



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«ΔΙΚΑΙΟ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ»

Ακαδημαϊκό έτος 2023-2024

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σωτήριος Λύτρας (ΜΔΙ 2335)

**Το Blockchain στη Σύγχρονη Οικονομία:
Πρακτικά και Νομικά Ζητήματα**

**Blockchain in the Modern Economy:
Practical and Legal Aspects**

Επιβλέπων:

Γιώργος Γιαννόπουλος, Καθηγητής Νομικής Σχολής Αθηνών

Πειραιάς, Ιούλιος 2024

© 2024

Σωτήριος Λύτρας

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Ευχαριστίες

Η περάτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας σηματοδοτεί το κλείσιμο ενός ξεχωριστού κεφαλαίου στην ακαδημαϊκή μου πορεία. Με την ολοκλήρωση αυτού του πονήματος επισφραγίζεται μία περίοδος σημαντικής προσωπικής εξέλιξης, μάθησης, και ωρίμανσης, γεμάτη γνώσεις και εμπειρίες που εμπέδωσαν το ενδιαφέρον μου για τη διεπαφή του δικαίου με την τεχνολογία.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή Γιώργο Γιαννόπουλο για την αμέριστη στήριξη, για την ηθική αρωγή του στα επόμενα βήματά μου, και κυρίως για την αρχική προτροπή του να παρακολουθήσω το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Δίκαιο και Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών» στο Πανεπιστήμιο του Πειραιά.

Πίνακας περιεχομένων

Ακρωνύμια και Συντομογραφίες.....	4
Περίληψη	7
Abstract.....	9
Πρόλογος	11
1. Εισαγωγή	13
1.1. Blockchain και σύγχρονες επιχειρήσεις	13
1.2. Ερευνητικοί στόχοι εργασίας	14
1.3. Επισκόπηση εργασίας.....	15
2. Η Τεχνολογία Blockchain.....	16
2.1. Ιστορία του blockchain	16
2.2. Ορισμοί, λειτουργία, και βασικά χαρακτηριστικά	18
2.3. Είδη αλυσίδων blockchain	24
2.4. Η γενεαλογική εξέλιξη της τεχνολογίας blockchain.....	26
3. Case studies εφαρμογών του Blockchain.....	29
3.1. Διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας	29
3.1.1. Το πρόβλημα: Οι αδυναμίες της εφοδιαστικής αλυσίδας	29
3.1.2. Η λύση: Το blockchain ως ένα νέο σύστημα καταγραφών	30
3.1.3. Πραγματικά παραδείγματα	33
3.2. Υγεία.....	34
3.2.1. Το πρόβλημα: Η σημασία των δεδομένων στον χώρο της υγείας	34
3.2.2. Η λύση: Το blockchain στην υπηρεσία του ασθενούς	35
3.2.3. Πραγματικά Παραδείγματα	38
3.3. Ηλεκτρονική Ψηφοφορία.....	42
3.3.1. Το πρόβλημα.....	42
3.3.2. Η λύση: Ψηφοφορία πάνω στο blockchain	44
3.3.3. Πραγματικά Παραδείγματα	45
3.4. Ψηφιακά (κρυπτο-) αγαθά – Crypto assets.....	46
3.5. Νομικές ενέργειες.....	48
3.5.1. Συστήματα ταυτοποίησης.....	48
3.5.2. Ψηφιακή υπογραφή.....	51
3.5.3. Γνησιότητα Εγγράφων, δικαστικά τεκμήρια, και συμβολαιογραφικές πράξεις	54
3.5.4. Προστασία της διανοητικής ιδιοκτησίας	56
4. Smart Contracts.....	60
4.1. Ιστορία και ανάπτυξη	60
4.1.1. Επινόηση και ορισμός των smart contracts.....	60
4.1.2. Smart Contracts επί του Blockchain	62

4.2. Νομική αντιμετώπιση των smart contracts.....	65
4.2.1. Η ανάγκη για νομοθετικό πλαίσιο	65
4.2.1. Η έννοια της σύμβασης.....	66
4.2.2. Ερμηνεία Σύμβασης	70
4.2.3. Εκπλήρωση της σύμβασης και ανώμαλη εξέλιξη	71
4.2.4. Εξυπνη Διαιτησία.....	73
4.2.5. Τα Smart Contracts στο ευρωπαϊκό δίκαιο.....	75
4.2.6. Τα Smart Contracts στο εθνικό δίκαιο	77
4.3. Πρακτικές εφαρμογές.....	79
4.3.1. Εξυπνες ασφαλιστικές συμβάσεις.....	79
4.3.2. Εξυπνη μίσθωση.....	80
4.3.3. Crowdfunding.....	82
5. Νομοθετικό και Κανονιστικό Πλαίσιο για το Blockchain	84
5.1. Μια παγκόσμια προσπάθεια	84
5.1.1. Διασυννοριακά ζητήματα	84
5.1.2. Προβλήματα ενιαίας ρύθμισης.....	85
5.2. Προστασία δεδομένων και ασφάλεια συναλλαγών.....	87
5.2.1. Διαφάνεια ή ιδιωτικότητα;.....	88
5.2.2. Παντοτινές αμετάβλητες εγγραφές ή δικαίωμα στη λήθη;.....	89
5.2.3. Blockchain και ρόλοι του GDPR.....	90
5.2.3. Λοιπές προβληματικές από τον GDPR.....	91
5.3. Προστασία καταναλωτών	92
5.3.2. Εμπορικές συναλλαγές στο blockchain και καταναλωτικά smart contracts.....	92
5.3.2. Ο Κανονισμός MiCA.....	94
5.3.3. Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2022/858.....	96
6. Προοπτική Εξέλιξης και Προκλήσεις.....	98
6.1. Οι τάσεις στον κόσμο του blockchain και δυνητικές εφαρμογές.....	98
6.1.1. Διαλειτουργικότητα	98
6.1.2. Αποκεντρωμένα χρηματοοικονομικά (DeFi).....	99
6.1.3. Ψηφιακά Νομίσματα Κεντρικής Τράπεζας (CBDCs).....	100
6.1.4. Κρυπτοπαραστατικά για φυσικά περιουσιακά στοιχεία	102
6.2. Τεχνικά ζητήματα και εμπόδια περαιτέρω υιοθέτησης.....	102
6.3. Σχέση με το μετασύμπαν (metaverse) και με την τεχνητή νοημοσύνη.....	105
6.3.1. Μετασύμπαν και blockchain	105
6.3.2. Τεχνητή νοημοσύνη και blockchain	106
7. Επίλογος.....	108
7.1. Blockchain: Περισσότερο από μια μόδα	108
7.2. Τελικές σκέψεις	109
Πηγές και Αναφορές	111
Αναφορές (Reports) και Ενημερωτικά Γραφήματα (Infographics).....	111
Άρθρα σε Έντυπες Εφημερίδες και Περιοδικά.....	112

Διπλωματικές Εργασίες και Διατριβές	112
Άρθρα σε Επιστημονικά Περιοδικά	112
Ανακοινώσεις στον Τύπο	118
Βιβλιογραφία	119
Ιστότοποι και Ηλεκτρονική Ειδησεογραφία	120
Λευκές Βίβλοι (White Papers)	128
Νομοθετήματα, Ψηφίσματα, και Αποφάσεις	128
Online Οπτικοακουστικά Μέσα	130

