχνολογία ήταν μέσω ειδήσεων από τη βιομηχανία και τα μέσα ενημέρωσης (Morini, 2016; Notheisen et al., 2017; Carson et al., 2018; Volpicelli, 2018) σχετικά με την ανάπτυξη κρυπτονομισμάτων. Παραδείγματα είναι το Bitcoin, το Etherium,το Litecoin, το Dash και το Monero, τα οποία έχουν όλα αξιόλογα κεφάλαια αγοράς. Το blockchain, ωστόσο, δεν περιορίζεται στα κρυπτονομίσματα. Υπάρχουν ήδη υπάρχουσες εφαρμογές που βασίζονται σε blockchain στη βιομηχανία και τον δημόσιο τομέα όπως το crowdfunding (Conley, 2017; Li and Mann, 2018; Arnold et al., 2019), παρακολούθηση αγαθών σε αλυσίδες εφοδιασμού (Abeyratne and Monfared, 2016, Tian, 2016; Hepp et al., 2018), έλεγχος ταυτότητας (Cruz et al., 2018; Ihle and Sanchez, 2018) και υπηρεσίες ψηφοφορίας (Swan, 2015a; Osgood, 2016) και πολλά άλλα που βρίσκονται υπό ανάπτυξη (Brandon, 2016; Davidson et al., 2016; Fanning and Centers, 2016; Nguyen, 2016; Scott, 2016). Το Ινστιτούτο Fraunhofer for Scientific and Technical Trend Analysis (INT) στη Γερμανία δημοσίευσε μια μελέτη (Schütte et al., 2018) που δείχνει ότι σήμερα το

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Blockchain μπορεί να βρεθεί συχνότερα σε εφαρμογές που χρησιμοποιούνται στον χρηματοπιστωτικό τομέα.

Η τυπική περίπτωση χρήσης σε αυτήν την εποχή για το Blockchain είναι η ανταλλαγή μονάδων αξίας χωρίς την ανάγκη διαμεσολαβητών (Nakamoto, 2008; Ben-Sasson et al., 2014). Παραδείγματα για αυτό είναι τα ήδη αναφερθέντα κρυπτονομίσματα και άλλες εφαρμογές που, για παράδειγμα, επιτρέπουν σε άτομα να προσφέρουν και να πωλούν τα ψηφιακά τους περιουσιακά στοιχεία, όπως έργα τέχνης ή δεδομένα από αισθητήρες σε μια αγορά (Draskovic and Saleh, 2017), ή να επιτρέπουν στους ιδιοκτήτες ακινήτων να μεταφέρουν τη γη τους χωρίς συμβολαιογράφο (Kombe et al., 2017). Ο πρωτοποριακός ρόλος του χρηματοπιστωτικού τομέα φαίνεται προφανής επειδή τα κρυπτονομίσματα ήταν οι πρώτες εφαρμογές blockchain που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Ωστόσο, το δυναμικό αυτής της τεχνολογίας έχει προσελκύσει την προσοχή άλλων τομέων τα τελευταία χρόνια, οδηγώντας σε έναν τεράστιο αριθμό νέων έργων. Το blockchain βρίσκεται ακόμη σε πρώιμη φάση ανάπτυξης χωρίς ακόμη να έχει υιοθετηθεί ευρέως τυποποίηση και πλαίσια.

Υπάρχουν ήδη ορισμένες επιστημονικές πηγές για το πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί το blockchain για να μετριάσει τα υπάρχοντα προβλήματα στην επιστήμη, όπως η αναπαραγωγιμότητα των αποτελεσμάτων από δημοσιευμένα άρθρα και πειράματα. Λόγω της αμετάβλητης λειτουργίας του μόνο για προσάρτηση και καταγραφή όλων των συναλλαγών, το blockchain μπορεί να παρέχει διαφάνεια σε όλους τους χρήστες σε κάθε βήμα που γίνεται σε ένα σύστημα. Ως αποτέλεσμα αυτού, δημιουργείται ένα περιβάλλον που δεν χρειάζεται αξιόπιστη αρχή επειδή η κακόβουλη συμπεριφορά είναι τεχνικά δύσκολη. Η αποκέντρωση επιτρέπει στους ερευνητές να δημιουργήσουν το δικό τους ανοιχτό οικοσύστημα για ερευνητικά δεδομένα, και επικοινωνία που ακολουθεί τη φιλοσοφία της ανοιχτής επιστήμης.

Εκτός από την αναπαραγωγιμότητα των πειραμάτων (Prinz et al., 2011; Collins and Tabak, 2014; Gilbert et al., 2016; Furlanello et al., 2017), το blockchain μπορεί επίσης να καταφέρει να αντιμετωπίζει πολλά άλλα επιστημονικά προβλήματα (Gipp et al., 2015, 2017; Dhillon, 2016; Golem, 2016; Wolf et al., 2016; Breitinger and Gipp, 2017; van Rossum, 2017; Androulaki et al., 2018; Bartling, 2018; Janowicz et al., 2018) όπως προβλήματα εμπιστοσύνης με τη μορφή κακόβουλης συμπεριφοράς σε διαδικασίες αξιολόγησης από ομοτίμους (Stahel and Moore, 2014; Degen, 2016; Dansinger, 2017), που στερούνται ποιότητας και πλεονασμού σχεδίων μελέτης (Macleod et al., 2014; Belluz and Hoffman , 2015), και τον περιορισμό της ελεύθερης πρόσβασης σε επιστημονικές δημοσιεύσεις (Myllylahti, 2014; Teplitskiy et al., 2017; Schiltz, 2018). Το blockchain έχει επίσης τη

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

δυνατότητα να αυξήσει την αξιοπιστία των μελετών και των συνεργασιών μεταξύ ερευνητών σε σύνθετα επιστημονικά έργα με τη χρήση των χαρακτηριστικών του.

Το blockchain ξεχωρίζει από τα άλλα συστήματα στην εξαιρετική τεχνική αρχιτεκτονική της, η οποία επιτρέπει στην τεχνολογία να προσαρμοστεί για μια ποικιλία περιπτώσεων χρήσης. Για παράδειγμα, οι προγραμματιστές έχουν τη δυνατότητα να σχεδιάσουν blockchains για ανοικτή ή ιδιωτική πρόσβαση σε συνδυασμό με μεμονωμένα μοντέλα διακυβέρνησης ανάλογα με τον σκοπό του. Εκτός από την τεχνική προοπτική, τα κρυπτονομίσματα, για παράδειγμα, παρέχουν πρόσθετες, μοναδικές ευκαιρίες για τη δημιουργία επιχειρηματικών μοντέλων και κινήτρων για χρήστες ή ολόκληρες κοινότητες. Ωστόσο, εκτός από το blockchain, υπάρχουν και άλλες τεχνολογίες που μπορούν να εφαρμοστούν στην ανοικτή επιστήμη. Ένα παράδειγμα είναι το πρωτόκολλο συγχρονισμού δεδομένων peer-to-peer (Ogden et al., 2018) που υποστηρίζει επίσης την αμετάβλητη και αποκεντρωμένη αποθήκευση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποδομή επιστημονικής επικοινωνίας (Hartgerink, 2019) Το πρωτόκολλο εμπνεύστηκε από αρκετά υπάρχοντα συστήματα, ένα από αυτά είναι το BitTorrent (Pouwelse et al., 2005). Άλλες προσεγγίσεις που βασίζονται σε μη blockchain και υποστηρίζουν την ανοιχτή επιστήμη περιλαμβάνουν τις πλατφόρμες έρευνας και συνεργασίας Open Science Framework (OSF) (OSF, 2019) και OPERAS (Mounier et al., 2018), το αποθετήριο ανοιχτής πρόσβασης Zenodo (Zenodo, 2019), το ερευνητική υποδομή δεδομένων που προσφέρεται από το European Science Cloud (EOSC) (EOSC, 2019) και την πλατφόρμα εκδόσεων F1000Research (F1000, 2019).

1.2 Οργάνωση κειμένου

Στο Κεφάλαιο 1 κάνουμε μια γενική εισαγωγή στο Blockchain και τις δυνατότητες του. Στο Κεφάλαιο 2 κάνουμε εκτενή ανάλυση του Blockchain ,της λειτουργίας του και των πλεονεκτημάτων τους. Στο κεφάλαιο 3 αναπτύσσεται η έννοια των Smart Contracts και τα πλεονεκτήματα τους. Στο κεφάλαιο 4 έχοντας μελετήσει την σχετική βιβλιογραφία πραγματοποιείται η υλοποίηση ενός Smart Contract και η παρουσίαση ενός σεναρίου χρήσης του αξιοποιώντας τα διαθέσιμα προγραμματιστικά εργαλεία. Τέλος στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι μελλοντικές προεκτάσεις.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

2

BLOCKCHAIN

2.1 Η τεχνολογία του Blockchain

Το Blockchain είναι μια κατανεμημένη λογιστική που επιτρέπει σε μια ομάδα συνομηλίκων να συνεργαστούν για να δημιουργήσουν ένα ενοποιημένο, αποκεντρωμένο δίκτυο. Οι συνομηλίκοι μπορούν να επικοινωνούν και να μοιράζονται πληροφορίες ή δεδομένα με τη βοήθεια του αλγόριθμου συναίνεσης. Επίσης, δεν υπάρχει ανάγκη για μια κεντρική αρχή, η οποία καθιστά ολόκληρο το δίκτυο αξιόπιστο σε σύγκριση με άλλα δίκτυα.

Όταν ένας ομότιμος στέλνει πληροφορίες σε έναν άλλο, δημιουργείται μια συναλλαγή. Όταν συμβεί αυτό, οι συναλλαγές πρέπει να επικυρωθούν χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο συναίνεσης.

Σε αυτήν την περίπτωση, το proof of work χρησιμοποιείται για την επικύρωση του έργου. Διασφαλίζει ότι δεν μεταφέρονται άκυρες συναλλαγές στο blockchain. Το Blockchain αφορά αποκλειστικά τα μπλοκ. Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση συναλλαγών και άλλων σημαντικών πληροφοριών που απαιτούνται για την επιτυχή λειτουργία του blockchain (Abeyratne, S, 2016).

Οι χρονικές σημάνσεις δημιουργούνται για να διασφαλίζεται ότι κάθε συναλλαγή μπορεί να εντοπιστεί, να υποστηριχθεί και να επαληθευτεί από οποιονδήποτε. Όλο το σύστημα προσθέτει αξία και φέρνει νέα χαρακτηριστικά όπως διαφάνεια, αμετάβλητη και ασφάλεια.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

2.2 Επισκόπηση

Όταν μιλάμε για blockchain, η τεχνολογία κατανεμημένου καθόλου πρέπει να αναφερθεί, καθώς είναι ένας όρος -ομπρέλα που περιλαμβάνει blockchains ως έναν τύπο (Benčić and Podnar Žarko, 2018). Ένα κατανεμημένο καθολικό χρησιμοποιεί ανεξάρτητα συστήματα (κόμβους) για καταγραφή, κοινή χρήση και συγχρονισμό συναλλαγών σε αποκεντρωμένο δίκτυο (Kakavand et al., 2017). Ένα blockchain λειτουργεί παρόμοια, αλλά οργανώνει τα δεδομένα του σε μπλοκ που συνδέονται κρυπτογραφικά και χρονολογικά μεταξύ τους και μπορεί επίσης να χρησιμοποιούν άλλα είδη μηχανισμών συναίνεσης και έξυπνων συμβάσεων (Anwar, 2019) Οι Haber και Stornetta έκαναν ήδη βασική εργασία για το blockchain το 1991 περιγράφοντας μια κρυπτογραφικά ασφαλή αλυσίδα (Haber and Stornetta, 1991) και το 1993 αυτοί και οι συνεργάτες του βελτίωσαν αυτήν την ιδέα με ορισμένες λειτουργίες όπως η χρονική σήμανση (Bayer et al., 1993). Ο σχεδιασμός τους είχε ακόμη κάποια ελαττώματα, για παράδειγμα, το πρόβλημα των διπλών δαπανών (Chohan, 2018) και την ανάγκη για ένα αξιόπιστο μέρος για την επικύρωση όλων των συναλλαγών.

Τέλος, το δίκτυο Bitcoin ξεκίνησε να λειτουργεί το 2009 και έκανε ένα άγριο ταξίδι στο πλαίσιο της αγοραίας του αξίας (σύντομο χρονικό διάστημα άνω των 20.000 $ 16) και της συνάφειας με τα μέσα ενημέρωσης. Κέρδισε τη μεγαλύτερη δημοτικότητα μέσω του μεγάλου αριθμού ειδήσεων σχετικά με την ανάπτυξη της αξίας του. Από το 2009 έχουν αναπτυχθεί πολλά περισσότερα κρυπτονομίσματα (μέχρι τώρα πάνω από 2.000 διαφορετικά νομίσματα) και η BT έγινε αντιληπτή ως μια τεχνολογία που όχι μόνο μπορεί να προσφέρει ένα περιβάλλον υποδομής για τη διαχείριση των νομισμάτων, αλλά επίσης επιτρέπει την πραγματοποίηση πολύ περισσότερων περιπτώσεων χρήσης (Casino et al. ., 2018). Λόγω των δυνατοτήτων, μια ερευνητική επίθεση ξεκίνησε πριν από μερικά χρόνια από ερευνητές από όλο τον κόσμο για να αναλύσουν τη χρήση του blockchain σε πολλούς διαφορετικούς τομείς (Casino et al., 2018).

Το blockchain δεν κάνει τίποτα νέο σε μια προοπτική των μεμονωμένων στοιχείων του, αλλά ως επί το πλείστον, αυτά τα στοιχεία (για παράδειγμα, αποκέντρωση, αμετάβλητο, διαφάνεια και κρυπτογράφηση κατακερματισμού) είναι μοναδικά και αποφεύγουν το πρόβλημα των διπλών δαπανών (Nakamoto, 2008; Beck et κ.λπ., 2016). Ένα δίκτυο blockchain λειτουργεί χωρίς κεντρικό διακομιστή. Οι συναλλαγές που γίνονται σε ένα τέτοιο δίκτυο επαληθεύονται από τους αποκεντρωμένους κόμβους (συστήματα χρηστών) (Abraham and Mahlkhi, 2017; Zheng et al., 2017) και αποθηκεύονται σε λεγόμενα μπλοκ με χρονική σήμανση (Gipp et al.,

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

2015; Lin και Λιάο, 2017). Το όριο μεγέθους των μπλοκ μπορεί να διαφέρει μεταξύ διαφορετικών blockchains. Τα μπλοκ συνδέονται με χρονολογική σειρά επειδή κάθε ένα από αυτά περιέχει το κρυπτογραφικό hash του προηγούμενου, έτσι σχηματίζουν μια αλυσίδα (Beck et al., 2016; Crosby et al., 2016). Ο κατακερματισμός μπλοκ δεν λαμβάνει υπόψη μόνο τα δομικά δεδομένα ενός συγκεκριμένου μπλοκ, αλλά και το περιεχόμενό του, όπως, για παράδειγμα, συναλλαγές.