Ακρωνύμια και Συντομογραφίες

Ελληνικά

ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΑΚ	Αστικός Κώδικας
αρθ.	άρθρο
βλ.	βλέπε
ΓΚΠΔ	Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (GDPR) – Κανονισμός (ΕΕ) 2016/679
ΔΙ	Διανοητική Ιδιοκτησία
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΚΤ	Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα
ΕΜΥ	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής
Κεφ.	Κεφάλαιο
ΚΠολΔ	Κώδικας Πολιτικής Δικονομίας
λχ.	λόγου χάρι
Ν.	Νόμος
πχ.	παραδείγματος χάριν
σελ.	σελίδα/σελίδες
σκ.	σκέψη
στοιχ.	στοίχος
ΤΚΚ	Τεχνολογία Κατανεμημένου Καθολικού
TN	Τεχνητή Νοημοσύνη

Αγγλικά

AI	Artificial Intelligence [Τεχνητή Νοημοσύνη, TN]
AML	Anti-Money Laundering [Κατά του Ξεπλύματος Χρήματος]
AMM	Automated Market Makers [Αυτοματοποιημένες μέθοδοι αγοράς προϊόντων]
AR	Augmented Reality [Ενισχυμένη Πραγματικότητα]
BaaS	Blockchain as a Service [Blockchain ως υπηρεσία]
CBDC	Central Bank Digital Currency [Ψηφιακό Χρήμα Κεντρικής Τράπεζας]
CO ₂	Carbon Dioxide [Διοξείδιο του Άνθρακα]
DAO	Decentralized Application Organization [Οργανισμός Αποκεντρωμένων Εφαρμογών]
dApps	Decentralized Apps [Αποκεντρωμένες Εφαρμογές]
deFi	Decentralized Finance [Αποκεντρωμένα Χρηματοοικονομικά]
DEX	Decentralized Exchange [Αποκεντρωμένο Χρηματιστήριο]

DLT	Distributed Ledger Technology [Τεχνολογία Καταμεμημένου Καθολικού, ΤΚΚ]
EBP	European Blockchain Partnership [Ευρωπαϊκή Συνεργασία για την Αλυσίδα Συστοιχιών]
EBSI	European Blockchain Services Infrastructure [Ευρωπαϊκή Υποδομή Υπηρεσιών Αλυσίδας Συστοιχιών]
EHR	Electronic Health Records [Ηλεκτρονικά Αρχεία Υγείας]
eIDAS	electronic IDentification, Authentication and trust Services [Κανονισμός (ΕΕ) 910/2014]
ERP	Enterprise Resource Planning [Σχεδιασμός Κατανομής Εταιρικών Πόρων]
E2E	End-to-End (Encryption) [(Κρυπτογραφία) από άκρο σε άκρο]
GDPR	General Data Protection Regulation [Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων, ΓΚΠΔ – Κανονισμός (ΕΕ) 2016/679]
GPS	Global Positioning System [Παγκόσμιο Σύστημα Πλοήγησης]
IBC	Interblockchain Communication Protocol [Πρωτόκολλο Επικοινωνίας Αλυσίδων Συστοιχιών]
IBM	International Business Machines (Corporation)
IMF	International Monetary Fund [Διεθνές Νομισματικό Ταμείο]
KYC	Know Your Customer [Διαδικασία Επαλήθευσης «Μάθε τον Πελάτη σου»]
MiCA	Markets in Crypto Assets Regulation [Κανονισμός για τις Αγορές Κρυπτοπεριουσιακών Στοιχείων – Κανονισμός (ΕΕ) 2023/1114]
MIT	Massachusetts Institute of Technology [Τεχνολογικό Ινστιτούτο Μασαχουσέτης (Πανεπιστήμιο)]
NFT	Non-Fungible Token [Μη-Ανταλλάξιμο Παραστατικό]
n.o	number [αριθμός]
PIN	Personal Identification Number [Προσωπικός Αριθμός Ταυτοποίησης]
PKI	Public Key Infrastructure [Υποδομή Δημοσίου Κλειδιού]
PoVi	Proof of Voter Identity [Απόδειξη Ταυτότητας Ψηφοφόρου (μηχανισμός συναίνεσης)]
PoW	Proof of Work [Απόδειξη Εργασίας (μηχανισμός συναίνεσης)]
PoS	Proof of Stake [Απόδειξη Πονταρίσματος (μηχανισμός συναίνεσης)]
P2P	Peer-to-peer [Δίκτυο ομότιμων κόμβων]
RFID	Radio Frequency Identification [Ταυτοποίηση Ραδιοσυχνότητας (τσιπ)]
SPOF	Single Point of Failure [Μοναδικό Σημείο Αποτυχίας]
SSI	Self-Sovereign Identity [Αυτοκυριαρχική Ταυτότητα]
TWh	TeraWattour [Τεραβατώρα (μονάδα μέτρησης ισχύος)]
UNCITRAL	United Nations Commission on International Trade Law [Επιτροπή του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών για το Διεθνές Εμπορικό Δίκαιο]
VR	Virtual Reality [Εικονική Πραγματικότητα]
WEF	World Economic Forum [Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ]

ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften [Πανεπιστήμιο
Εφαρμοσμένων Επιστημών Ζυρίχης]

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μία εκτεταμένη παρουσίαση του συστήματος blockchain και του αντίκτυπού του στη σύγχρονη οικονομία. Το blockchain είναι ένα αποκεντρωμένο, ψηφιακό λογιστικό βιβλίο που καταγράφει συναλλαγές σε ένα δίκτυο υπολογιστών με ασφαλή, διαφανή, και ανθεκτικό σε παραβιάσεις τρόπο. Η εξερεύνηση εκκινεί από τις ρίζες αυτής της τεχνολογίας, που ανάγονται στην ιδέα ενός κατανεμημένου καθολικού, και προχωρά με την εφεύρεση των κρυπτονομισμάτων και τη συνακόλουθη εξέλιξη που σημειώθηκε. Η πρόοδος του blockchain αποδίδεται στις θεμελιώδεις αρχές της αποκέντρωσης και τις αμεταβλητότητας και σε έναν μοναδικό συνδυασμό χαρακτηριστικών όπως η ασφάλεια, η διαφάνεια, και η τεχνολογική του προσαρμοστικότητα.

Μέσα από μια σειρά περιπτωσιολογικών μελετών καταδεικνύεται το εύρος των πρακτικών εφαρμογών που έχει το blockchain σε κλάδους όπως η εφοδιαστική αλυσίδα, η υγεία, η ηλεκτρονική ψηφοφορία, τα ψηφιακά αγαθά, και οι νομικές διαδικασίες. Κάθε case study περιλαμβάνει πραγματικά παραδείγματα που αναδεικνύουν την αποτελεσματικότητα του blockchain και τον βαθμό διείσδυσής του. Ακόμη θίγονται εκτενώς τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts), που έπαψαν να αποτελούν απλώς θεωρητικό κατασκεύασμα δυνάμει του blockchain. Μεταξύ άλλων αναπτύσσονται οι προκλήσεις και οι ευκαιρίες που παρουσιάζουν τα smart contracts καθώς και οι νομικές προεκτάσεις αυτών.

Ένα σημαντικό μέρος της εργασίας είναι αφιερωμένο στο ρυθμιστικό τοπίο του blockchain. Συζητώνται διεξοδικά οι παγκόσμιες προσπάθειες δημιουργίας κοινής νομικής αντιμετώπισης, τις ανησυχίες περί διαφύλαξης της ιδιωτικότητας και των προσωπικών δεδομένων, και την προστασία των καταναλωτών, που περιλαμβάνει την ανάλυση βασικών κανονισμών της ΕΕ, όπως ο GDPR, και ο Κανονισμός MiCA.

Τέλος, η εργασία εστιάζει στις αναδυόμενες τάσεις, όπως η διαλειτουργικότητα, τα αποκεντρωμένα χρηματοοικονομικά (DeFi), και η σύνδεση του blockchain με την τεχνητή νοημοσύνη. Στο πλαίσιο αυτό αναγνωρίζονται οι τεχνικές και κοινωνικές προκλήσεις που

δυσχεραίνουν την ευρύτερη υιοθέτηση της τεχνολογίας αυτής. Τέλος, αναφέρονται κάποια γενικά συμπεράσματα και καταληκτικές σκέψεις για το μέλλον του blockchain.

Λέξεις Κλειδιά: Blockchain, Τεχνολογία Κατανεμημένου Καθολικού, Smart Contracts, Ψηφιακές Συναλλαγές, Σύγχρονη Οικονομία, Αποκεντρωμένη Οικονομία (DeFi), Αποκεντρωμένες Εφαρμογές (dApps), Πρακτικές Εφαρμογές, Νομικοί Προβληματισμοί, NFTs, Metaverse.

Abstract

This thesis is a comprehensive presentation of the world of blockchain and its impact on the modern economy. It starts from the origins of this technology, which can be traced back to the idea of a distributed ledger, and continues with the invention of cryptocurrencies and the subsequent developments that occurred. Blockchain's progress is attributed to its fundamental principles of decentralization and immutability and to a unique combination of features such as security, transparency, and technological versatility.

Through a series of case studies, it illustrates a broad range of practical applications of blockchain in industries such as the supply chain, healthcare, e-voting, digital goods, and legal processes. Each case study includes real-world examples that highlight the effectiveness of blockchain and the extent of its penetration. Moreover, smart contracts, no longer just a theoretical construct by virtue of the blockchain, are addressed extensively. The challenges and opportunities inherent to smart contracts as well as their legal implications are also highlighted.

An important part of this thesis is dedicated to the regulatory landscape surrounding blockchain. There is an in-depth discussion of global efforts to create a common legal approach, privacy and data protection concerns, and consumer protection, including an analysis of key EU regulations such as the GDPR, and MiCA.

Finally, the paper focuses on emerging trends, such as interoperability, decentralized finance (DeFi), and the integration of blockchain with artificial intelligence. In this regard, the technical and social challenges that hinder the wider adoption of blockchain are identified. To conclude, some general takeaways and closing thoughts on the future of blockchain are provided.

Keywords: Blockchain, Distributed ledger technology, Smart Contracts, Digital Transactions, Modern Economy, Decentralized Economy (DeFi), Decentralized Applications (dApps), Practical Applications, Legal Issues, NFTs, Metaverse.

Πρόλογος

Τα τελευταία χρόνια, η άνοδος των κρυπτονομισμάτων εισήγαγε τον όρο «blockchain» στον δημόσιο διάλογο. Το blockchain αρχικά αναπτύχθηκε ως η υποκείμενη τεχνολογία για το Bitcoin¹ και άλλα ψηφιακά νομίσματα, όμως προοδευτικά έγινε συνώνυμο των ασφαλών και αποκεντρωμένων συναλλαγών. Μέχρι και σήμερα, πολλοί άνθρωποι εξακολουθούν να συνδέουν το blockchain κυρίως με τα κρυπτονομίσματα, χωρίς να κατανοούν πλήρως τις ευρύτερες δυνατότητες και εφαρμογές του. Αυτή η τεχνολογία, μολονότι αποτελεί τη ραχοκοκαλιά των ψηφιακών νομισμάτων, στην πραγματικότητα έχει γνωρίσει πολύ μεγαλύτερη εξέλιξη σε σχέση με τον αρχικό σκοπό της.

Η συζήτηση για το blockchain περιλαμβάνει και τα έξυπνα συμβόλαια, έναν ρηξικέλευθο τρόπο σύναψης ψηφιακών συμβάσεων, που σε κάποιον βαθμό διαταράσσει τις παραδοσιακές αντιλήψεις για τον τρόπο που συνάπτονται οι συμφωνίες και επαναπροσδιορίζει τα νομικά στεγανά. Στη συνέχεια, ήρθαν στο προσκήνιο οι αγορές κρυπτο-αγαθών. Συναλλαγές αξίας εκατομμυρίων δολαρίων με αντικείμενο δυσνόητα ψηφιακά προϊόντα, όπως τα μη-ανταλλάξιμα παραστατικά (NFTs)² γέννησαν μία εξ ολοκλήρου ψηφιακή αγορά που λειτουργεί με δικούς της κανόνες. Παράλληλα προς αυτές τις τάσεις της online επικαιρότητας, ίσως αθόρυβα για πολλούς, το blockchain διείσδυσε σε ένα πλήθος τομέων της οικονομίας αφενός παρέχοντας καινοφανείς λύσεις σε χρόνια προβλήματα παραδοσιακών βιομηχανικών κλάδων, αφετέρου γεννώντας νέες προκλήσεις που η οικονομία και η νομική δεν ήταν έτοιμες να αντιμετωπίσουν.

Στο υφιστάμενο τεχνολογικό τοπίο, το blockchain έχει επισκιαστεί εν μέρει από ανερχόμενες τεχνολογίες όπως το μετα-σύμπαν (metaverse)³ και η τεχνητή νοημοσύνη⁴. Αυτή η μετατόπιση του ενδιαφέροντος αποτελεί σημείο καμπής καθώς μας καλεί να

¹ Nakamoto, Satoshi. «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System». *Bitcoin.org*, 31 Οκτωβρίου 2008. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

² Clark, Mitchell. «NFTs, Explained: What They are and Why they're Suddenly Worth Millions». *The Verge*, 6 Ιουνίου 2022. <https://www.theverge.com/22310188/nft-explainer-what-is-blockchain-crypto-art-faq>.

³ Mahtani, Prerna. «The Role of Blockchain in Shaping The Metaverse». *iTMunch*, 24 Μαρτίου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://itmunch.com/the-role-of-blockchain-in-the-metaverse/>.

⁴ Treat, David και Michael Klein. «How Immersive Technology, Blockchain and AI Are Converging», 21 Ιουνίου, 2024. Προσπέλαση 13 Ιουλίου, 2024. <https://www.weforum.org/stories/2024/06/the-technology-trio-of-immersive-technology-blockchain-and-ai-are-converging-and-reshaping-our-world/>.