Εξαρτάται από το blockchain εάν οι χρήστες μπορούν να αποθηκεύσουν πλήρη αρχεία σε αλυσίδα ή θα πρέπει να χρησιμοποιούν λύσεις εκτός αλυσίδας όπως cloud ή InterPlanetary File System (IPFS) (Benet, 2014) λόγω μεγέθους αρχείων. Το IPFS είναι ένα peer-to-peer κατανεμημένο σύστημα αρχείων για αποθήκευση και κοινή χρήση δεδομένων. Συνδέει υπολογιστικές συσκευές με το ίδιο δίκτυο δεδομένων και κάθε συσκευή διατηρεί και διανέμει ένα μέρος των συνολικών δεδομένων. Σε σχέση με ένα blockchain, η αλυσίδα αποθηκεύει μόνο ένα συσχετισμένο κατακερματισμό που αναφέρεται στο πραγματικό αρχείο σε ένα IPFS.

Γενικά, το blockchain είναι ένας τύπος βάσης δεδομένων που υποστηρίζει μόνο την ανάγνωση και την προσθήκη (Swan, 2015a, Yli-Huumo et al., 2016). Λόγω της αποκεντρωμένης αρχιτεκτονικής του, λειτουργεί ως δίκτυο peer-to-peer, έτσι οι χρήστες (ομότιμοι) αλληλεπιδρούν άμεσα μεταξύ τους χωρίς να χρειάζονται αξιόπιστους μεσάζοντες ή αρχές (Hoffmann, 2015; Catalini and Gans, 2016; Christidis and Devetsikiotis , 2016) το αποκαλεί «απίστευτη εμπιστοσύνη». Οι συμμετέχοντες που συναλλάσσονται μεταξύ τους συνάπτουν συμφωνία για τη μεταφορά, για παράδειγμα, φυσικών ή ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων (Casino et al., 2018). Οι κόμβοι των άλλων χρηστών στο δίκτυο επαληθεύουν στη συνέχεια τη συναλλαγή με τους προγραμματισμένους κανόνες του συστήματος για να βεβαιωθείτε ότι όλα είναι έγκυρα προτού εκτελεστούν (Nakamoto, 2008). Η επαλήθευση είναι απαραίτητη επειδή όλες οι εγγραφές και οι συναλλαγές σε ένα blockchain είναι αμετάβλητα (αδιάβροχα) (Gipp et al., 2015; Zyskind et al., 2015). Ο μηχανισμός συναίνεσης του δικτύου είναι υπεύθυνος για τον τρόπο λειτουργίας των επαληθεύσεων για τους χρήστες. Ως παράδειγμα, αναφέρουμε τον μηχανισμό συναίνεσης Proof-of-Work (PoW) (Nakamoto, 2008; Tschorsch and Scheuermann, 2016) ο οποίος, μεταξύ άλλων blockchains, χρησιμοποιείται στο δίκτυο Bitcoin και είναι η πιο γνωστή μέθοδος, αλλά σε μεγάλο βαθμό επικρίθηκε για την υψηλή κατανάλωση ενέργειας (O'Dwyer and Malone, 2014). Ένα άλλο είναι το Proof-of-Stake (PoS) (King and Nadal, 2012; BitFury Group, 2015; Tschorsch and Scheuermann, 2016; Zheng et al., 2017) που προσφέρει έναν πιο αποτελεσματικό τρόπο για επαλήθευση και συναίνεση, από την άποψη κατανάλωσης και απόδοσης ενέργειας.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Η βιβλιογραφία κατηγοριοποιεί τα δίκτυα blockchain όσον αφορά την πρόσβαση και το σύστημα διακυβέρνησής τους στους ακόλουθους διαφορετικούς τύπους: δημόσιο, ιδιωτικό και κοινοπρακτικό , το οποίο ονομάζεται επίσης ομοσπονδιακό (Buterin, 2015; Swanson, 2015; Kravchenko, 2016; Zheng et al., 2017) . Επιπλέον, διαχωρίζονται ενόψει της διαδικασίας συναίνεσής τους σε υποδομές χωρίς άδεια και με άδεια. αυτά συνδυάζονται με τους διάφορους τύπους blockchain. Σε δημόσια (χωρίς άδεια) blockchains όπως το Bitcoin, όλοι μπορούν να συμμετέχουν και να συμμετέχουν στο σύστημα. Σε αποκλειστικές ιδιωτικές και κοινοπραξίες που επιτρέπονται μόνο οι χρήστες έχουν πρόσβαση που βρίσκονται στη λίστα επιτρεπόμενων Zheng et al. (2017) και Casino et al. (2018).

Οι διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (API) είναι απαραίτητες για ένα blockchain για τη σύνδεση υλικού και λογισμικού εκτός αλυσίδας (εξωτερικού) με το δίκτυο. Επιτρέπει την επικοινωνία καθώς και τη μετάδοση και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συστημάτων (Linn and Koo, 2016; Liang et al., 2017). Με αυτόν τον τρόπο, εξωτερικές εφαρμογές (συμπεριλαμβανομένων των διαδικτυακών υπηρεσιών, Beck et al., 2016) μπορούν να ενσωματώσουν τα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες ενός υπάρχοντος blockchain για συγκεκριμένες περιπτώσεις χρήσης (Linn and Koo, 2016; Xu et al., 2016). Για παράδειγμα, είναι δυνατός ο κατακερματισμός και η αποθήκευση δεδομένων έρευνας απευθείας από εξωτερικούς αισθητήρες, αλγόριθμους και άλλες διαδικασίες δημιουργίας δεδομένων. Έτσι, ένα API είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό ενός blockchain όσον αφορά τη διαλειτουργικότητα που οι προγραμματιστές πρέπει πάντα να παρέχουν και να τεκμηριώνουν για να μεγιστοποιήσουν τις δυνατότητες του blockchain και να διευκολύνουν τη χρήση του.

Το blockchain έχει αναπτύσσεται συνεχώς. Ο Swan (2015) περιγράφει τρεις εξελίξεις (Blockchain 1.0, 2.0 και 3.0) που οδήγησαν σε νέες δυνατότητες χρήσης της τεχνολογίας για την υλοποίηση σταθερότερα πιο πολύπλοκων εφαρμογών και έργων. Το Ethereum (Buterin, 2014) είναι μια εφαρμογή blockchain που παρέχει μια υποδομή, συγκρίσιμη με ένα λειτουργικό σύστημα, στην οποία ο καθένας μπορεί να δημιουργήσει τις εφαρμογές του χωρίς την ανάγκη για δαπανηρή ανάπτυξη ενός δικού του blockchain. Το Ethereum εισήγαγε έξυπνες συμβάσεις (SC) που μπορούν να προγραμματιστούν σε συγκεκριμένες γλώσσες, για παράδειγμα, Java, GO και Solidity (Dannen, 2017), και επιτρέπουν την αυτόματη εκτέλεση μιας ψηφιακής σύμβασης με ρήτρες αν-τότε (Bhargavan et al. , 2016; Christidis and Devetsikiotis, 2016; Kosba et al., 2016). Υπάρχουν ακόμη και έργα για τη δημιουργία ολοκληρωμένων αποκεντρωμένων αυτόνομων οργανισμών (DAO) για την αυτοματοποίηση της οργανωτικής διακυβέρνησης και λήψης αποφάσεων με SC (Swan, 2015b · Jentzsch, 2016).

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

2.3 Αρχιτεκτονική του Blockchain

Το blockchain είναι μια αλυσίδα μπλοκ που περιέχει μια πλήρη καταγραφή συναλλαγών που μπορούν να διανεμηθούν δημόσια ή ιδιωτικά (επομένως, αποκεντρωμένες) σε όλους τους χρήστες της αλυσίδας. Κάθε μπλοκ είναι μια δομή δεδομένων που περιέχει μια κεφαλίδα και ένα σώμα. Η κεφαλίδα διατηρεί διάφορες πληροφορίες τήρησης βιβλίων, όπως η έκδοση μπλοκ, μια χρονική σήμανση, ένας κρυπτογραφικός κατακερματισμός που προσδιορίζει το προηγούμενο μπλοκ . Το σώμα του μπλοκ αποτελείται από έναν μετρητή συναλλαγών μαζί με όλες τις έγκυρες συναλλαγές. Ο αριθμός των συναλλαγών που μπορούν να περιέχονται σε ένα μπλοκ περιορίζεται κυρίως από το μέγεθος του μπλοκ καθώς και από το μέγεθος των μεμονωμένων συναλλαγών. Το αρχικό μπλοκ ενός μπλοκ αλυσίδας ονομάζεται μπλοκ γένεσης, επειδή δεν προηγείται κανένα μπλοκ στην αλυσίδα. Συνήθως, η αλυσίδα συνεχίζει να μεγαλώνει σε μέγεθος με την προσθήκη νέων μπλοκ στα μπλοκ που υπάρχουν ήδη στην αλυσίδα (ChainPrint 2017).

2.4 Χαρακτηριστικά του Blockchain

2.4.1 Συνάρτηση κατακερματισμού ή «Hash function»

Συνάρτηση κατακερματισμού είναι οποιοσδήποτε αλγόριθμός μετατρέπει μία είσοδο ή «input» οποιουδήποτε μήκους και περιεχομένου σε μία αλφαριθμητική ακολουθία σταθερού μήκους, η οποία ονομάζεται «hash» και πληροί ορισμένες βασικές προϋποθέσεις:

Α) Κάθε «hash» που δημιουργεί η συνάρτηση κατακερματισμού πρέπει να είναι μοναδικό και μόνο η εισαγωγή του συγκεκριμένου «Input» θα δίνει αυτό το «hash».

Β) Κάθε «hash» θα πρέπει να είναι ασφαλές και να μην μπορεί να αποκωδικοποιηθεί στο αρχικό «input», δηλαδή η διαδικασία να μη μπορεί να αντιστραφεί.

Γ) Κάθε «hash» που προκύπτει δεν πρέπει να αντανακλά πληροφορίες από το «input». Για αυτό το σκοπό η κάθε μικρή αλλαγή στο «input» θα πρέπει να δίνει ένα εντελώς διαφορετικό «hash».

Δ) Ο αλγόριθμος πρέπει να είναι αποτελεσματικός και αποδοτικός, δηλαδή να μετατρέπει τα «inputs» σε «hashes» γρήγορα, χωρίς να καταναλώνουν πολλούς πόρους.

2.4.2 Μπλοκ δεδομένων ή «Block»

Το block είναι μέρος του blockchain στο οποίο καταγράφονται μονιμά πρόσφατες συναλλαγές οι οποίες στην συνέχεια δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή να παραποιηθούν. Αν θεωρήσουμε το blockchain σαν ένα αρχείο εγγράφων, το block είναι μια σελίδα του αρχείου

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

που όταν συμπληρωθεί τότε πάμε στην επόμενη. Κάθε ένα από αυτά εκτός από την κεντρική πληροφορία περιέχει και κάποια μοναδικά χαρακτηριστικά που το κάνουν μοναδικό και αναγνωρίσιμο μέσα στο blockchain. Τα χαρακτηριστικά ενός Block είναι:

Α) Το Nonce είναι ένας αριθμός οποίος ο συνδυασμός με τα υπόλοιπα δεδομένα παράγει ένα μοναδικό hash το οποίο περιέχει κάποιο χαρακτηριστικό που το έχει τεθεί . Αυτή η διαδικασία.

Β) Αριθμός Block είναι ο αύξον αριθμός του block μέσα στο blockchain.

Γ) Τα δεδομένα τα οποία μπορεί να είναι κινήσεις συναλλαγών ή πληροφορία τα οποία δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή να παραποιηθούν.

Δ) Το Hash είναι μια κωδικοποιημένη συμβολοσειρά η οποία αντανακλά τα περιεχόμενα του block. Το Hash παράγεται μέσο μιας διαδικασίας που ονομάζεται proof of work και εξασφαλίζει την δυσκολία στην παραγωγή ενός νέου hash σε περίπτωση τροποποίησης οποιουδήποτε δεδομένου του block. Π.χ. αν θέλουμε σαν δοκιμασία στην αρχή του hash να υπάρχουν πέντε μηδενικά τότε με την διαδικασία του mining θα παραχθεί ένα nonce το οποίο σε συνδυασμό με τα δεδομένα του block (αριθμό block και δεδομένα συναλλαγής) θα παράγει το hash που θέλουμε. Όσο πιο δύσκολη η διαδικασία που ορίζεται για την παραγωγή του hash τόσο ποιο ασφαλές γίνεται.

2.5 Πλεονεκτήματα Χρήσης Blockchain

Το Blockchain αποδεικνύει πραγματικά την αξία του όταν δεν υπάρχει κεντρικός παράγοντας που να επιτρέπει την εμπιστοσύνη, εξήγησε ο Daniel Field, επικεφαλής blockchain στο UST, παγκόσμιος πάροχος ψηφιακής τεχνολογίας και υπηρεσιών. Έτσι, εκτός από την ενεργοποίηση της εμπιστοσύνης όταν οι συμμετέχοντες δεν έχουν εμπιστοσύνη επειδή είναι άγνωστοι μεταξύ τους, το blockchain επιτρέπει την κοινή χρήση δεδομένων σε ένα οικοσύστημα επιχειρήσεων όπου καμία μοναδική οντότητα δεν είναι αποκλειστικά υπεύθυνη. Η αλυσίδα εφοδιασμού είναι ένα παράδειγμα: Πολλαπλές επιχειρήσεις - από προμηθευτές και εταιρείες μεταφορών έως παραγωγούς, διανομείς και λιανοπωλητές - θέλουν ή χρειάζονται πληροφορίες από άλλους της αλυσίδας αυτής, ωστόσο κανείς δεν είναι υπεύθυνος για τη διευκόλυνση όλης αυτής της ανταλλαγής πληροφοριών. Το Blockchain, με την αποκεντρωμένη φύση του, λύνει αυτό το δίλημμα (Christidis, K., 2016).

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

2.5.1 Βελτιωμένη ασφάλεια και ιδιωτικότητα

Η ασφάλεια των συστημάτων με δυνατότητα blockchain είναι ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της αναδυόμενης τεχνολογίας. Η ενισχυμένη ασφάλεια που προσφέρει το blockchain πηγάζει από το πώς λειτουργεί πραγματικά η τεχνολογία: Το blockchain δημιουργεί ένα αμετάβλητο αρχείο συναλλαγών με κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο, το οποίο αποκλείει την απάτη και τη μη εξουσιοδοτημένη δραστηριότητα. Επιπλέον, τα δεδομένα στο blockchain αποθηκεύονται σε ένα δίκτυο υπολογιστών, καθιστώντας σχεδόν αδύνατο το hack (σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα υπολογιστών που αποθηκεύουν δεδομένα μαζί σε διακομιστές) (De Filippi. 2016). Επιπλέον, το blockchain μπορεί να αντιμετωπίσει προβλήματα απορρήτου καλύτερα από τα παραδοσιακά συστήματα υπολογιστών ανωνυμοποιώντας δεδομένα και απαιτώντας δικαιώματα για τον περιορισμό της πρόσβασης.