αποτιμήσουμε την πραγματική αξία του. Δεδομένου ότι ο αρχικός ενθουσιασμός σχετικά με τα κρυπτονομίσματα έχει υποχωρήσει, τώρα είναι η ώρα να αξιολογηθεί κατά πόσον το blockchain μπορεί πράγματι να μετασχηματίσει τη σύγχρονη οικονομία. Η δυνατότητά του να επιφέρει ανατρεπτικές μεταβολές σε πολλούς τομείς είναι αδιαμφισβήτητη. Αλλά το καίριο ερώτημα παραμένει: Είναι αλήθεια το blockchain το επόμενο σπουδαίο πράγμα (the next big thing), ή απλώς μια ακόμη φευγαλέα μόδα της τεχνολογίας; Ο προβληματισμός είναι ουσιαστικός και η ανάλυση πρέπει να διατρέξει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων.

1. Εισαγωγή

1.1. Blockchain και σύγχρονες επιχειρήσεις

Το blockchain αρχικώς σχεδιάστηκε ως το λειτουργικό υπόβαθρο για τα κρυπτονομίσματα όπως το Bitcoin, όμως έγινε γρήγορα αντιληπτό ότι η τεχνολογία αυτή έχει τη δυνατότητα να μετασχηματίσει διάφορους τομείς πέρα από τα ψηφιακά νομίσματα. Στον πυρήνα της, η τεχνολογία blockchain δεν είναι τίποτε περισσότερο από ένα αποκεντρωμένο και κατακεντρωμένο σύστημα καταγραφής συναλλαγών που εγγυάται ασφαλείς, διαφανείς, και αδιάβλητες συναλλαγές. Χάρη στον σχεδιασμό και στον τρόπο λειτουργίας της (που αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο), η τεχνολογία blockchain προκρίνει την ασφάλεια και ξεπερνά τις τεχνικές παθογένειες καταγραφής και επαλήθευσης συναλλαγών και δεδομένων, συνεπώς καθίσταται μια ελκυστική λύση για ποικίλες εκφάνσεις των σύγχρονων επιχειρηματικών πρακτικών.

Η σημασία του blockchain στη σύγχρονη επιχειρηματικότητα είναι πολύ μεγάλη. Οι εφαρμογές του εκτείνονται σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών, από τα οικονομικά και τη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας μέχρι την υγειονομική περίθαλψη και τις νομικές υπηρεσίες. Για παράδειγμα, στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, το blockchain παρέχει πλήρη ορατότητα από την αρχή μέχρι το τέλος, διασφαλίζοντας ότι κάθε συναλλαγή και κίνηση των αγαθών καταγράφεται αμετάβλητα, ενισχύοντας έτσι τη διαφάνεια και την ιχνηλασιμότητα. Στον οικονομικό τομέα, το blockchain διευκολύνει ταχύτερες και πιο ασφαλείς συναλλαγές, μειώνοντας τον κίνδυνο απάτης και βελτιώνοντας τη συμμόρφωση με τις κανονιστικές απαιτήσεις. Η ενσωμάτωση έξυπνων (αυτοεκτελούμενων) συμβάσεων, με τους όρους γραμμένους απευθείας στον κώδικα, αποτελεί περαιτέρω απόδειξη του πώς το blockchain αποτελεί έναν καινοτόμο τρόπο να βελτιωθούν άλλοτε δύσκολες και χρονοβόρες διαδικασίες, χάρη στον εξορθολογισμό και την αυτοματοποίηση των επιμέρους βημάτων, και στη μείωση της πιθανότητας διαφωνίας μεταξύ των μερών.

Η υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain τόσο από μεγάλες, όσο και από νεοφυείς επιχειρήσεις αλλάζει άρδην τον τρόπο λειτουργίας τους, προάγοντας την ασφάλεια, την εμπιστοσύνη, και την αποτελεσματικότητα. Διαρκώς εφευρίσκονται καινούργιες

εφαρμογές του blockchain και λύσεις βασισμένες σε αυτό. Το blockchain διαδραματίζει καταλυτικό ρόλο στη διαμόρφωση του ηλεκτρονικού εμπορίου αλλά και παραδοσιακών βιομηχανιών. Ως εκ τούτου το blockchain από μόνο του και όχι σε αναγκαία συνάρτηση με τα κρυπτονομίσματα, αποτελεί ένα ουσιαστικό πεδίο μελέτης στη σημερινή ταχέως εξελισσόμενη ψηφιακή οικονομία.

1.2. Ερευνητικοί στόχοι εργασίας

Η παρούσα εργασία επιχειρεί μια ολιστική προσέγγιση των κυριότερων πρακτικών εφαρμογών της τεχνολογίας blockchain σε διάφορες εκφάνσεις της σύγχρονης ζωής. Όπως προλέχθηκε, το blockchain επινοήθηκε ως το τεχνολογικό υπόβαθρο όπου θα λειτουργούν οι συναλλαγές με κρυπτονομίσματα, όμως πλέον έχει αποκτήσει περισσότερες χρήσεις, πέραν των κρυπτονομισμάτων. Η εργασία εστιάζει περισσότερο στις εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας σε πολλαπλούς κλάδους της σύγχρονης οικονομίας, και όχι στη ρηξικέλευθη φύση των κρυπτο-συναλλαγών, χωρίς όμως να παραγνωρίζει τη σπουδαιότητα που έχουν συνολικά τα κρυπτονομίσματα στην ιστορία και στην εξέλιξη του blockchain. Επιπλέον, αναπτύσσεται το αντικείμενο των Έξυπνων Συμβολαίων (Smart Contracts), τα οποία ως σύλληψη προϋπήρχαν μεν των κρυπτονομισμάτων, όμως η ανάπτυξή τους διαμορφώθηκε καθοριστικά χάρη στο blockchain. Σε αυτήν την επισκόπηση θα αναλυθούν και τα συνακόλουθα νομικά θέματα γενικής φύσεως, καθώς και πιο εξειδικευμένες νομικές προκλήσεις που ανακύπτουν.

Προφανώς, το πεδίο έρευνας της εργασίας είναι αρκετά ευρύ, καθώς επιδιώκεται μία καθολική εξέταση της διείσδυσης του blockchain στην σύγχρονη οικονομία και στον επιχειρηματικό κόσμο. Ανώτερος στόχος είναι να καταδειχθεί ότι πρόκειται για μία τεχνολογία που έχει τεράστια δυναμική, και προοπτική να διαταράξει πλήθος βιομηχανιών, με ό,τι αυτό συνεπάγεται από νομική σκοπιά. Όσον αφορά τις διαθέσιμες πηγές, η ύλη είναι αρκετά μεγάλη κυρίως στον αγγλόφωνο χώρο, αλλά πλέον και στα ελληνικά, συνεπώς ουσιαστική πρόκληση αποτελεί η ταξινόμηση του υλικού και η εξαγωγή ακριβών πληροφοριών.

1.3. Επισκόπηση εργασίας

Η εργασία ακολουθεί μία παραγωγική δομή, δηλαδή από το γενικό στο ειδικό. Αρχικώς αναλύονται το ιστορικό και τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain [Κεφ. 2] και στη συνέχεια γίνεται μια περιπτωσιολογική μελέτη περιπτώσεων (case studies) [Κεφ. 3]. Τα έξυπνα συμβόλαια αναπτύσσονται σε χωριστό κεφάλαιο, καθότι συνιστούν έννοια επαλλάσσουσα και όχι υπάλληλη σε σχέση με το κυρίως αντικείμενο του blockchain [Κεφ. 4]. Κατόπιν θίγονται τα κυριότερα νομικά θέματα που αφορούν τις εφαρμογές του blockchain [Κεφ. 5]. Η εργασία εξετάζει συνοπτικά την προοπτική που έχει η τεχνολογία blockchain στο μέλλον καθώς και προβληματισμούς που σχετίζονται με την περαιτέρω υιοθέτησή του [Κεφ. 6], και ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα [Κεφ. 7].

Η μορφοποίηση της εργασίας ακολουθεί τα πρότυπα και τις οδηγίες που ορίζονται από το Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς, πλην της σύστασης για χρήση του συστήματος αναφορών Harvard, το οποίο εκτιμώ ότι δεν ενδείκνυται για την παρούσα. Βιβλιογραφικά λοιπόν, χρησιμοποιείται το σύστημα Chicago με αναφορές, πλήρεις υποσημειώσεις, και τελικό πίνακα πηγών, με ελληνικά σημεία στίξης.

2. Η Τεχνολογία Blockchain

2.1. Ιστορία του blockchain

Στον απόηχο της οικονομικής κρίσης του 2008, δημοσιεύτηκε η λευκή βίβλος (white paper) με τον τίτλο «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System»⁵. Πρόκειται για ένα ακαδημαϊκό άρθρο που προτείνει μία νέα μορφή χρήματος που ονομάζεται «Bitcoin». Το Bitcoin είναι ένα ψηφιακό νόμισμα που λειτουργεί μέσα από ένα δίκτυο ομότιμων κόμβων (peer-to-peer, P2P), και επιτρέπει online συναλλαγές οι οποίες καταγράφονται σε μία ψηφιακή υποδομή ενός κοινόχρηστου λογιστικού βιβλίου, ή ακριβέστερα σε **τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού** (TKK – Distributed Ledger Technology, DLT). Αυτή η διαδικασία έχει κατά βάση δημόσιο χαρακτήρα και αξιοποιεί πολύ ισχυρά πρότυπα κρυπτογράφησης, εξασφαλίζοντας μέγιστη ασφάλεια. Ακριβώς επειδή το δίκτυο πληρωμών διατηρείται από τους ίδιους τους συναλασσόμενους που επαληθεύουν κάθε συναλλαγή και δεν απαιτείται η μεσολάβηση μίας κεντρικής αρχής που χαιρεί κοινής αποδοχής, το σύστημα αυτό καλείται **αποκεντρωμένο**⁶ (παρακάτω εξηγείται σαφέστερα η λειτουργία αυτού του συστήματος – Κεφ. 2.2).

Ο εμπνευστής αυτού του συστήματος πληρωμών υπογράφει με το ψευδώνυμο Satoshi Nakamoto και η πραγματική του ταυτότητα παραμένει άγνωστη μέχρι σήμερα⁷. Όταν ο Nakamoto δημοσίευσε το white paper, οι πιο πολλές σκέψεις για τη δημιουργία του Bitcoin προϋπήρχαν στο πλαίσιο της επιστημονικής αρθρογραφίας, μεταξύ αυτών και η ιδέα του ψηφιακού χρήματος που δημιουργείται και διανέμεται στους χρήστες που διαθέτουν υπολογιστική ισχύ για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων⁸. Η ιδιοφυία του Nakamoto έγκειται όχι στον σχεδιασμό αυτών των ιδεών, αλλά στο μοναδικό συνδυασμό που

⁵ Nakamoto, Satoshi. «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System». *Bitcoin.org*, 31 Οκτωβρίου 2008. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

⁶ GeeksforGeeks. «Blockchain Structure». GeeksforGeeks, 16 Νοεμβρίου 2022. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://www.geeksforgeeks.org/blockchain-structure/>.

⁷ The Economist. «Who Is Satoshi Nakamoto?» *The Economist*, 3 Νοεμβρίου 2015. <https://www.economist.com/the-economist-explains/2015/11/02/who-is-satoshi-nakamoto>.

⁸ Finley, Clint. «Satoshi Nakamoto Introduced Bitcoin 10 Years Ago. Everything—and Nothing—Has Changed». *WIRED*, 31 Οκτωβρίου 2018. <https://www.wired.com/story/after-10-years-bitcoin-changed-everything-nothing/>.

προτείνει μέσα από μια νέα τεχνολογική υποδομή⁹. Το πρωτόκολλο blockchain¹⁰, όπως το επαναδιατύπωσε ο Nakamoto αποτελεί για πολλούς την πραγματική εφεύρεσή του αφού για πρώτη φορά υπερκέρασε τις αδυναμίες των επιμέρους μηχανισμών¹¹ και κατόρθωσε να δημιουργήσει ένα δίκτυο εμπιστοσύνης χωρίς τη στήριξη σε κάποια κεντρική αρχή.

Στην πραγματικότητα, ακόμη και η οικοδόμηση του Bitcoin επί κρυπτογραφημένων λογιστικών εγγραφών ανάγεται 18 χρόνια νωρίτερα σε μία σειρά επιστημονικών δημοσιεύσεων των Stuart Haber, W. Scott Scornetta¹², και Dave Bayer¹³, οι οποίοι πρώτοι μίλησαν για μία αποκεντρωμένη δομή δεδομένων με ακριβή χρονοσήμανση και κρυπτογραφημένη επισημείωση κάθε νέου δεδομένου που εισάγεται σε αυτήν τη δομή, με πληροφορίες για το προηγούμενο, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργείται μία αλυσίδα σύνδεσης μεταξύ όλων των δεδομένων. Ύστερα από τη δημοσίευση του white paper του Bitcoin που πρώτο απέδειξε ότι τα θεωρητικά κατασκευάσματα των μαθηματικών της δεκαετίας του 1990 τυγχάνουν πραγματικής εφαρμογής, άρχισαν να εμφανίζονται και νέες προτάσεις για blockchains με βελτιωμένα και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Το 2014, ο Ρωσικής καταγωγής Καναδός προγραμματιστής Vitalik Buterin ανακοίνωσε μία νέα πλατφόρμα blockchain, υπό το όνομα Ethereum, με το όραμα να αποτελέσει υποδομή όχι μόνο για συναλλαγές με το αντίστοιχο κρυπτονόμισμα (Ether), αλλά κυρίως ως βάση για αποκεντρωμένες εφαρμογές (Decentralized Apps, dApps) και για την εκτέλεση έξυπνων συμβολαίων (Smart Contracts)¹⁴. Στα αμέσως επόμενα χρόνια δημιουργήθηκαν αμέτρητες πλατφόρμες blockchain, καθεμία από τις οποίες εστιάζει σε ελαφρώς παραλλαγμένες εφαρμογές. Σήμερα, υπάρχουν

⁹ Narayanan, Arvind, και Jeremy Clark. «Bitcoin's Academic Pedigree». *Communications Of the ACM* 60, n.o 12 (27 Νοεμβρίου 2017): 36-45. <https://doi.org/10.1145/3132259>, σελ. 43.