2.5.2 Μειωμένο κόστος

Η φύση του Blockchain μπορεί επίσης να μειώσει το κόστος για τους οργανισμούς. Δημιουργεί αποτελεσματικότητα στην επεξεργασία των συναλλαγών. Μειώνει επίσης τις χειρωνακτικές εργασίες όπως η συγκέντρωση και η τροποποίηση δεδομένων, καθώς και η διευκόλυνση των διαδικασιών αναφοράς και ελέγχου. Οι ειδικοί επεσήμαναν τις αποταμιεύσεις που βλέπουν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα όταν χρησιμοποιούν το blockchain, εξηγώντας ότι η ικανότητα του blockchain να εξορθολογήσει την εκκαθάριση και τον διακανονισμό μεταφράζεται άμεσα σε εξοικονόμηση κόστους διαδικασίας (Deshpande, A. 2017). Σε γενικές γραμμές, το blockchain βοηθά τις επιχειρήσεις να μειώσουν το κόστος εξαλείφοντας μεσάζοντες-προμηθευτές και παρόχους τρίτων-που παρείχαν παραδοσιακά την επεξεργασία που μπορεί να κάνει το blockchain.

2.5.3 Ταχύτητα

Εξαλείφοντας τους μεσάζοντες, καθώς και αντικαθιστώντας τις υπόλοιπες μη αυτόματες διαδικασίες σε συναλλαγές, το blockchain μπορεί να χειριστεί συναλλαγές πολύ πιο γρήγορα από τις συμβατικές μεθόδους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το blockchain μπορεί να χειριστεί μια συναλλαγή σε δευτερόλεπτα ή λιγότερο. Ωστόσο, οι χρόνοι μπορεί να διαφέρουν. Το πόσο γρήγορα ένα σύστημα που βασίζεται σε blockchain μπορεί να επεξεργάζεται συναλλαγές εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το πόσο μεγάλο είναι το κάθε μπλοκ δεδομένων και η επισκεψιμότητα δικτύου. Ακόμα, οι ειδικοί έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το blockchain τυπικά κερδίζει άλλες διαδικασίες και τεχνολογίες από άποψη ταχύτητας. Σε μια από τις πιο εμφανείς εφαρμογές του blockchain, η Walmart χρησιμοποίησε

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

την τεχνολογία για να εντοπίσει την πηγή των τεμαχισμένων μάνγκο σε δευτερόλεπτα - μια διαδικασία που είχε προηγουμένως πάρει επτά ημέρες (Dhillon, V 2017).

2.5.4 Ορατότητα και ιχνηλασιμότητα

Η χρήση του blockchain της Walmart δεν αφορά μόνο την ταχύτητα. αφορά επίσης την ικανότητα εντοπισμού της προέλευσης αυτών των μάνγκο και άλλων προϊόντων. Αυτό επιτρέπει στους εμπόρους λιανικής όπως η Walmart να διαχειρίζονται καλύτερα το απόθεμα, να απαντούν σε προβλήματα ή ερωτήσεις και να επιβεβαιώνουν την ιστορία των εμπορευμάτων της. Εάν ένα συγκεκριμένο αγρόκτημα πρέπει να ανακαλέσει τα προϊόντα του λόγω μόλυνσης, ένας λιανοπωλητής που χρησιμοποιεί blockchain μπορεί να εντοπίσει και να αφαιρέσει τα προϊόντα που προέρχονται από το συγκεκριμένο αγρόκτημα αφήνοντας προς πώληση τα υπόλοιπα προϊόντα του. Σύμφωνα με ειδικούς, το blockchain μπορεί να βοηθήσει στην παρακολούθηση της προέλευσης μιας ποικιλίας αντικειμένων, όπως τα φάρμακα για να επιβεβαιώσουν ότι είναι νόμιμα αντί για πλαστά και οργανικά είδη για να επιβεβαιώσουν ότι είναι πράγματι οργανικά (Extance, A. 2017).

2.5.5 Αμετάβλητο

Το αμετάβλητο σημαίνει ότι οι συναλλαγές, μόλις καταγραφούν στο blockchain, δεν μπορούν να αλλάξουν ή να διαγραφούν. Στο blockchain, όλες οι συναλλαγές έχουν χρονική σήμανση και σφραγίζονται με ημερομηνία, οπότε υπάρχει μια μόνιμη εγγραφή. Ως εκ τούτου, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση πληροφοριών με την πάροδο του χρόνου, επιτρέποντας έναν ασφαλή, αξιόπιστο έλεγχο των πληροφοριών. (Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα συστήματα υποβολής αρχείων που είναι επιρρεπή σε λάθη και υπολογιστές παλαιού τύπου που θα μπορούσαν να είναι κατεστραμμένα ή να αποσυρθούν.) Ο Omar επεσήμανε τη χρήση blockchain από τη Σουηδία για την ψηφιοποίηση συναλλαγών σε ακίνητα για να παρακολουθεί τους τίτλους ακινήτων, ακόμη και όταν αλλάζουν χέρια ως παράδειγμα του δυναμικού αυτού του οφέλους (Fanning, K., 2016).

2.5.6 Ατομικός έλεγχος δεδομένων

Το Blockchain επιτρέπει έναν πρωτοφανή αριθμό ατομικού ελέγχου στα δικά του ψηφιακά δεδομένα, ανέφεραν οι ειδικοί. Μεμονωμένα άτομα και μεμονωμένοι οργανισμοί μπορούν να αποφασίσουν ποια κομμάτια των ψηφιακών δεδομένων τους θέλουν να μοιραστούν και με ποιον και για πόσο χρονικό διάστημα, με όρια που επιβάλλονται από έξυπνες συμβάσεις με δυνατότητα blockchain (Furlanello, C, 2017).

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

2.5.7 Tokenization

Το Tokenization είναι η διαδικασία κατά την οποία η αξία ενός στοιχείου (είτε φυσικού είτε ψηφιακού) μετατρέπεται σε ψηφιακό διακριτικό που στη συνέχεια καταγράφεται και στη συνέχεια μοιράζεται μέσω blockchain. Το Tokenization έχει πιάσει την ψηφιακή τέχνη και άλλα εικονικά περιουσιακά στοιχεία, αλλά το tokenization έχει ευρύτερες εφαρμογές που θα μπορούσαν να εξομαλύνουν τις επιχειρηματικές συναλλαγές, δήλωσε ο Joe Davey, διευθυντής τεχνολογίας στην παγκόσμια εταιρεία συμβούλων West Monroe. Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, για παράδειγμα, θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τοκενοποίηση για να ανταλλάξουν δικαιώματα εκπομπών άνθρακα στο πλαίσιο προγραμμάτων ανώτατου άνθρακα (Gikay, A 2018).

2.5.8 Καινοτομία

Οι ηγέτες σε πολλές βιομηχανίες διερευνούν και εφαρμόζουν συστήματα βασισμένα σε blockchain για την επίλυση δυσάρεστων προβλημάτων και τη βελτίωση μακροχρόνιων δυσκίνητων πρακτικών. Ο Field ανέφερε τη χρήση του blockchain για να επαληθεύσει τις πληροφορίες σχετικά με τα βιογραφικά των αιτούντων εργασία ως παράδειγμα τέτοιας καινοτομίας. Μελέτες έχουν δείξει με συνέπεια ότι ένα ισχυρό ποσοστό ατόμων παραποιούν τα βιογραφικά τους, αφήνοντας τους προσλήψεις διευθυντών με το χρονοβόρο έργο να ελέγχουν χειροκίνητα τις πληροφορίες. Ωστόσο, τα πιλοτικά προγράμματα που επιτρέπουν στα συμμετέχοντα πανεπιστήμια να τοποθετούν δεδομένα σχετικά με τους αποφοίτους τους και τους πτυχιούχους τους στο blockchain, τα οποία στη συνέχεια μπορούν να προσπελαστούν από εξουσιοδοτημένους διαχειριστές προσλήψεων βοηθούν στην επίλυση και των δύο ζητημάτων (Golem 2016).

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

3

SMART CONTRACTS

3.1 Τι είναι τα έξυπνα συμβόλαια

Η τεχνολογική επανάσταση έχει δει την εμφάνιση νέων συστημάτων και τεχνολογιών που είναι πιο αποτελεσματικές και αξιόπιστες (Swan, M. 2015). Ομοίως, η τεχνολογία έξυπνων συμβάσεων έχει αντικατασταθεί από τις παραδοσιακές μορφές συμβάσεων για την προώθηση της ασφάλειας των συναλλαγών, την αποδοτικότητα και τη μείωση πιθανών συμβατικών λαθών. Οι Kosba et al. υποστηρίζουν ότι τα έξυπνα συστήματα συμβάσεων, τα οποία βασίζονται σε τεχνολογία blockchain, προέκυψαν ως αποτέλεσμα της αποτελεσματικότητας, της αξιοπιστίας και της ασφάλειας που έχουν παρατηρηθεί στα αποκεντρωμένα κρυπτονομίσματα όπως, Litecoin, Etherium και Bitcoins μεταξύ άλλων, τα οποία οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι μπορεί να είναι το μέλλον των διαδικτυακών χρηματοοικονομικών συναλλαγών.

3.2 Επισκόπηση

Ουσιαστικά, τα έξυπνα συμβόλαια βασίζονται σε ένα νέο blockchain που χαρακτηρίζεται από κατανεμημένη συναίνεση, υποθέτοντας ότι δεν υπάρχουν αντικρουόμενοι πόροι υπολογισμού (Kosba, A 2016). Οι Luu et al. εξέτασαν την ασφάλεια των συναλλαγών σε έξυπνα συμβόλαια διερευνώντας τις έξυπνες συμφωνίες που λειτουργούν με την τεχνολογία blockchain Etherium (Luu, L 2016). Σύμφωνα με τους συγγραφείς, το σύστημα έξυπνων

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

συμβάσεων Etherium έχει δει σήμερα αυξημένη υιοθέτηση και διατηρεί εικονικά νομίσματα αξίας εκατομμύριων δολάριων (Luu, L 2016). Αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειονότητα των συστημάτων έξυπνων συμβάσεων σήμερα λειτουργούν συχνά σε συγχρονισμό με τα αντίστοιχα κρυπτονομισματα όπως προς το παρόν, τα Bitcoin και Etherium έχουν δημιουργήσει έξυπνα συστήματα συμβάσεων που λειτουργούν με βάση την τεχνολογία blockchain. Για να εξετάσουν την ασφάλεια των έξυπνων συμβάσεων, οι ερευνητές παρουσίασαν διάφορα σφάλματα που έγιναν για να χειριστούν το blockchain έξυπνων επαφών Etherium για οικονομικά οφέλη (Luu, L 2016). Προφανώς, αποκαλύφθηκε ότι αν και το σύστημα είναι σημαντικά ασφαλές, υπάρχουν διάφορα κενά σε σχέση με την κατανεμημένη σημασιολογία της τεχνολογίας blockchain κάτω από την οποία λειτουργεί το σύστημα. Οι συγγραφείς ανέφεραν την ανάγκη για ενίσχυση της λειτουργικής σημασιολογίας του Etherium για την ενίσχυση της ασφάλειας του συστήματος (Luu, L 2016). Οι ερευνητές αποκάλυψαν περαιτέρω την ύπαρξη του σφάλματος DAO, το οποίο καθιστά τα blockchains ευάλωτα σε εκμεταλλεύσεις DAO. Το Etherium cryptocurrency έχασε περισσότερα από 60 εκατομμύρια δολάρια το 2016 ως αποτέλεσμα αυτής της ευπάθειας (Luu, L 2016).

Η ασφάλεια των έξυπνων επαφών συζητήθηκε επίσης από τους Peters και Panayi, οι οποίοι επιμένουν ότι πρέπει να ληφθούν προφυλάξεις κατά την ανάπτυξη του συστήματος έξυπνων συμβάσεων για να διασφαλιστεί ότι το σύστημα δεν είναι επιρρεπές σε ευπάθειες που αλλοιώνουν τα ψηφιακά στοιχεία (Peters, G.W., 20916).

Από διαφορετική άποψη, οι Peters και Panayi προτείνουν ότι η εμφάνιση της τεχνολογίας blockchain μπορεί να διαταράξει τον τραπεζικό κλάδο στο νέο μέλλον διευκολύνοντας τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία, τα αυτοματοποιημένα τραπεζικά βιβλία, τα έξυπνα συμβόλαια και τα παγκόσμια εμβάσματα χρημάτων (Peters, G.W., 2016). Αυτό σημαίνει ότι είναι καιρός για επιχειρηματικούς οργανισμούς και χρηματοπιστωτικά ιδρύματα να αρχίσουν να θεωρούν τα κρυπτονομίσματα ως τρόπο πληρωμής και έξυπνες επαφές και μια πιθανή αντικατάσταση των παραδοσιακών επιχειρηματικών συμβάσεων (Pilkington, M, 2016). Οι επιχειρηματικές οργανώσεις που δεν προσαρμόζονται στις επικρατούσες τεχνολογίες τις περισσότερες φορές δεν τις γνωρίζουν και η τεχνολογία γίνεται ενοχλητική για τις επιχειρηματικές διαδικασίες και λειτουργίες τους. Παρ 'όλα αυτά, στο τραπεζικό πλαίσιο, οι Peters και Panayi εξηγούν ότι οι τεχνολογίες που βασίζονται σε blockchain πρέπει να είναι εξαιρετικά έξυπνες για να αποφύγουν τις ευπάθειες που διαφορετικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κακόβουλους επιτιθέμενους για να προωθήσουν απάτη ή να εξαπατήσουν με τα εικονικά χρήματά τους στους συμμετέχοντες στο blockchain (Peters, G.W., 2016). Οι επιθέσεις σε συστήματα blockchain μπορεί να είναι δύσκολο να εντοπιστούν και να ελεγχθούν, και ως εκ τούτου πρέπει να ληφθούν επαρκή μέτρα ασφαλείας πριν από την εφαρμογή τους στο τραπεζικό πλαίσιο. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η τεχνολογία blockchain, έξυπνες επαφές και κρυπτονομίσματα έχουν οδηγήσει σε νέες ευκαιρίες για

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

εφαρμογή μηχανικής μάθησης και τεχνητής νοημοσύνης [AI] γενικά (Omohundro, S 2014). Οι Zhang et αϊ. υποστηρίζουν ότι οι έξυπνες επαφές μπορούν να γίνουν πιο έξυπνες, ενισχύοντας την ικανότητά τους να ερμηνεύουν τις γνώσεις του πραγματικού κόσμου και να λαμβάνουν πιο λογικές, λογικές και ορθές αποφάσεις στο διαδικτυακό εμπόριο (Zhang, F, 2016). Με την ενσωμάτωση της AI σε έξυπνες συμβάσεις και κρυπτονομίσματα, είναι δυνατόν να διασφαλιστεί ότι το blockchain ακολουθεί συγκεκριμένη ασφάλεια και μέτρα για την προώθηση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας των συναλλαγών (Back, A, 2014).