¹⁰ Στο white paper, ο Nakamoto αναγράφει χωριστά τα συνθετικά, δηλαδή ως «Block Chain». Περί το 2016, είχε καταστεί δημοφιλέστερος ο όρος ως μία λέξη. Σχετικώς βλ. Johnsen, Maria. *Blockchain In Digital Marketing: A New Paradigm of Trust*. Maria Johnsen, 2020, σελ 8.

¹¹ Pass, Rafael, Lior Seeman, και Abhi Shelat. «Analysis of the Blockchain Protocol in Asynchronous Networks». *Lecture Notes in Computer Science*, 10 Μαΐου 2016, 643-73. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56614-6_22.

¹² Haber, Stuart, και W. Scott Scornetta. «How To Time-stamp A Digital Document». *Journal Of Cryptology* 3, n.o 2 (1 Ιανουαρίου 1991): 99-111. <https://doi.org/10.1007/bf00196791>.

¹³ Bayer, Dave, Stuart Haber, και W. Scott Scornetta. «Improving The Efficiency and Reliability Of Digital Time-Stamping». En Springer eBooks, 329-34, 1993. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-9323-8_24.

¹⁴ Buterin, Vitalik. «Ethereum Whitepaper». *ethereum.org*, Δεκέμβριος 2014. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://ethereum.org/el/whitepaper/>.

περισσότερες από 1.000 αλυσίδες blockchain¹⁵, με διαφορετικές προσεγγίσεις των τεχνικών προκλήσεων, και περισσότερα από 23.000 κρυπτονομίσματα που λειτουργούν επί αυτών των αλυσίδων¹⁶.

2.2. Ορισμοί, λειτουργία, και βασικά χαρακτηριστικά

Παρά την ευρεία διάδοση του όρου blockchain, δεν υπάρχει κάποιος πρότυπος τεχνικός ορισμός, αλλά γίνεται δεκτό ότι η έννοια περιλαμβάνει κάθε μηχανισμό που παρουσιάζει ομοιότητες με το κατανεμημένο καθολικό του Bitcoin¹⁷. Ο πιο απλός και συνεκτικός ορισμός είναι ότι το blockchain συνιστά μία προηγμένη βάση δεδομένων που διευκολύνει τη διαδικασία αναλλοίωτης εγγραφής συναλλαγών¹⁸, παρακολούθησης δεδομένων¹⁹, και διαμοιρασμού πληροφοριών²⁰ σε ένα δίκτυο υπολογιστών και λειτουργεί αξιοποιώντας μηχανισμούς κρυπτογραφίας για τη χρονική σήμανση και την ασφάλεια των καταγραφών. Στην Ελλάδα, ο Ν. 4961/2022 αρθ 31²¹ ορίζει ως blockchain «είδος τεχνολογίας κατανεμημένου καθολικού που καταγράφει δεδομένα σε συστοιχίες (blocks), οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με χρονολογική σειρά και σχηματίζουν μία αλυσίδα (chain) συναινετικής αποκεντρωμένης και μαθηματικά επαληθεύσιμης φύσης, η οποία βασίζεται κυρίως στην επιστήμη της κρυπτογραφίας».

¹⁵ Du Toit, Danielle. «How Many Blockchains Are There: Unveiling the Ecosystem's Diversity». Coinpaper, 5 Ιανουαρίου 2024. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://coinpaper.com/2977/how-many-blockchains-are-there-unveiling-the-ecosystem-s-diversity>.

¹⁶ Daly, Lyle. «How Many Cryptocurrencies Are There?» The Motley Fool, 20 Νοεμβρίου 2023. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/financials/cryptocurrency-stocks/how-many-cryptocurrencies-are-there/>.

¹⁷ Narayanan, Arvind, και Jeremy Clark. «Bitcoin's Academic Pedigree». Communications Of the ACM 60, n.o 12 (27 Νοεμβρίου 2017): 36-45. <https://doi.org/10.1145/3132259>, σελ. 43.

¹⁸ GeeksforGeeks. «Blockchain Structure». GeeksforGeeks, 16 Νοεμβρίου 2022. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://www.geeksforgeeks.org/blockchain-structure/>.

¹⁹ IBM. «What Is Blockchain?» Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://www.ibm.com/topics/blockchain>.

²⁰ Amazon Web Services, Inc. «What Is Blockchain? - Blockchain Technology Explained». Amazon Web Services. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://aws.amazon.com/what-is/blockchain/>.

²¹ Ν. 4961/2022. Αναδυόμενες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών, ενίσχυση της ψηφιακής διακυβέρνησης και άλλες διατάξεις, ΦΕΚ Τεύχος Α' 146/27 Ιουλίου 2022. https://www.et.gr/api/Download_Small/?fek_pdf=20220100146.

Προκειμένου να γίνουν κατανοητές η αρχιτεκτονική και η λειτουργία του blockchain, είναι απαραίτητο να οριοθετηθούν ορισμένες συναφείς έννοιες.

Μία Τεχνολογία Κατανεμημένου Καθολικού (TKK) στηρίζεται στην δημιουργία ενός **ομότιμου δικτύου** υπολογιστών (peer-to-peer network, P2P). Σε ένα P2P δίκτυο, κάθε συνδεδεμένη συσκευή καλείται **κόμβος** (node) και διαθέτει υπολογιστικούς πόρους (όπως είναι η ισχύς του επεξεργαστή, ή το εύρος δικτύου – bandwidth) στους λοιπούς συμμετέχοντες. Όλοι οι κόμβοι αντιμετωπίζονται ως ισότιμοι, και όλοι μοιράζονται ταυτόχρονα το σύνολο των διαθέσιμων πόρων του δικτύου P2P, δίχως να χρειάζεται ο συντονισμός από έναν κεντρικό υπολογιστή (πχ. έναν server). Κάθε υπολογιστική εργασία που συμβαίνει στο P2P δίκτυο κατακερματίζεται σε όλους τους κόμβους και καθένας διεκπεραιώνει ένα μέρος της, όμως όλοι οι κόμβοι λαμβάνουν το αποτέλεσμα²². Ως εκ τούτου, οι εφαρμογές που λειτουργούν επί ενός P2P δικτύου λέγονται **κατανεμημένες**.

Στην TKK, η έννοια της **κατανομής** αφορά τον ρόλο που διαδραματίζουν οι συμμετέχοντες σε σχέση με την τήρηση Καθολικού. Όλοι οι χρήστες/κόμβοι διαθέτουν ένα αντίγραφο του Καθολικού, δηλαδή του μητρώου λογιστικών εγγραφών όπου καταγράφονται όλες οι συναλλαγές που γίνονται με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας. Τα δεδομένα του Καθολικού αναπαράγονται και κοινοποιούνται σε όλους τους κόμβους ανά τακτά διαστήματα και κατά συγχρονισμένο τρόπο²³.