3.3 Οφέλη και Εφαρμογές Έξυπνων Συμβάσεων

3.3.1 Ακρίβεια

Ένα από τα πλεονεκτήματα που θα επωφεληθούν οι επιχειρηματικές οργανώσεις από την εφαρμογή έξυπνων συμβάσεων είναι η ακρίβεια. Όπως εξηγείται στις διαδικασίες δημιουργίας ενός έξυπνου συμβολαίου, όλες οι πληροφορίες σχετικά με τη σύμβαση εκφράζονται σε μορφή υπό όρους, χρησιμοποιώντας τις δηλώσεις αν-τότε. Για παράδειγμα, όταν παραγγέλνετε ένα συγκεκριμένο πακέτο υπηρεσιών εάν ο πελάτης x πληρώσει x μονάδες y, τότε πιστώστε αμέσως στον παραλήπτη του ποσού και ανοίξτε επίσης το πακέτο υπηρεσιών για τον πελάτη x. Στη συνέχεια, τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να συγχρονιστούν με κρυπτονομίσματα όπως το Etherium, το Lite Coin ή το bitcoin, μεταξύ άλλων, μια πτυχή που θα ενισχύσει περαιτέρω τη στιβαρότητα, την ακρίβεια και την απόδοση ολόκληρου του συστήματος. Η έκφραση όλων των όρων και προϋποθέσεων σε μια έξυπνη σύμβαση πρέπει να είναι ρητή και ακριβής. Ουσιαστικά, αυτή είναι μια κρίσιμη απαίτηση επειδή τα σφάλματα συναλλαγών μπορεί να προέρχονται από οποιαδήποτε παράλειψη. Επομένως, η έκθεση αυτοματοποίησης στα έξυπνα συμβόλαια αποφεύγει την πλειονότητα των ζητημάτων που βρίσκονται στα παραδοσιακά συμβόλαια (Back, A, 2014).

3.3.2 Σαφής επικοινωνία και διαφάνεια

Ουσιαστικά, οι όροι και οι προϋποθέσεις της σύμβασης καθίστανται σαφώς ορατοί στους διάφορους φορείς δικτύου του συγκεκριμένου blockchain. Επομένως, μετά τη σύναψη της σύμβασης, οι αλλαγές δεν μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα. Κάθε συναλλαγή από οποιοδήποτε μέρος της σύμβασης παρακολουθείται και ελέγχεται από άλλο δίκτυο στο blockchain. Ως αποτέλεσμα, προωθείται η διαφάνεια και εξαλείφονται θέματα απάτης. Στη σύγχρονη εποχή, έχουν αναφερθεί διάφορες περιπτώσεις όπου ο οργανισμός κατηγορείται ότι εξαπάτησε τους πελάτες και δεν τους πρόσφερε την αξία των χρημάτων τους .

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Κάθε πώληση αγαθών ή υπηρεσιών από έναν οργανισμό οδηγεί σε μια σύμβαση που μπορεί να είναι ή όχι νομικά εκτελεστή. Ωστόσο, σε διάφορες περιπτώσεις, ένα ή περισσότερα μέρη της σύμβασης μπορεί να παραβιάσουν τους όρους και τις προϋποθέσεις της σύμβασης. Σε περίπτωση πωλήσεων, ένας οργανισμός μπορεί να επιβαρύνει υπερβολικά τον πελάτη ή να συντομεύσει το χρονικό διάστημα του πακέτου υπηρεσιών που έχει συμφωνηθεί, χωρίς να ειδοποιήσει τον πελάτη. Η εφαρμογή των έξυπνων συμβάσεων αναδεικνύει κάθε λεπτομέρεια της σύμβασης. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή σύμβαση όπου ο οργανισμός θα έπρεπε να χρησιμοποιήσει το νομικό πλαίσιο ως ενδιάμεσο, στον εικονικό κόσμο το μόνο που χρειάζεται είναι άλλοι κόμβοι στο δίκτυο, οι οποίοι έχουν την ευθύνη να διασφαλίσουν ότι κάθε συναλλαγή αφορά σύμβαση που είναι ακριβές και έγκυρη (Zhang, F, 2016).

3.3.3 Ταχύτητα και αποτελεσματικότητα

Ουσιαστικά, τα έξυπνα συμβόλαια δεν βασίζονται στην ανθρώπινη παρέμβαση και η εφαρμογή τους καθοδηγείται και εποπτεύεται από άλλους κόμβους στο δίκτυο blockchain. Επομένως, μόλις ενεργοποιηθεί η σύμβαση, το σενάριο της σύμβασης εκτελείται αυτόματα. Αυτό συχνά επιτυγχάνεται με τη χρήση "triggers". Για παράδειγμα, ένα συμβάν ενεργοποίησης μπορεί να είναι ημερομηνία, ώρα ή ακόμη και μια δραστηριότητα που ξεκίνησε από ένα συμβαλλόμενο μέρος στη σύμβαση, όπως η μεταφορά σε ορισμένες μονάδες κρυπτονομίσματος από το πορτοφόλι του πελάτη έως αυτό της εταιρείας. Μόλις συμβεί ένα συμβάν ενεργοποίησης, η σύμβαση αρχίζει να εκτελείται μόνη της. Για παράδειγμα, για διαδικτυακούς συνδρομητικούς οργανισμούς, μόλις ληφθεί μια συγκεκριμένη μονάδα του κρυπτονομίσματος, τότε η συνδρομή για τον πελάτη ανανεώνεται αυτόματα (Marino, B, 2016).

Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συμβόλαια που είναι λιγότερο αποτελεσματικά και που απαιτούν κάποια μορφή επαλήθευσης από τον άνθρωπο, εδώ, καθορίζεται η επαλήθευση του εάν έχει καταβληθεί το σωστό ποσό και εάν έχει δοθεί η σωστή υπηρεσία και σχετικές πληροφορίες από τους κόμβους στο δίκτυο blockchain.

Έτσι, δεν υπάρχει πλέον εξάρτηση από το σύστημα του οργανισμού για τον καθορισμό των συμβάσεων με τους πελάτες. Ο οργανισμός δεν έχει επίσης καμία κυρίαρχη αρχή επί των συναλλαγών καθώς και επί της συμβατικής συμφωνίας με τους εταίρους. Κάθε σύμβαση στοχεύεται ως ξεχωριστή οντότητα και κάθε συναλλαγή, ανεξάρτητα από την προέλευσή της, επικυρώνεται πρώτα. Επιπλέον, αυτό οδηγεί σε έναν γρήγορο, ανθεκτικό και στιβαρό τρόπο εκτέλεσης της σύμβασης

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

3.3.4 Ασφάλεια

Μια μελέτη των Marino και Juels διαπιστώνει ότι τα έξυπνα συμβόλαια έχουν ένα από τα υψηλότερα μέτρα ασφαλείας. Οι έξυπνες συμβάσεις που εφαρμόζονται μέσω τεχνολογίας blockchain συνεπάγονται τη χρήση αποκεντρωμένου δικτύου που αποτελείται από μη εμπιστευτικά μέρη (Marino, B 2016). Το γεγονός ότι τα μέρη στο δίκτυο δεν εμπιστεύονται τους κάνει να ελέγχουν ο ένας τον άλλον για να διασφαλίσουν ότι κάθε συναλλαγή πραγματοποιείται αποτελεσματικά και ότι υπάρχει μια ομοιόμορφη παγκόσμια άποψη της κατάστασης όλων των συναλλαγών. Και πάλι, η τεχνολογία blockchain εφαρμόζεται μέσω τεχνικών κρυπτογράφησης. Αυτή η τεχνολογία συνεπάγεται υψηλή κρυπτογράφηση δεδομένων και χρήση τόσο ιδιωτικών όσο και δημόσιων κλειδιών για την ανάγνωση των συναλλαγών σε κάθε blockchain, καθώς και την εκτέλεση οποιασδήποτε συναλλαγής. Το γεγονός ότι πριν κάποιος κόμβος πραγματοποιήσει μια συναλλαγή, η συναλλαγή πρέπει πρώτα να επικυρωθεί από όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο blockchain ενισχύει την ασφάλεια της έξυπνης τεχνολογίας.

Επίσης, μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Seijas εξηγεί ότι η κρυπτογράφηση δεδομένων και συγκεκριμένα, η χρήση τεχνικών κρυπτογραφίας μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την ασφάλεια της επικοινωνίας και της ανταλλαγής δεδομένων (Pettersson, J., 2016). Ως εκ τούτου, κάθε σύμβαση που υλοποιείται με κρυπτογραφημένο τρόπο ενισχύει την ασφάλεια της συναλλαγής και εμποδίζει τυχόν κακόβουλες δραστηριότητες που μπορεί να διαδοθούν για να αλλάξουν την ακολουθία εκτέλεσης ή να εκτελέσουν μη έγκυρες συναλλαγές (Pilkington, M, 2016).

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

4

Ανάπτυξη Smart Contract

4.1 Μεθοδολογία

Αρχικά μελετώντας την βιβλιογραφία καταλήξαμε στο αντικείμενο που θα εξυπηρετεί το Smartcontract που θα υλοποιήσουμε όπου είναι ο διαμοιρασμός ενός φυσικού αντικειμένου μέσω ψηφιακών Token αλλά και στα καταλληλά εργαλεία για την υλοποίηση του (Υπο-ενότητα 4.3) και προχωρήσαμε στην ανάλυση απαιτήσεων . Στη συνέχεια σχεδιάσαμε την εφαρμογή επιλέγοντας ως βάση το ERC-20 Token Standard (Υπο-ενότητα 4.2) . Στο επόμενο βήμα γράψαμε και ελέγξαμε τον κώδικα με τον οποίο υλοποιείται σχεδιασμός μας. Τέλος πραγματοποιήσαμε έλεγχο πραγματικού σεναρίου για να δούμε αν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις που έχουμε θέσει (Υπο-ενότητα 4.4).

4.2 Τεχνικός Σχεδιασμός

Η υλοποίηση του Smartcontract πραγματοποιήθηκε με βάση το «ERC-20 Token Standard». Το ERC-20 επιτρέπει την δημιουργία ενός API για τη δημιουργία και τον διαμοιρασμό Tokens μέσω έξυπνων συμβολαίων στο Ethereum Blockchain. Συγκεκριμένα περιλαμβάνει έξι στάνταρ μεθόδους που επιτρέπουν την δημιουργία ,της συναλλαγές και την διασύνδεση με ηλεκτρονικά πορτοφόλια (Fabian V., 2015), (Vitalik B.,2015). Συγκεκριμένα:

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

- **function totalSupply() public view returns (uint256);**

Η μέθοδος totalSupply καθορίζει την μέγιστη διαθέσιμη ποσότητα προσφερόμενων νέων Token . Όταν αυτή συμπληρωθεί ,τότε το Smart contract εμποδίζει την δημιουργία Token.

```
function totalSupply() public view returns (uint) {
    return _totalSupply  - balances[address(0)];
}
```

Εικόνα. 1 Τμήμα Κώδικα

- **function balanceOf(address tokenOwner) public view returns (uint256 balance);**

Η μέθοδος balanceOf επιστρέφει πόσα διαθέσιμα Token έχει μια δοθέν διεύθυνση.

```
function balanceOf(address tokenOwner) public view returns (uint balance) {
    return balances[tokenOwner];
}
```

Εικόνα. 2 Τμήμα Κώδικα

- **function transfer (address to, uint256 tokens) public returns (bool success);**

Η μέθοδος transfer επιτρέπει τη μεταφορά από τα διαθέσιμα Token του ιδιοκτήτη σε έναν άλλον ενδιαφερόμενο χρήστη.

```
function transfer(address to, uint tokens) public returns (bool success) {
    balances[msg.sender] = safeSub(balances[msg.sender], tokens);
    balances[to] = safeAdd(balances[to], tokens);
    emit Transfer(msg.sender, to, tokens);
    return true;
}
```

Εικόνα. 3 Τμήμα Κώδικα

- **function transferFrom(address from, address to, uint256 tokens) public returns (bool success);**

Η μέθοδος **transferFrom** επιτρέπει τη μεταφορά Token μεταξύ δυο λογαριασμών.

```
function transferFrom(address from, address to, uint tokens) public returns (bool success) {
    balances[from] = safeSub(balances[from], tokens);
    allowed[from][msg.sender] = safeSub(allowed[from][msg.sender], tokens);
    balances[to] = safeAdd(balances[to], tokens);
    emit Transfer(from, to, tokens);
    return true;
}
```

Εικόνα. 4 Τμήμα Κώδικα

- **function approve(address spender, uint tokens) public returns (bool success);**

Η μέθοδος approve ελέγχει αν τα διαθέσιμα Token του Smartcontract επαρκούν για να καλύψουν τα ζητούμενα και μεταφερθούν σε κάποιον χρήστη.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

```
function approve(address spender, uint tokens) public returns (bool success) {
    allowed[msg.sender][spender] = tokens;
    emit Approval(msg.sender, spender, tokens);
    return true;
}
```

Εικόνα. 5 Τμήμα Κώδικα

- **function allowance(address tokenOwner, address spender) public view returns (uint256 remaining);**

Η μέθοδος allowance ελέγχει αν τα διαθέσιμα Token ενός χρήστη επαρκούν για να καλύψουν τα ζητούμενα από κάποιον άλλο χρήστη και μεταφερθούν σε αυτόν.

Τέλος υπάρχει και η μέθοδος αρχικοποίησης του Smartcontract **contract MonaLisaPainting is ERC20Interface, SafeMath ,** η οποία αρχικοποιεί τις μεταβλητές που αφορούν τα σταθερά χαρακτηριστικά του Smartcontract μας μέσο ενός Constructor.

```
contract MonaLisaPainting is ERC20Interface, SafeMath {
    string public name;
    string public contractNumber;
    string public symbol;
    uint8 public decimals;

    uint256 public _totalSupply;

    mapping(address => uint) balances;
    mapping(address => mapping(address => uint)) allowed;
```

Εικόνα. 6 Τμήμα Κώδικα

4.3 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν

Για την υλοποίηση και εισαγωγή του σε Test παραγωγικό περιβάλλον του Smartcontract χρησιμοποιήθηκαν τα εξής εργαλεία και εφαρμογές:

- **Remix IDE environment**

Το Smartcontract υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το Remix IDE. Το Remix είναι ένα online περιβάλλον ανάπτυξης Smartcontract με την χρήση της γλωσσάς Solidity , προσφέρει δυνατότητες τόσο ανάπτυξης και ελέγχου του κώδικα όσο και περιβάλλον προσομοίωσης του παραγωγικού Ethereum Blockchain αλλά και τη διασύνδεση με ηλεκτρονικα πορτοφόλια.

- **Metamask**

Είναι μια επέκταση του προγράμματος περιήγησης που παρέχει δυνατότητες αλληλεπίδρασης με το Ethereum. Το MetaMask επιτρέπει μια ασφαλή διαδικασία σύνδεσης, παρέχει μια διεπαφή χρήστη για τη διαχείριση διαφορετικών λογαριασμών και επιτρέπει την ψηφιακή

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

υπογραφή όλων των συναλλαγών που πραγματοποιούνται στο blockchain. Επίσης προσφέρει την δυνατότητα φόρτωσης με test κρυπτονομίσματα.

- **Solidity**

Η Solidity είναι μια αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού για την ανάπτυξη Smartcontract. Χρησιμοποιείται για την υλοποίηση σε Ethereum Blockchain και προτιμήθηκε λόγο της διαθέσιμης βιβλιογραφίας.

- **Etherscan**

Το Etherscan είναι online περιηγητής οπού ο χρήστης μπορεί να βλέπει τα block του blockchain και τις συναλλαγές. Προσφέρει test περιβάλλον με διασύνδεση με τα υπόλοιπα εργαλεία.

4.4 Σενάριο Χρήσης

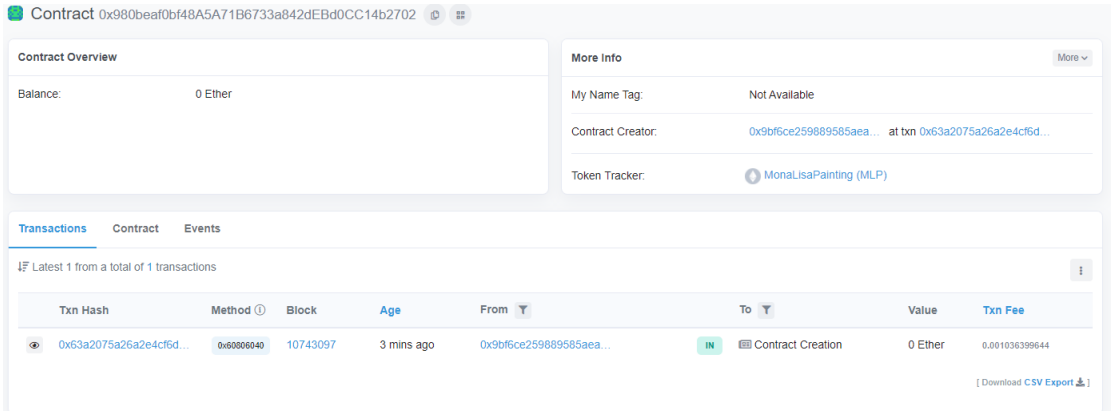
Για να δοκιμάσουμε το Smartcontract που υλοποιήσαμε δοκιμάσαμε το παρακάτω σενάριο χρήσης. Έστω ότι, έχουμε στην ιδιοκτησία μας έναν πίνακα ζωγραφικής και διαθέτουμε «παραδοσιακό» συμβόλαιο ιδιοκτησίας. Θέλουμε να σπάσουμε και να διαμοιράσουμε σε διάφορους εν δύναμη συνιδιοκτήτες το φυσικό αντικείμενο μεσώ του Tokenization.

Για το σκοπό αυτό αξιοποιώντας το Smartcontract που έχουμε υλοποιήσει (Υπο-ενότητα 4.2) πραγματοποιήσαμε την εισαγωγή του σε παραγωγικό περιβάλλον Blockchain Ethereum Smartcontract με τα εξής χαρακτηριστικά :

- Όνομα Tonen = MonaLisaPainting
- Σύμβολο Token = MLP
- Αριθμό συμβολαίου ιδιοκτησίας φυσικού αντικειμένου = 'CN23072021'
- Πλήθος διαθέσιμων Token = 100

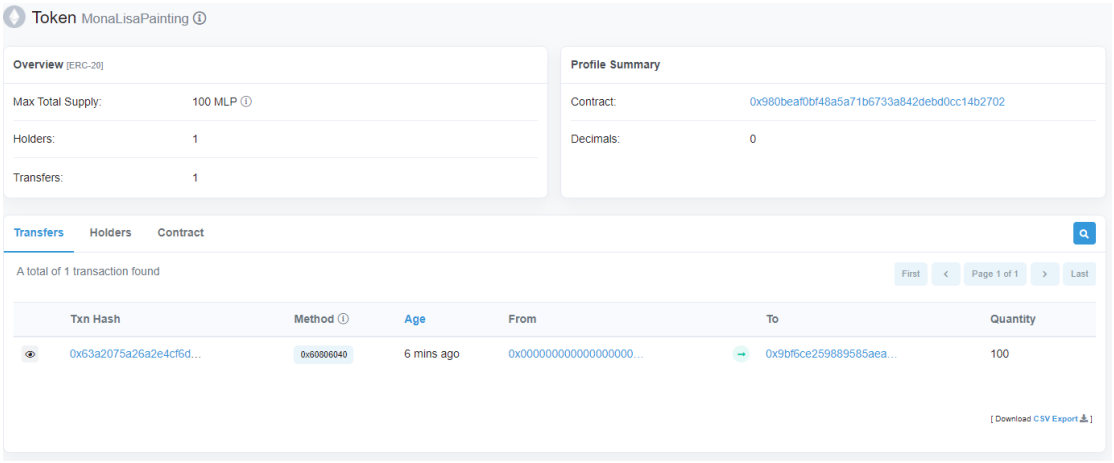
Στην Εικόνα 7 Βλέπουμε την αρχική δημιουργία του smartcontract από τον λογαριασμό μας με διεύθυνση 0x9bf6ce259889585aeAcd2b5781ab058B3A8EAc03 και αυτό εισήχθη στο blockchain με διεύθυνση 0x980beaf0bf48A5A71B6733a842dEBd0CC14b2702 . Επίσης βλέπουμε ότι αυτό το smartcontat περιέχει τα Token MonaLisaPainting (MPL).

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



Εικόνα. 7 Συναλλαγή στο Etherscan

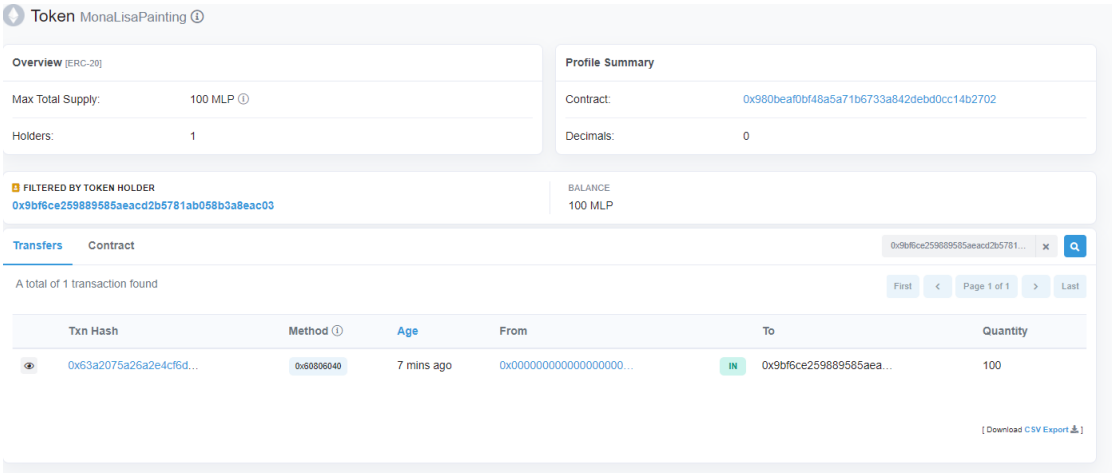
Στην Εικόνα 8 Βλέπουμε ότι αρχικά υπάρχει μόνο ένας ιδιόκτητης, εμείς που το δημιουργήσαμε και κατέχει ποσοστό 100% (100/100 Tokens) .



Εικόνα. 8 Συναλλαγή στο Etherscan

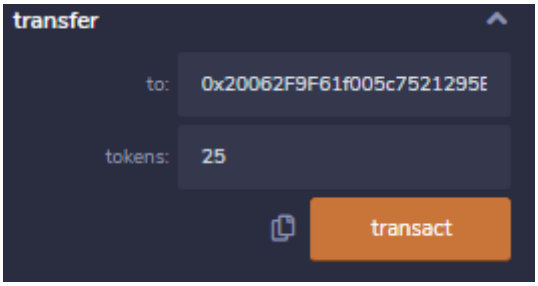
Μπορούμε συγκεκριμένα στην Εικόνα 9 να δούμε ότι ο λογαριασμός μας με διεύθυνση 0x9bf6ce259889585aeAcd2b5781ab058B3A8EAc03 έχει στην κατοχή του και τα 100 Tokens που δημιουργήσαμε.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



Εικόνα. 9 Συναλλαγή στο Etherscan

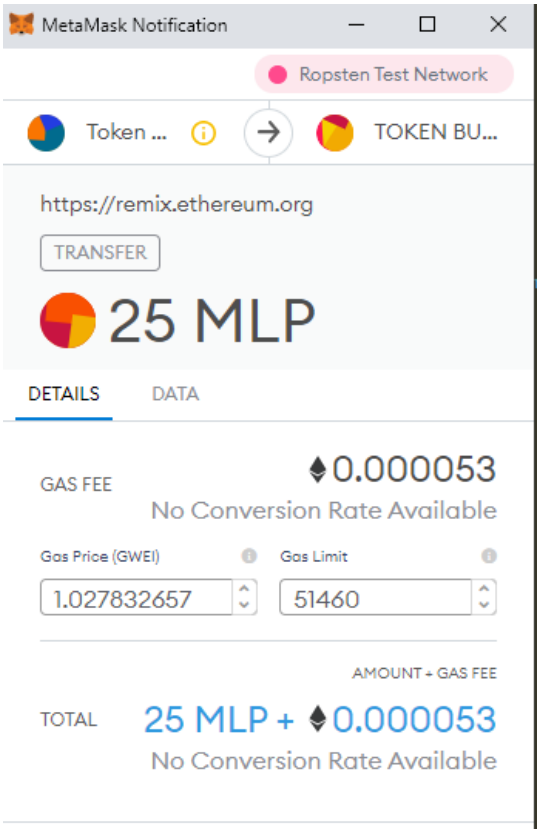
Στη συνέχεια αξιοποιώντας την μέθοδο transfer από την διεπαφή χρήστη Εικόνα 10 του smartcontract μας πραγματοποιούμε μεταφορά 25 Tokens από τον λογαριασμό μας με διεύθυνση 0x9bf6ce259889585aeAcd2b5781ab058B3A8EAc03 και τα πιστώνουμε στο λογαριασμό του ενδιαφερομένου με διεύθυνση 0x20062F9F61f005c7521295E1E75416A131bDEd2C.



Εικόνα. 10 Διεπαφή Χρήστη στο Remix IDE

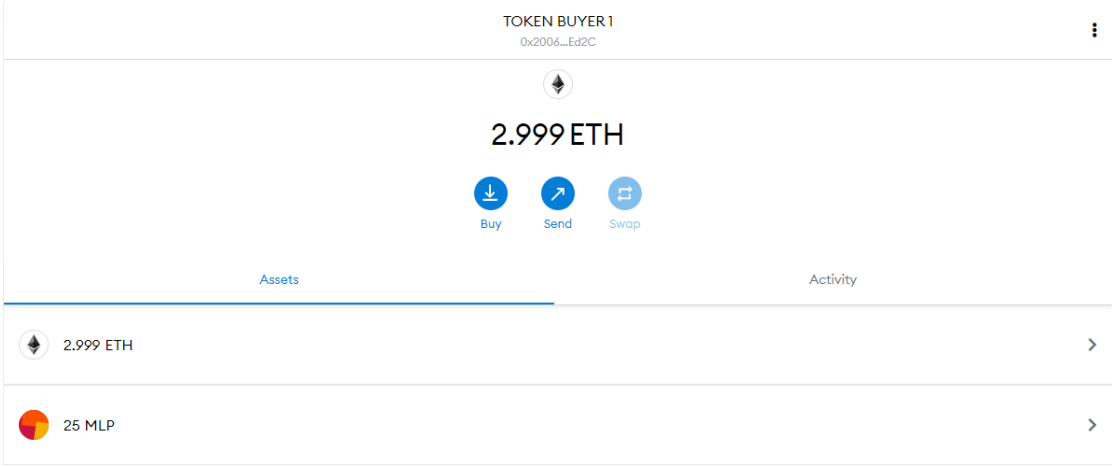
Και αυτόματα μας έρχεται ειδοποίηση στο ηλεκτρονικό μας πορτοφόλι για έγκριση της συναλλαγής Εικόνα 11.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



Εικόνα. 11 Αναμονή Έγκρισης Συναλλαγής Metamask

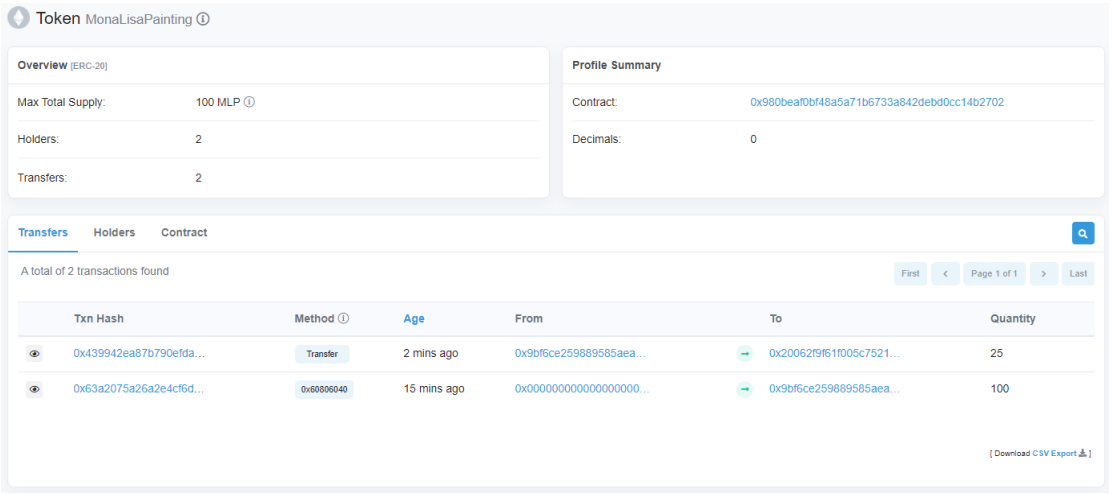
Καθώς επίσης βλέπουμε στην Εικόνα 12 στο ηλεκτρονικό πορτοφόλι του ενδιαφερόμενου να έχουν πιστωθεί τα 25 Tokens.