Ο **αποκεντρωμένος χαρακτήρας** της TKK γίνεται αντιληπτός όταν συγκρίνεται με ένα σύστημα κλασικής οικονομικής συναλλαγής. Σε μία παραδοσιακή συναλλαγή, όπως μία πώληση, τα συναλλασσόμενα μέρη ανταλλάζουν αγαθά για χρήμα, για παράδειγμα το ένα μέρος δίνει το ποδήλατό του και το έτερο μέρος δίνει 100€. Το νόμισμα που χρησιμοποιείται στη συναλλαγή (λχ. δολάριο, λίρα, γεν, ή εν προκειμένω το ευρώ) εκδίδεται από μία Κεντρική Τράπεζα (εν προκειμένω η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα – ΕΚΤ), η οποία εφαρμόζει πολιτικές για την ρύθμιση της κυκλοφορίας του, και εγγυάται

²² Cope, James. «What's a Peer-to-Peer (P2P) Network?» Computerworld, 8 Απριλίου 2002. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.computerworld.com/article/1355655/networking-peer-to-peer-network.html>.

²³ Hayes, Adam. «Blockchain Facts: What Is It, How It Works, and How It Can Be Used». Investopedia, 29 Ιουνίου 2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>.

την αξία του. Όταν δε το χρήμα μεταφέρεται με ηλεκτρονικό τρόπο, τότε συνήθως μεσολαβεί ένας κεντρικός επεξεργαστής πληρωμών, όπως είναι το σύστημα πληρωμών VISA ή MasterCard. Η ΕΚΤ, και η VISA λειτουργούν ως κεντρικές αρχές, ως μεσάζοντες που φροντίζουν για την πραγματική αξία του νομίσματος, για την επικύρωση του συναλλάγματος, και για την περάτωση της μεταφοράς του ποσού²⁴. Αντίθετα, όλες οι συναλλαγές σε κρυπτονομίσματα περνούν μέσα από ένα μεγάλο δίκτυο υπολογιστών που λειτουργεί σαν ένα τεράστιο ψηφιακό λογιστικό βιβλίο (Καθολικό – ledger), στο οποίο έχουν πρόσβαση όλοι οι συμμετέχοντες. Ένας αλγόριθμος απόδειξης επιβεβαιώνει το αληθές των καταγραφών. Έτσι, δεν υπάρχει η ανάγκη για μία κεντρική διαχειριστική δομή που θα επαληθεύσει κάθε συναλλαγή, αφού κάθε συμμετέχων στο δίκτυο (κόμβος – node) λαμβάνει ένα ανανεωμένο ακριβές αντίγραφο του καθολικού ύστερα από την ολοκλήρωση κάθε συναλλαγής²⁵ (κατανομή). Η δε αξία του εκάστοτε κρυπτονομίσματος προκύπτει από την εμπιστοσύνη που προσδίδουν οι συναλλασσόμενοι σε αυτό, υπό συνθήκες απόλυτα ελεύθερης αγοράς. Κύριο προτέρημα της ΤΚΚ είναι η αυξημένη ασφάλεια που παρέχει ως σύστημα, διότι δεν υπάρχει ένα μοναδικό σημείο αποτυχίας (single point of failure, SPOF), όπως είναι ένας κεντρικός διαχειριστής.

Το **blockchain** αποτελεί την πιο διαδεδομένη μορφή ΤΚΚ. Το blockchain που περιέγραψε ο Nakamoto στο white paper του Bitcoin λειτουργεί ως ένας πίνακας καταγραφών που διαρκώς μεγαλώνει. Κάθε καταγραφή λέγεται συστοιχία (block) και περιλαμβάνει μία κρυπτογραφική συνάρτηση (cryptographic hash) του προηγούμενου block, μία ακριβή χρονοσήμανση, και στοιχεία για κάθε νέα συναλλαγή. Εκ σχεδιασμού, κάθε block έχει πληροφορίες για το προηγούμενό του, η ακεραιότητα των οποίων διασφαλίζεται με ψηφιακή υπογραφή²⁶. Επομένως, με κάθε καινούργιο block δημιουργείται μία αλυσίδα συστοιχιών όπου τελικά ανάγεται στο πρώτο block (Genesis Block, Block 0)²⁷. Αυτό το

²⁴ Techquickie. «How Does Bitcoin Work?», 30 Ιανουαρίου 2018. <https://youtu.be/L-Qhv8kLESY>.

²⁵ Majaski, Christina. «Distributed Ledgers: Definition, How They're Used, and Potential». Investopedia, 15 Ιουνίου 2023. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/terms/d/distributed-ledgers.asp>.

²⁶ Knirsch, Fabian, Andreas Unterweger, και Dominik Engel. «Implementing a Blockchain from Scratch: Why, How, and What We Learned». *EURASIP Journal on Information Security* 2019, n.º 1 (11 Μαρτίου 2019). <https://doi.org/10.1186/s13635-019-0085-3>.

²⁷ Tardi, Carla. «Genesis Block: Bitcoin Definition, Mysteries, and Secret Message». Investopedia, 8 Μαΐου 2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/terms/g/genesis-block.asp>.

χαρακτηριστικό εξασφαλίζει ότι εφόσον αποτυπωθεί μία συναλλαγή σε block, η καταγραφή δεν γίνεται να αλλοιωθεί εκ των υστέρων, αφού αυτό θα επηρέαζε όλα τα επόμενα blocks²⁸.

Κρίσιμο στοιχείο του blockchain είναι ο τρόπος που οι χρήστες/κόμβοι καλούνται να συμφωνήσουν για την μεταγραφή ενός νέου block στο αντίγραφο του καθολικού που διατηρούν. Δεδομένου ότι οι συναλλαγές δεν καταγράφονται σε ένα μοναδικό επίσημο καθολικό, αλλά αναπαράγονται στα καθολικά όλων των συμμετεχόντων, κανένα αντίγραφο δεν έχει μεγαλύτερο βαθμό αυθεντίας. Επομένως, όλοι οι χρήστες αποδέχονται έναν **μηχανισμό συναίνεσης** όπου από κοινού (ή πλειοψηφικά) επιβεβαιώνεται η ακρίβεια ενός νέου block και αυτό αναπαράγεται στα καθολικά όλων των κόμβων. Η επικύρωση των συναλλαγών γίνεται από συγκεκριμένους συμμετέχοντες στο δίκτυο, που αναλαμβάνουν την εξέταση ενός νέου block. Έτσι, με κάθε νέα συναλλαγή κάποιος συμμετέχων στο blockchain προσφέρει την υπολογιστική ισχύ της συσκευής του για να επιλύσει ένα σύνθετο μαθηματικό πρόβλημα που επιτρέπει στην κρυπτογράφηση των πληροφοριών του block. Μόλις ολοκληρωθεί η επίλυση του προβλήματος, το block λαμβάνει την χρονοσήμανσή του και προτείνεται προς προσθήκη στην αλυσίδα.