Εικόνα. 12 Ηλεκτρονικό πορτοφόλι στο Metamask

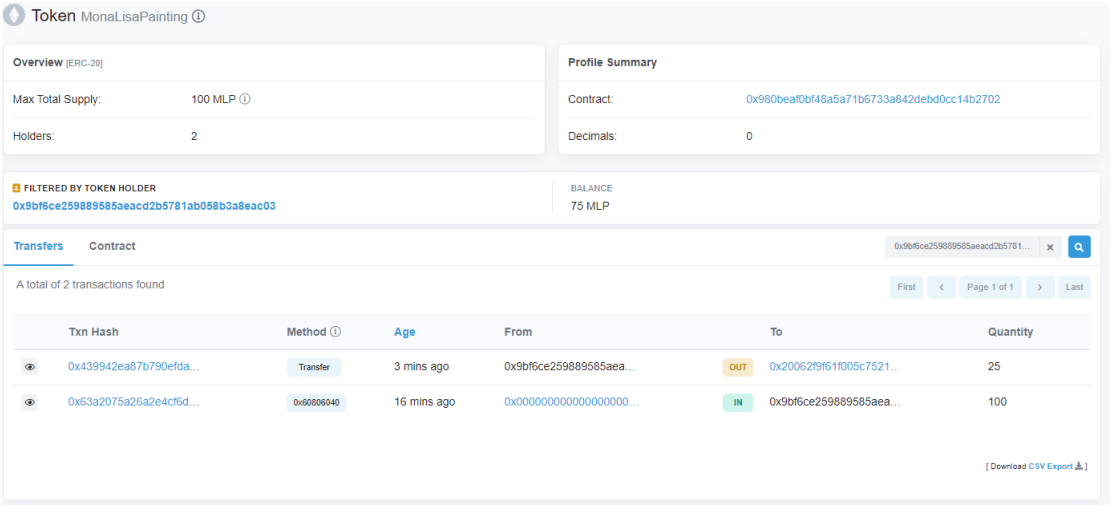
Ελέγχοντας τις κινήσεις του Token μας Εικόνα 13 παρατηρούμε ότι έχει καταγραφεί άλλη μια συναλλαγή που είναι η μεταφορά από τον λογαριασμό μας με διεύθυνση 0x9bf6ce259889585aeAcd2b5781ab058B3A8EAc03 στο λογαριασμό του ενδιαφερομένου με διεύθυνση 0x20062F9F61f005c7521295E1E75416A131bDEd2C

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



Εικόνα. 13 Συναλλαγή στο Etherscan

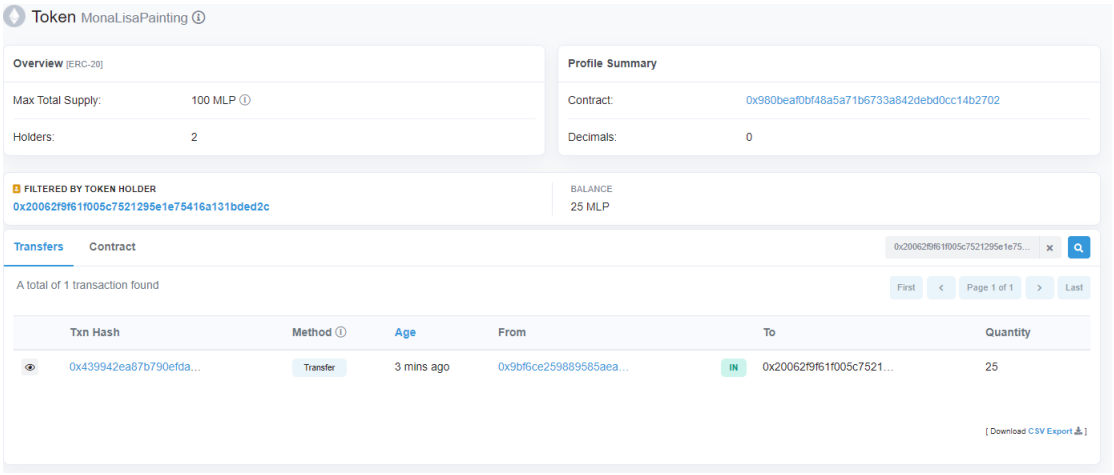
Αν παρατηρήσουμε πιο συγκεκριμένα Εικόνα 14 πλέον εμείς έχουμε 75 διαθέσιμα Token , οι ιδιοκτήτες είναι πλέον δυο και η μεταφορά από εμάς στο ενδιαφερόμενο έχει καταγραφεί.



Εικόνα. 14 Συναλλαγή στο Etherscan

Επίσης, στην Εικόνα 15 μετά την συναλλαγή εμφανίζεται και καρτέλα του δεύτερου ιδιοκτήτη όπου είναι καταγεγραμμένα τα στοιχεία του, από ποιον έγινε η μεταφορά και πόσα Token πλέον του ανήκουν.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



Εικόνα. 15 Συναλλαγή στο Etherscan

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

5

Επίλογος

5.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Μετά από ανάλυση της βιβλιογραφίας που ερευνήσαμε και της σχετικής υλοποίησης που πραγματοποιήσαμε μπορούμε με σχετική ασφάλεια δούμε τα οφέλη αλλά και τις υποσχόμενες δυνατότητες της τεχνολογίας του Blockchain και των Smartcontract. Το σενάριο που ελέγξαμε επιβεβαιώνει την βιβλιογραφία και αποδεικνύει ότι οι νέες καινοτομίες που συνοδεύουν τις παραπάνω τεχνολογίες.

5.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Μελλοντικά θα πρέπει να αναλυθεί η υπάρχουσα εγχώρια νομοθεσία που αφορά τα «παραδοσιακά συμβόλαια» αλλά και τα ψηφιακά και να δημιουργηθεί το κατάλληλο ρυθμιστικό πλαίσιο ώστε όλη η διαδικασία των smartcontracts ναι είναι νομικά ορθή και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Όσον αφορά την υλοποίηση μας θα πρέπει να μελετηθεί η μετακίνηση από το πρότυπο ERC-20 Token Standard στο ERC-721 Non-Fungible Token Standard όπου αναφέρεται σε NFT Token τα οποία είναι μοναδικά για κάθε αντικείμενο που αναφέρονται π.χ έργα τέχνης

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

,φωτογραφίες κτλ. Και διασφαλίζουν ότι οι ενδιαφερόμενοι δεν αγοράζουν Tokens για κάποιο αντικείμενο το οποίο δεν ανήκει σε αυτόν που έχει δημιουργήσει το smart contract.



6

Βιβλιογραφία

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.

Abeyratne, S., and Monfared, R. (2016). Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger. Int. J. Res. Eng. Technol. 5, 1–10. doi: 10.15623/ijret.2016.0509001

Abraham, I., and Mahlkhi, D. (2017). The blockchain consensus layer and BFT. Bull. EATCS 123, 1–22.

Ahn, J.-w., Chang, M. D., Kokku, R., and Watson, P. (2018). Blockchain for Open Scientific Research. Patent Number: 20180323980, Armonk, NY.

Aletheia (2018). Aletheia Foundation - Github Repository. Available online at: https://github.com/aletheia-foundation

Ali, M., Nelson, J., Blankstein, A., Shea, R., and Freedman, M. J. (2019). The Blockstack Decentralized Computing Network.

Almenberg, J., Kittlitz, K., and Pfeiffer, T. (2009). An experiment on prediction markets in science. PLoS ONE 4:e8500. doi: 10.1371/journal.pone.0008500

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Altunay, M., Avery, P., Blackburn, K., Bockelman, B., Ernst, M., Fraser, D., et al. (2011). A science driven production cyberinfrastructure–the open science grid. J. Grid Comput. 9, 201–218. doi: 10.1007/s10723-010-9176-6

Androulaki, E., Barger, A., Bortnikov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., et al. (2018). "Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned blockchains," in EuroSys '18 - Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference (Porto: ACM), 30:1–30:15. doi: 10.1145/3190508.3190538

Anwar, H. (2019). Blockchain vs. Distributed Ledger Technology.

Arazy, O., Morgan, W., and Patterson, R. (2006). "Wisdom of the crowds: decentralized knowledge construction in wikipedia," in Proceedings of 16th Workshop on Information Technologies and Systems (Milwaukee, WI). doi: 10.2139/ssrn.1025624

Arnold, L., Brennecke, M., Camus, P., Fridgen, G., Guggenberger, T., Radszuwill, S., et al. (2019). "Blockchain and initial coin offerings: blockchain's implications for crowdfunding," in Business Transformation Through Blockchain, eds H. Treiblmaier and R. Beck (Cham: Palgrave Macmillan), 233–272. doi: 10.1007/978-3-319-98911-2_8

Aste, T., Tasca, P., and Di Matteo, T. (2017). Blockchain technologies: the foreseeable impact on society and industry. Computer 50, 18–28. doi: 10.1109/MC.2017.3571064

Atzei, N., Bartoletti, M., and Cimoli, T. (2017). "A survey of attacks on ethereum smart contracts (SoK)," in Proceedings of the 6th International Conference on Principles of Security and Trust, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 10204, eds M. Maffei and M. Ryan (Uppsala: Springer New York), 164–186. doi: 10.1007/978-3-662-54455-6_8

Avital, M. (2018). Peer review: toward a blockchain-enabled market-based ecosystem. Commun. Assoc. Inform. Syst. 42, 646–653. doi: 10.17705/1CAIS.04228

Baker, M., and Penny, D. (2016). 1,500 scientists lift the lid on reproducibility. Nature 533, 452–454. doi: 10.1038/533452a

Bartling, S. (2018). Living Document - Blockchain for Science and Knowledge Creation. Berlin: BFS Blockchain for Science GmbH.

Bartling, S., and Friesike, S. (2014). "Towards another scientific revolution," in Opening Science, Chapter 1, eds S. Bartling and S. Friesike (Cham: Springer), 3–15. doi: 10.1007/978-3-319-00026-8_1

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Barulli, M., Weigand, F., and Reboh, P. (2017). Bernstein - Product Deck - Blockchain Solutions for Securing Intellectual Property Assets and Innovation Processes, 1–14.

Bayer, D., Haber, S., and Stornetta, W. S. (1993). "Improving the efficiency and reliability of digital time-stamping," in Sequences II, eds R. Capocelli, A. De Santis, and U. Vaccaro (New York, NY: Springer), 329–334. doi: 10.1007/978-1-4613-9323-8_24

Beck, R., Czepluch, J. S., Lollike, N., and Malone, S. (2016). "Blockchain - the gateway to trust-free cryptographic transactions," in Proceedings of the Twenty-Fourth European Conference on Information Systems (ECIS) (Istanbul).

Bell, J., LaToza, T. D., Baldmitsi, F., and Stavrou, A. (2017). "Advancing open science with version control and blockchains," in 2017 IEEE/ACM 12th International Workshop on Software Engineering for Science (SE4Science) (Buenos Aires: IEEE), 13–14. doi: 10.1109/SE4Science.2017.11

Belluz, J., and Hoffman, S. (2015). The One Chart You Need to Understand Any Health Study. Vox.

Benchoufi, M., and Ravaud, P. (2017). Blockchain technology for improving clinical research quality. Trials 18:335. doi: 10.1186/s13063-017-2035-z

Benčić, F. M., and Podnar Žarko, I. (2018). "Distributed ledger technology: blockchain compared to directed acyclic graph," in 2018 IEEE 38th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS) (Vienna: IEEE), 1569–1570. doi: 10.1109/ICDCS.2018.00171

Benet, J. (2014). IPFS - Content Addressed, Versioned, P2P File System (Draft 3).

Ben-Sasson, E., Chiesa, A., Garman, C., Green, M., Miers, I., Tromer, E., et al. (2014). "Zerocash: decentralized anonymous payments from bitcoin," in 2014 IEEE Symposium on Security and Privacy (San Jose, CA), 459–474. doi: 10.1109/SP.2014.36

Bhargavan, K., Delignat-Lavaud, A., Fournet, C., Gollamudi, A., Gonthier, G., Kobeissi, N., et al. (2016). "Formal verification of smart contracts," in Proceedings of the 2016 ACM Workshop on Programming Languages and Analysis for Security - PLAS '16 (Vienna: ACM), 91–96. doi: 10.1145/2993600.2993611

Bigi, G., Bracciali, A., Meacci, G., and Tuosto, E. (2015). "Validation of decentralised smart contracts through game theory and formal methods," in Programming Languages with Applications to Biology and Security, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 9465, chapter 11, eds C. Bodei, G. Ferrari, and C. Priami (Cham: Springer), 142–161. doi: 10.1007/978-3-319-25527-9_11

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Boulton, G., Rawlins, M., Vallance, P., and Walport, M. (2011). Science as a public enterprise: the case for open data. Lancet 377, 1633–1635. doi: 10.1016/S0140-6736(11)60647-8

Brandon, D. (2016). The blockchain - the future of business information systems? Int. J. Acad. Business World 10, 33–40.

Breitinger, C., and Gipp, B. (2017). "VirtualPatent: enabling the traceability of ideas shared online using decentralized trusted timestamping," in Proceedings of the 15th International Symposium of Information Science (ISI 2017) (Berlin), 89–95.

Brembs, B. (2018). Prestigious science journals struggle to reach even average reliability. Front. Hum. Neurosci. 12:37. doi: 10.3389/fnhum.2018.00037

Buterin, V. (2014). Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform.

Buterin, V. (2015). On Public and Private Blockchains.

Campbell, E. G., Clarridge, B., Gokhale, M., Birenbaum, L., Hilgartner, S., Holtzmann, N. A., et al. (2002). Data withholding in academic genetics - evidence from a national survey. JAMA 287, 473–480. doi: 10.1001/jama.287.4.473

Cantrill, S. (2016). "I Am Really Sorry:" Peer Reviewer Stole Text for Own Paper. Retraction Watch.

Carroll, M. W. (2011). Why full open access matters. PLoS Biol. 9:e1001210. doi: 10.1371/journal.pbio.1001210

Carson, B., Romanelli, G., Walsh, P., and Zhumaev, A. (2018). Blockchain Beyond the Hype: What Is the Strategic Business Value? McKinsey & Company. Available online at: https://mck.co/2pWTTDh

Casati, R., Origgi, G., and Simon, J. (2011). Micro-credits in scientific publishing. J. Document. 67, 958–974. doi: 10.1108/00220411111183546

Casino, F., Dasaklis, T. K., and Patsakis, C. (2018). A systematic literature review of blockchain-based applications: current status, classification and open issues. Telemat. Informat. 36, 55–81. doi: 10.1016/j.tele.2018.11.006

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Catalini, C., and Gans, J. S. (2016). Some Simple Economics of the Blockchain. Rotman School of Management Working Paper No. 2874598, MIT Sloan Research Paper No. 5191-16. Social Science Research Network (SSRN). doi: 10.2139/ssrn.2874598

Catlin-Groves, C. L. (2012). The citizen science landscape: from volunteers to citizen sensors and beyond. Int. J. Zool. 2012:349630. doi: 10.1155/2012/349630

Chen, W., Liang, X., Li, J., Qin, H., Mu, Y., and Wang, J. (2018). "Blockchain based provenance sharing of scientific workflows," in 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data) (Seattle, WA: IEEE), 3814–3820. doi: 10.1109/bigdata.2018.8622237

Chohan, U. W. (2018). The Double Spending Problem and Cryptocurrencies. Social Science Research Network (SSRN). doi: 10.2139/ssrn.3090174

Christidis, K., and Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the internet of things. IEEE Access 4, 2292–2303. doi: 10.1109/ACCESS.2016.2566339

Codex (2018). Codex Protocol - A Cryptocurrency and Decentralized Registry for Unique Assets, Starting With Art & Collectibles.

Collins, F. S., and Tabak, L. A. (2014). Policy: NIH plans to enhance reproducibility. Nature 505, 612–613. doi: 10.1038/505612a

Conley, J. P. (2017). "Blockchain and the economics of crypto-tokens and initial coin offerings," in Vanderbilt University Department of Economics Working Papers 17-00008.

Cribb, J., and Sari, T. (2010). Open Science: Sharing Knowledge in the Global Century, 1st Edn. Collingwood, VIC: Csiro Publishing. doi: 10.1071/9780643097643

Crosby, M., Nachiappan Pattanayak, P., Verma, S., and Kalyanaraman, V. (2016). BlockChain technology: beyond bitcoin. Appl. Innovat. Rev. 2016, 6–19.

Cruz, J. P., Kaji, Y., and Yanai, N. (2018). RBAC-SC: role-based access control using smart contract. IEEE Access 6, 12240–12251. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2812844

Dai, H., Young, H. P., Durant, T. J. S., Gong, G., Kang, M., Krumholz, H. M., et al. (2018). TrialChain: a blockchain-based platform to validate data integrity in large, biomedical research studies. Comput. Res. Repository. arxiv: 1807.03662.

DaMaHub (2019). Data Management Hub – Decentralised Data Infrastructure for Science.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Dannen, C. (2017). Introducing Ethereum and Solidity: Foundations of Cryptocurrency and Blockchain Programming for Beginners, 1st Edn. Berkeley, CA: Apress. doi: 10.1007/978-1-4842-2535-6

Dansinger, M. (2017). Dear plagiarist: a letter to a peer reviewer who stole and published our manuscript as his own. Ann. Intern. Med. 166:143. doi: 10.7326/M16-2551

Davidson, S., De Filippi, P., and Potts, J. (2016). Disrupting Governance: The New Institutional Economics of Distributed Ledger Technology. Social Science Research Network (SSRN). doi: 10.2139/ssrn.2811995

De Filippi, P. (2016). Blockchain-Based Crowdfunding: What Impact on Artistic Production and Art Consumption?

De Filippi, P., McMullen, G., McConaghy, T., Choi, C., de la Rouviere, S., Benet, J., et al. (2016). Coala IP - Coalition of Automated Legal Applications Intellectual Property.

de La Rosa, J. L., Torres-Padrosa, V., El-Fakdi, A., Gibovic, D., Hornyák, O., Maicher, L., et al. (2017). "A survey of blockchain technologies for open innovation," in World Open Innovation Conference 2017 (San Francisco, CA).

De Roure, D., Goble, C., Bhagat, J., Cruickshank, D., Goderis, A., Michaelides, D., et al. (2008). "myExperiment: defining the social virtual research environment," in 2008 IEEE Fourth International Conference on eScience (Indianapolis, IN: IEEE), 182–189. doi: 10.1109/eScience.2008.86

Degen, R. (2016). Peer Reviewer Steals Text for His Own Chemistry Paper, Gets Sanctioned by Journal. Retraction Watch.

DEIP (2018). Decentralized Research Platform (DEIP) - Whitepaper.

Dell'Erba, M. (2018). Demystifying Technology. Do Smart Contracts Require a New Legal Framework? Regulatory Fragmentation, Self-Regulation, Public Regulation. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania Journal of Law & Public Affairs. doi: 10.2139/ssrn.3228445

Deshpande, A., Stewart, K., Lepetit, L., and Gunashekar, S. (2017). Distributed Ledger Technologies/Blockchain: Challenges, Opportunities and the Prospects for Standards. Technical report, The British Standards Institution (BSI). Available online at: https://bit.ly/32QxvKp

Dhillon, V. (2016). Blockchain-Enabled Open Science Framework. O'Reilly Media.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Dhillon, V., Metcalf, D., and Hooper, M. (2017). “Blockchain in science,” in Blockchain Enabled Applications, 1st Edn., Chapt. 8 (Berkeley, CA: Apress), 111–124. doi: 10.1007/978-1-4842-3081-7

Dowd, K., and Hutchinson, M. (2015). Bitcoin will bite the dust. Cato J. 35, 357–382. Available online at: https://pdfs.semanticscholar.org/26e4/119aa2e33193e0f43cf18b6f9ad673c3743e.pdf

Draskovic, D., and Saleh, G. (2017). Datapace - Decentralized Data Marketplace Based on Blockchain. Available online at: https://www.datapace.io/datapace_whitepaper.pdf

Dreber, A., Pfeiffer, T., Almenberg, J., Isaksson, S., Wilson, B., Chen, Y., et al. (2015). Using prediction markets to estimate the reproducibility of scientific research. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 112, 15343–15347. doi: 10.1073/pnas.1516179112

Dsensor (2015). Dsensor - Decentralized Sensor Mapping Protocol Open Source Project. Available online at: http://www.dsensor.org

Dulong de Rosnay, M. (2006). Creative commons: open content licenses to govern creative works. Upgrade Eur. J. Inform. Prof. 7, 38–40.

EOSC (2019). European Open Science Cloud (EOSC) - Cloud for research data in Europe. Available online at: https://bit.ly/1VpLbUh

EUREKA (2019). EUREKA - The next-generation open science platform – powered by blockchain. Available online at: https://eurekatoken.io/

Extance, A. (2017). Could Bitcoin technology help science? Nature 552, 301–302. doi: 10.1038/d41586-017-08589-4

F1000 (2019). F1000 Research - Open Access Publishing Platform.

Fanelli, D. (2018). Opinion: Is science really facing a reproducibility crisis, and do we need it to? Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 115, 2628–2631. doi: 10.1073/pnas.1708272114

Fanning, K., and Centers, D. P. (2016). Blockchain and its coming impact on financial services. J. Corpor. Account. Finan. 27, 53–57. doi: 10.1002/jcaf.22179

Fecher, B., and Friesike, S. (2014). “Open science: one term, five schools of thought,” in Opening Science, Chap. 2, eds S. Bartling and S. Friesike (Cham: Springer), 17–47. doi: 10.1007/978-3-319-00026-8_2

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Frankl (2018). Frankl - An Open Science Platform.

Furlanello, C., De Domenico, M., Jurman, G., and Bussola, N. (2017). Towards a scientific blockchain framework for reproducible data analysis. Comput. Res. Reposit. arxiv: 1707.06552. Available online at: https://arxiv.org/abs/1707.06552

Gervais, A., Karame, G. O., Wüst, K., Glykantzis, V., Ritzdorf, H., and Capkun, S. (2016). "On the security and performance of proof of work blockchains," in Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS '16) (Vienna), 3–16. doi: 10.1145/2976749.2978341

Gikay, A. A. (2018). Regulating decentralized cryptocurrencies under payment services law: lessons from the european union. Case Western Res. J. Law Technol. Internet 9, 1–35. Available online at: https://scholarlycommons.law.case.edu/jolti/vol9/iss1/1/

Gilbert, D. T., King, G., Pettigrew, S., and Wilson, T. D. (2016). Comment on "Estimating the reproducibility of psychological science". Science 351:1037. doi: 10.1126/science.aad7243

Gipp, B., Breitinger, C., Meuschke, N., and Beel, J. (2017). "CryptSubmit: introducing securely timestamped manuscript submission and peer review feedback using the blockchain," in 2017 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL) (Toronto, ON). doi: 10.1109/JCDL.2017.7991588

Gipp, B., Kosti, J., and Breitinger, C. (2016). "Securing video integrity using decentralized trusted timestamping on the bitcoin blockchain," in Proceedings of the 10th Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS) (Paphos). Available online at: https://aisel.aisnet.org/mcis2016/51/

Gipp, B., Meuschke, N., and Gernandt, A. (2015). "Decentralized trusted timestamping using the crypto currency bitcoin," in Proceedings of the iConference 2015 (Newport Beach, CA).

Gnosis (2017). Gnosis - Crowdsourced Wisdom. Available online at: https://gnosis.io/pdf/gnosis-whitepaper.pdf

Golem (2016). TheGolem Project - Global Market for Idle Computer Power.

Gray, J. (2009). "A transformed scientific method," in The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery, eds T. Hey, S. Tansley, and K. Tolle (Mountainview, CA: Microsoft Research), XVII–XXXI.

Green, S. (2017). An Illustrated History of Open Science. Wiley.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Greenspan, G. (2015). MultiChain Private Blockchain.

Günther, V., and Chirita, A. (2018). “Scienceroot” Whitepaper. Available online at: https://scienceroot.com/resources/whitepaper.pdf

Gura, T. (2013). Citizen science: amateur experts. Nature 496, 259–261. doi: 10.1038/nj7444-259a

Gürkaynak, G., Yilmaz, l., Yeşilaltay, B., and Bengi, B. (2018). Intellectual property law and practice in the blockchain realm. Comput. Law Secur. Rev. 34, 847–862. doi: 10.1016/j.clsr.2018.05.027

Haber, S., and Stornetta, W. S. (1991). How to time-stamp a digital document. J. Cryptol. 3, 99–111. doi: 10.1007/BF00196791

Haeussler, C. (2011). Information-sharing in academia and the industry: A comparative study. Res. Policy 40, 105–122. doi: 10.1016/j.respol.2010.08.007

Hand, E. (2010). Citizen science: people power. Nature 466, 685–687. doi: 10.1038/466685a

Hartgerink, C. (2018). Concerns About Blockchain for Science. Medium. Available online at: https://bit.ly/2kloBDB

Hartgerink, C. (2019). Verified, shared, modular, and provenance based research communication with the dat protocol. Publications 7, 1–19. doi: 10.3390/publications7020040

Hepp, T., Wortner, P., Schönhals, A., and Gipp, B. (2018). “Securing physical assets on the blockchain: linking a novel object identification concept with distributed ledgers,” in Proceedings of the 1st Workshop on Cryptocurrencies and Blockchains for Distributed Systems (CryBlock '18) (Munich: ACM), 60–65. doi: 10.1145/3211933.3211944

Hivemind (2019). Hivemind - Open Source Knowledge.

Hoffmann, M. R., Ibáñez, L.-D., Fryer, H., and Simperl, E. (2018). “Smart papers: dynamic publications on the blockchain,” in Proceedings of the 15th International Semantic Web Conference (ESCW 2018). Lecture Notes in Computer Science, Vol. 10843, eds A. Gangemi, R. Navigli, M.-E. Vidal, P. Hitzler, R. Troncy, L. Hollink, A. Tordai, and M. Alam (Heraklion: Springer International Publishing), 304–318. doi: 10.1007/978-3-319-93417-4_20

Hoffmann, R. (2015). Why the Blockchain Matters. Wired.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Hunter, L., and Leahey, E. (2008). Collaborative research in sociology: trends and contributing factors. Am. Sociol. 39, 290–306. doi: 10.1007/s12108-008-9042-1

Ihle, C., and Sanchez, O. (2018). “Smart contract-based role management on the blockchain,” in Business Information Systems Workshops, eds W. Abramowicz and A. Paschke (Berlin: Springer International Publishing), 335–343. doi: 10.1007/978-3-030-04849-5_30

Irwin, A. (2006). The politics of talk: coming to terms with the 'new' scientific governance. Soc. Stud. Sci. 36, 299–320. doi: 10.1177/0306312706053350

Jan, Z., Third, A., Bachler, M., and Domingue, J. (2018). “Peer-reviews on the blockchain,” in 1st Workshop on Reframing Research (RefResh 2018) (Cologne), 1–5.

Janowicz, K., Regalia, B., Hitzler, P., Mai, G., Delbecque, S., Fröhlich, M., et al. (2018). On the prospects of blockchain and distributed ledger technologies for open science and academic publishing,” Semantic Web 9, 545–555. doi: 10.3233/SW-180322

Jentzsch, C. (2016). Decentralized Autonomous Organization to Automate Governance. Available online at: https://bit.ly/33HFVnk

Kakavand, H., Kost De Sevres, N., and Chilton, B. (2017). The Blockchain Revolution: An Analysis of Regulation and Technology Related to Distributed Ledger Technologies. Social Science Research Network (SSRN). doi: 10.2139/ssrn.2849251

King, S., and Nadal, S. (2012). PPCoin: Peer-to-Peer Crypto-Currency with Proof-of-Stake. Available online at: https://decred.org/research/king2012.pdf

Kiyomoto, S., Rahman, M. S., and Basu, A. (2017). “On blockchain-based anonymized dataset distribution platform,” in 2017 IEEE 15th International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA) (London, UK: IEEE), 85–92. doi: 10.1109/SERA.2017.7965711

Kochalko, D., Morris, C., and Rollins, J. (2018). “Applying blockchain solutions to address research reproducibility and enable scientometric analysis,” in Proceedings of the 23rd International Conference on Science and Technology Indicators (STI 2018) (Leiden: Centre for Science and Technology Studies (CWTS)), 395–403.

Kombe, C., Manyilizu, M., and Mvuma, A. (2017). Design of land administration and title registration model based on blockchain technology. J. Inform. Eng. Appl. 7, 8–15. Available online at: https://iiste.org/Journals/index.php/JIEA/article/view/35154

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Kosba, A., Miller, A., Shi, E., Wen, Z., and Papamanthou, C. (2016). “Hawk: the blockchain model of cryptography and privacy-preserving smart contracts,” in 2016 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP) (San Jose, CA: IEEE), 839–858. doi: 10.1109/SP.2016.55

Kravchenko, P. (2016). Ok, I Need a Blockchain, But Which One? Medium.

Kshetri, N. (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. Int. J. Informat. Manage. 39, 80–89. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005

Lemieux, V. (2016). Blockchain for Recordkeeping; Help or Hype? Technical report. Vancouver, BC: University of British Columbia. doi: 10.13140/RG.2.2.28447.56488

Li, J., and Mann, W. (2018). Initial Coin Offerings and Platform Building. Social Science Research Network (SSRN). doi: 10.2139/ssrn.3088726

Liang, X., Shetty, S., Tosh, D., Kamhoua, C., Kwiat, K., and Njilla, L. (2017). “ProvChain: a blockchain-based data provenance architecture in cloud environment with enhanced privacy and availability,” in 2017 17th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID) (Madrid: IEEE), 468–477. doi: 10.1109/CCGRID.2017.8

Lin, I.-C., and Liao, T.-C. (2017). A survey of blockchain security issues and challenges. Int. J. Netw. Secur. 19, 653–659. doi: 10.6633/IJNS.201709.19(5).01

Luu, L., Chu, D.-H., Olickel, H., Saxena, P., and Hobor, A. (2016). “Making smart contracts smarter,” in Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS '16) (Vienna: ACM), 254–269. doi: 10.1145/2976749.2978309

Macleod, M. R., Michie, S., Roberts, I., Dirnagl, U., Chalmers, I., Ioannidis, J. P., et al. (2014). Biomedical research: increasing value, reducing waste. Lancet 383, 101–104. doi: 10.1016/S0140-6736(13)62329-6

MaidSafe (2019). SAFE Network - An Open Source, Decentralized Data Storage and Communications Network.

Matosin, N., Frank, E., Engel, M., Lum, J. S., and Newell, K. A. (2014). Negativity towards negative results: a discussion of the disconnect between scientific worth and scientific culture. Dis. Models Mech. 7, 171–173. doi: 10.1242/dmm.015123

Mattila, J. (2016). “The blockchain phenomenon - the disruptive potential of distributed consensus architectures,” in ETLA Working Papers 38 (The Research Institute of the Finnish Economy).

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

McCloskey, S., Funakawa, K., Brunet, V., Morgan, S., Leija, E., Simon, A., et al. (2019). Matryx - Innovation Ecosystem Built on the Blockchain.

McKiernan, E. C., Schimanski, L. A., Muñoz Nieves, C., Matthias, L., Niles, M. T., and Alperin, J. P. (2019). Meta-research: use of the journal impact factor in academic review, promotion, and tenure evaluations. eLife 8:e47338. doi: 10.7554/eLife.47338

Mlinarić, A., Horvat, M., and Smolčić, V. Š. (2017). Dealing with the positive publication bias: why you should really publish your negative results. Biochem. Med. 27:030201. doi: 10.11613/BM.2017.030201

Molloy, J. C. (2011). The open knowledge foundation: open data means better science. PLoS Biol. 9:e1001195. doi: 10.1371/journal.pbio.1001195

Morini, M. (2016). From 'Blockchain Hype' to a real business case for financial markets. Soc. Sci. Res. Netw. Electr. J. 45, 30–40. doi: 10.2139/ssrn.2760184

Mounier, P., Ferwerda, E., Dumouchel, S., Gatti, R., Gingold, A., Radovic, D., et al. (2018). OPERAS Whitepaper - Open Access in the European Research Area Through Scholarly Communication. doi: 10.5281/zenodo.1324059

Murray-Rust, P. (2008). Open data in science. Ser. Rev. 34, 52–64. doi: 10.1016/j.serrev.2008.01.001

Nosek, B. A., Spies, J. R., and Motyl, M. (2012). Scientific utopia: II. Restructuring incentives and practices to promote truth over publishability. Perspect. Psychol. Sci. 7, 615–631. doi: 10.1177/1745691612459058

PubMed Abstract | CrossRef Full Text | Google Scholar

Notheisen, B., Hawlitschek, F., and Weinhardt, C. (2017). "Breaking down the blockchain hype - towards a blockchain market engineering approach," in Proceedings of the 25th European Conference on Information Systems (ECIS) (Guimarães), 1062–1080.

Nugent, T., Upton, D., and Cimpoesu, M. (2016). Improving data transparency in clinical trials using blockchain smart contracts. F1000Research 5:2541. doi: 10.12688/f1000research.9756.1

Ocean Protocol (2019). The Ocean Protocol- A Decentralized Data Exchange Protocol to Unlock Data for AI.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

O'Dwyer, K. J., and Malone, D. (2014). “Bitcoin mining and its energy footprint,” in 25th IET Irish Signals and Systems Conference 2014 and 2014 China-Ireland International Conference on Information and Communities Technologies (ISSC 2014/CIICT 2014) (Limerick: IET), 280–285. doi: 10.1049/cp.2014.0699

Ogden, M., McKelvey, K., Madsen, M. B., and Code for Science (2018). Dat - Distributed Dataset Synchronization And Versioning.

Opoku-Agyemang, K. A. (2017). Using Blockchain for Scientific Transparency.

Orvium (2018). Orvium - Open and Transparent Science Powered By Blockchain.

OSF (2019). Open Science Framework - OSF - Free, Open Platform to Support Your Research and Enable Collaboration.

Osgood, R. (2016). The Future of Democracy: Blockchain Voting. Technical report.

OSN (2019). The Open Science Network - OSN. Available online at: https://bit.ly/30jX19B

Ozercan, H. I., Ileri, A. M., Ayday, E., and Alkan, C. (2018). Realizing the potential of blockchain technologies in genomics. Genome Res. 28, 1255–1263. doi: 10.1101/gr.207464.116

Pampel, H., and Dallmeier-Tiessen, S. (2014). “Open research data: from vision to practice,” in Opening Science, Chapter 14, eds S. Bartling and S. Friesike (Cham: Springer), 213–224. doi: 10.1007/978-3-319-00026-8_14

Pashler, H., and Wagenmakers, E.-J. (2012). Editors' introduction to the special section on replicability in psychological science: a crisis of confidence? Perspect. Psychol. Sci. 7, 528–530. doi: 10.1177/1745691612465253

Peters, G. W., and Panayi, E. (2016). “Understanding modern banking ledgers through blockchain technologies: future of transaction processing and smart contracts on the internet of money,” in Banking Beyond Banks and Money, eds P. Tasca, T. Aste, L. Pelizzon, and N. Perony (Cham: Springer), 239–278. doi: 10.1007/978-3-319-42448-4_13

Peterson, J., Krug, J., Zoltu, M., Williams, A. K., and Alexander, S. (2018). Augur: a decentralized oracle and prediction market platform. doi: 10.13140/2.1.1431.4563

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Phelps, L., Fox, B. A., and Marincola, F. M. (2012). Supporting the advancement of science: open access publishing and the role of mandates. J. Transl. Med. 13, 1–13. doi: 10.1186/1479-5876-10-13

Ponsford, M. (2015). A comparative analysis of bitcoin and other decentralised virtual currencies: legal regulation in the People's Republic of China, Canada, and the United States. Hong Kong J. Legal Stud. 9, 29–50. doi: 10.2139/ssrn.2554186

Pordes, R., Petravick, D., Kramer, B., Olson, D., Livny, M., Roy, A., et al. (2007). "The open science grid," in Journal of Physics Conference Series 78. doi: 10.1088/1742-6596/78/1/012057

Powell, M. C., and Colin, M. (2009). Participatory paradoxes: facilitating citizen engagement in science and technology from the top-down? Bull. Sci. Technol. Soc. 29, 325–342. doi: 10.1177/0270467609336308

Prescient (2019). Attribution Ledger - Connecting a Work with Its Creator and Rights Owner. Available online at: https://prescientinnovations.com/projects

Priem, J., Piwowar, H. A., and Hemminger, B. M. (2012). "Altmetrics in the wild: using social media to explore scholarly impact," in ACM Web Science Conference 2012 Workshop (Evanston, IL).

Prinz, F., Schlange, T., and Asadullah, K. (2011). Believe it or not: how much can we rely on published data on potential drug targets? Nat. Rev. Drug Discov. 10, 712–713. doi: 10.1038/nrd3439-c1

Project Aiur (2018). Project Aiur by Iris.ai - Democratize Science Through Blockchain-Enabled Disintermediation.

Protocol Labs (2017). Filecoin: A Decentralized Storage Network. Available online at: https://filecoin.io/filecoin.pdf

PUBLISHsoft (2018). PUBLISHsoft - Blockchain-powered Digital Newspaper Publishing System.

Puthal, D., Malik, N., Mohanty, S. P., Kougianos, E., and Yang, C. (2018). The blockchain as a decentralized security framework. IEEE Consum. Electr. Mag. 7, 18–21. doi: 10.1109/MCE.2017.2776459

Rachovitsa, A. (2018). "Blockchain for open science and sustainable development goals," in University of Groningen Faculty of Law Research Paper No. 29/2018. International Legal

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Research Informer Newsletter (American Society of International Law), 2–4. doi: 10.2139/ssrn.3269805

Rivière, J.-M. (2018). Blockchain technology and IP – investigating benefits and acceptance in governments and legislations. Jun. Manag. Sci. 3, 1–15. doi: 10.5282/jums/v3i1pp1-15

Rufai, R., Gul, S., and Ahmad Shah, T. (2011). Open access journals in library and information science: the story so far. Trends Informat. Manag. 7, 218–228.

Salyers, A. (2002). Science, censorship, and public health. Science 296:617. doi: 10.1126/science.296.5568.617

Savelyev, A. (2017). Contract law 2.0: 'Smart' contracts as the beginning of the end of classic contract law. Informat. Commun. Technol. Law 26, 116–134. doi: 10.1080/13600834.2017.1301036

Scenarex (2019). Bookchain - Publish Books on the Blockchain.

Schönhals, A., Hepp, T., and Gipp, B. (2018). "Design thinking using the blockchain: enable traceability of intellectual property in problem-solving processes for open innovation," in Proceedings of the 1st Workshop on Cryptocurrencies and Blockchains for Distributed Systems (CryBlock '18) (Munich: ACM), 105–110. doi: 10.1145/3211933.3211952

Schönhals, A., Hepp, T., Leible, S., Ehret, P., and Gipp, B. (2019). "Overview of licensing platforms based on distributed ledger technology," in Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) (Grand Wailea, HI), 4675–4684. doi: 10.24251/HICSS.2019.564

Schubotz, M., Breitinger, C., Hepp, T., and Gipp, B. (2018). Repurposing open source tools for open science: a practical guide. doi: 10.5281/zenodo.2453415

Schütte, J., Fridgen, G., Prinz, W., Rose, T., Urbach, N., Hoeren, T., et al. (2018). Blockchain ans Smart Contracts - Technologies, Research Issues and Applications. Fraunhofer Society. Available online at: https://bit.ly/2PQ9oI5

ScientificCoin (2018). ScientificCoin - Blockchain Platform for Scientificprojects With Decentralized Evaluation.

Scott, B. (2016). "How can cryptocurrency and blockchain technology play a role in building social and solidarity finance?," in UNRISD Working Paper, No. 2016-1 (Geneva: United Nations Research Institute for Social Development (UNRISD)). Available online at: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/148750/1/861287290.pdf

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Sitek, D., and Bertelmann, R. (2014). “Open access: a state of the art,” in Opening Science, Chap. 9, eds S. Bartling and S. Friesike (Cham: Springer), 139–153. doi: 10.1007/978-3-319-00026-8_9

Smith, N. (2017). Why 'Statistical Significance' Is Often Insignificant. Bloomberg. Available online at: https://bloom.bg/2y37VE3

Smith, R. (2006). Peer review: a flawed process at the heart of science and journals. J. R. Soc. Med. 99, 178–182. doi: 10.1177/014107680609900414

Sovrin Foundation (2018). Sovrin: A Protocol and Token for Self-Sovereign Identity and Decentralized Trust.

Space Decentral (2018). Space Decentral: A Decentralized Autonomous Space Agency.

Spearpoint, M. (2017). A proposed currency system for academic peer review payments using the blockChain technology. MDPI 5:19. doi: 10.3390/publications5030019

Stahel, P. F., and Moore, E. E. (2014). Peer review for biomedical publications: we can improve the system. BMC Med. 12:179. doi: 10.1186/s12916-014-0179-1

Swan, M. (2015a). Blockchain: Blueprint for a New Economy, 1st Edn. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.

Swan, M. (2015b). Blockchain thinking: the brain as a decentralized autonomous corporation. IEEE Technol. Soc. Mag. 34, 41–52. doi: 10.1109/MTS.2015.2494358

Tacke, O. (2010). “Open science 2.0: how research and education can benefit from open innovation and web 2.0,” in On Collective Intelligence, Chapter 4, eds T. J. Bastiaens, U. Baumöl, and B. J. Krämer (Berlin; Heidelberg: Springer), 37–48. doi: 10.1007/978-3-642-14481-3_4

Tennant, J. P. (2018). The state of the art in peer review. FEMS Microbiol. Lett. 365, 1–10. doi: 10.1093/femsle/fny204

Tennant, J. P., Beamer, J. E., Bosman, J., Brembs, B., Chung, N. C., Clement, G., et al. (2019). Foundations for open scholarship strategy development. MetaArXiv [Preprint]. doi: 10.31222/osf.io/b4v8p

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Tennant, J. P., Dugan, J. M., Graziotin, D., Jacques, D. C., Waldner, F., Mietchen, D., et al. (2017). A multi-disciplinary perspective on emergent and future innovations in peer review. F1000Research 6:1151. doi: 10.12688/f1000research.12037.3

Tenorio-Fornés, A., Jacynycz, V., Llop-Vila, D., Sánchez-Ruiz, A. A., and Hassan, S. (2019). "Towards a decentralized process for scientific publication and peer review using blockchain and IPFS," in Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) (Grand Wailea, HI), 4635–4644. doi: 10.24251/HICSS.2019.560

Teplitskiy, M., Lu, G., and Duede, E. (2017). Amplifying the impact of open access: wikipedia and the diffusion of science. J. Assoc. Inform. Sci. Technol. 68, 2116–2127. doi: 10.1002/asi.23687

Tian, F. (2016). "An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology," in 2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM) (Kunming: IEEE). doi: 10.1109/ICSSSM.2016.7538424

Vaultitude (2018). Vaultitude - Intellectual Property Blockchain Platform. Available online at: https://bit.ly/3208YBO

Vengadasalam, S., Kleinfercher, F., and Lawton, J. (2019). Bloxberg - The Trusted Research Infrastructure. Available online at: https://bloxberg.org/wp-content/uploads/2019/07/bloxberg_whitepaper.pdf

Viriyasitavat, W., and Hoonsopon, D. (2019). Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. J. Indust. Inform. Integr. 13, 32–39. doi: 10.1016/j.jii.2018.07.004

Vishnumurthy, V., Chandrakumar, S., and Sirer, E. G. (2003). "KARMA: a secure economic framework for peer-to-peer resource sharing," in 1st Workshop on Economics of Peer-to-Peer Systems (Berkeley, CA). Available online at: https://cs.baylor.edu/donahoo/classes/5321/papers/VCS03.pdf

Vision, T. J. (2010). Open data and the social contract of scientific publishing. BioScience 60, 330–331. doi: 10.1525/bio.2010.60.5.2

Volpicelli, G. (2018). Does Blockchain Offer Hype or Hope? The Guardian.

Werbach, K. (2018). Trust, but verify WhyThe blockchain needs the law. Berkeley Technol. Law J. 33, 487–550. doi: 10.15779/Z38H41JM9N

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Wolf, M., Wiegand, M., and Drichel, A. (2016). PEvO (Publish and Evaluate Onchain).

Woolston, C. (2015). Recognition: build a reputation. Nature 521, 113–115. doi: 10.1038/nj7550-113a

Wortner, P., Schubotz, M., Breitinger, C., Leible, S., and Gipp, B. (2019). "Securing the integrity of time series data in open science projects using blockchain-based trusted timestamping," in Proceedings of the Workshop on Web Archiving and Digital Libraries (WADL '19) (Urbana-Champaign, IL), 1–3. Available online at: https://bit.ly/33wxR9m

Xu, X., Pautasso, C., Zhu, L., Gramoli, V., Ponomarev, A., Tran, A. B., et al. (2016). "The blockchain as a software connector," in 2016 13th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA) (Venice: IEEE), 182–191. doi: 10.1109/WICSA.2016.21

Yeong, C.-H., and Abdullah, B. J. (2012). Altmetrics: the right step forward. Biomed. Imaging Intervent. J. 8:e15. Available online at: https://bit.ly/2X3XrQR

Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., and Smolander, K. (2016). Where is current research on blockchain technology? A systematic review. PLoS ONE 11:e0163477. doi: 10.1371/journal.pone.0163477

Zain, J. M., and Clarke, M. (2007). Reversible region of non-interest (RONI) watermarking for authentication of DICOM images. Int. J. Comput. Sci. Net. Sec. 7, 19–27.

Zenodo (2019). Zenodo - An Open Access Repository for Research Data.

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H.-N., Chen, X., and Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: a survey. Int. J. Web Grid Serv. 14, 352–375. doi: 10.1504/IJWGS.2018.095647

Fabian Vogelsteller, Vitalik Buterin, "EIP-20: ERC-20 Token Standard," Ethereum Improvement Proposals, no. 20, November 2015.

Simon Dyson, William J. Buchanan, Liam Bell. Scenario-based creation and digital investigation of ethereum ERC20 tokens. Digital Investigation, 32:200894, 2020.

Raaj Anand Mishra, Anshuman Kalla, An Braeken, Madhusanka Liyanage, Privacy Protected Blockchain Based Architecture and Implementation for Sharing of Students' Credentials,Information Processing & Management,Volume 58, Issue 3,2021

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Andrea Lisi, Andrea De Salve, Paolo Mori, Laura Ricci, Samuel Fabrizi, Rewarding reviews with tokens: An Ethereum-based approach, Future Generation Computer Systems, Volume 120, 2021

Haya Hasan, Esra AlHadhrami, Alia AlDhaheri, Khaled Salah, Raja Jayaraman, Smart contract-based approach for efficient shipment management, Computers & Industrial Engineering, Volume 136, 2019

William Entriken, Dieter Shirley, Jacob Evans, Nastassia Sachs, "EIP-721: ERC-721 Non-Fungible Token Standard," Ethereum Improvement Proposals, no. 721, January 2018.

Regner, Ferdinand & Schweizer, André & Urbach, Nils. (2019). NFTs in Practice – Non-Fungible Tokens as Core Component of a Blockchain-based Event Ticketing Application.

ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS & BUSINESS
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