Ο συμμετέχων που διέθεσε τις υπολογιστικές δυνατότητες της συσκευής του σε αυτήν την εργασία ανταμείβεται με νέα κρυπτονομίσματα που δημιουργούνται εκείνη τη στιγμή για να του αποδοθούν στο ηλεκτρονικό πορτοφόλι του. Αυτή η δημιουργία νέων κρυπτονομισμάτων παραλληλίζεται με την εξόρυξη πολύτιμων μετάλλων, γι' αυτό οι συγκεκριμένοι χρήστες του blockchain ονομάζονται μεταλλωρύχοι ή εξορύκτες²⁹ (**miners**), και η διαδικασία επικύρωσης ονομάζεται εξόρυξη (**mining**)³⁰. Μάλιστα, η ύπαρξη κινήτρου για το mining, σημαίνει ότι περισσότεροι miners ανταγωνίζονται μεταξύ τους,

²⁸ GeeksforGeeks. «Blockchain Structure». GeeksforGeeks, 16 Νοεμβρίου 2022. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://www.geeksforgeeks.org/blockchain-structure/>.

²⁹ Ο όρος «εξορύκτες» στην ελληνική βιβλιογραφία χρησιμοποιείται από τον Λεωνίδα Κανέλλο, βλ. ενδεικτικά Κανέλλος, Λεωνίδας. *Smart Contracts: Νομικές Προκλήσεις και Επιχειρηματικές Προοπτικές*. Νομική Βιβλιοθήκη, 2022, σελ 30. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται κυρίως ο όρος 'miners'.

³⁰ GeeksforGeeks, «Candidate Block in Blockchain», GeeksforGeeks, 11 Μαΐου 2022, Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024, <https://www.geeksforgeeks.org/candidate-block-in-blockchain/>

για την επικύρωση του ίδιου block, με την αμοιβή να αποδίδεται σε εκείνον τον miner που θα κατορθώσει πρώτος να επιλύσει το μαθηματικό πρόβλημα.

Ο μηχανισμός συναίνεσης που χρησιμοποιείται για να αποδειχθεί ποιος miner κατόρθωσε πράγματι να επικυρώσει πρώτος ένα συγκεκριμένο block, ονομάζεται **Proof of Work (PoW)**. Οι πιθανότητες να επιλεγεί ένας miner από το σύστημα αυξάνονται ανάλογα με την υπολογιστική ισχύ που διαθέτει κάθε miner. Η δυσκολία εξόρυξης διαρκώς αυξάνεται με αποτέλεσμα να απαιτείται ολοένα και περισσότερη ισχύς για την προσθήκη νέων blocks. Δεν αποκλείεται περισσότεροι miners να συνεργάζονται για την επικύρωση του ίδιου block, λαμβάνοντας τελικά ο καθένας ένα μέρος της αμοιβής. Πρέπει δε να αναφερθεί ότι αυτός ο μηχανισμός απαιτεί αρκετό χρόνο, με αποτέλεσμα το πλήθος των συναλλαγών που μπορούν να γίνουν σε ένα δεδομένο διάστημα να είναι σχετικά μικρό, ιδιαίτερα σε σύγκριση με παραδοσιακά συστήματα πληρωμών. Έτσι, σε κάποια blockchains έχουν αναπτυχθεί και άλλοι μηχανισμοί συναίνεσης, όπως το **Proof of Stake (PoS)**. Πρόκειται για έναν αλγόριθμο που καλεί τους επικυρωτές³¹ (validators) να διαθέσουν προσωρινά (να ποντάρουν – stake) μερικά από τα κρυπτονομίσματα που διαθέτουν, ώστε να επαληθευτεί ένα block. Η επιλογή ενός επικυρωτή γίνεται με βάση πόσα κρυπτονομίσματα πόνταρε³².

Στο σημείο αυτό, πρέπει να επισημανθεί ότι κάθε block σε μία αλυσίδα blockchain μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερες από μία συναλλαγές, οι οποίες τίθενται ταυτόχρονα προς επικύρωση από το δίκτυο των κόμβων. Επίσης, ο όρος συναλλαγή χρησιμοποιείται εν ευρεία εννοία, αφού δεν πρόκειται πάντοτε για συναλλαγές, δηλαδή μεταφορά κάποιας αξίας από έναν χρήστη σε έναν άλλον. Ένα block συγκεντρώνει μια σειρά από καταγραφές δεδομένων. Σε αυτά μπορεί να περιλαμβάνονται πληροφορίες, κώδικας, οικονομικής φύσεως συναλλαγές, και σχεδόν παντός είδους ψηφιακά αρχεία. Η μεταφορά αυτών των δεδομένων στο blockchain θα χαρακτηριστεί συναλλαγή, ακόμη κι αν δεν είναι από οικονομική άποψη τέτοια.

³¹ Όταν ένα blockchain χρησιμοποιεί μηχανισμό συναίνεσης Proof of Stake, τότε οι χρήστες που πραγματοποιούν την επικύρωση καλούνται επικυρωτές (validators), και όχι miners.

³² Investopedia Team. «What Does Proof-of-Stake (PoS) Mean in Crypto?» Investopedia, 13 Ιουνίου 2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/terms/p/proof-stake-pos.asp>.

Το κυριότερο ελάττωμα –και σημείο έντονης κριτικής– του blockchain, είναι το ενεργειακό κόστος. Η λειτουργία των μηχανισμών συναίνεσης Proof of Work απαιτεί πολύ μεγάλη υπολογιστική ισχύ, η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση ενεργοβόρου λογισμικού, ικανού να επιλύσει τα αυξανόμενης δυσκολίας μαθηματικά προβλήματα. Μόνο το 2021, το Bitcoin χρειάστηκε 121TWh για να λειτουργήσει η αλυσίδα του. Αυτή η ποσότητα ενέργειας ξεπερνά τη συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας μεγάλων κρατών όπως η Αργεντινή. Σήμερα το μέγεθος αυτό αγγίζει κατ' εκτίμηση τις 172TWh ανά έτος³³. Μία συναλλαγή με Bitcoin απαιτεί περισσότερες από 700KWh δηλαδή περίπου όση ενέργεια καταναλώνει ένα νοικοκυριό στις ΗΠΑ σε 24 ημέρες, και εκλύει κατά μέσο όρο 300kg CO₂ επιπλέον στην ατμόσφαιρα, δηλαδή περίπου όσο 750.000 συναλλαγές με κάρτα στο δίκτυο της VISA³⁴. Τα στοιχεία είναι πιο ενθαρρυντικά όσον αφορά τα blockchains που χρησιμοποιούν μηχανισμό Proof of Stake. Συνεκτιμώντας τον τεράστιο όγκο συναλλαγών που γίνονται σε αυτά, τη βελτιούμενη τεχνολογία τους, και την ποικιλία χρήσεων, το ενεργειακό αποτύπωμα των Proof of Stake blockchains είναι παρόμοιο με εκείνο των παραδοσιακών συστημάτων πληρωμών³⁵.

Παρά τη διαφάνεια και τη φαινομενική αμεταβλητότητα του blockchain, το σύστημα έχει ένα αρκετά ευάλωτο σημείο. Ο μηχανισμός συναίνεσης επιλέγει τον κατάλληλο miner ή επικυρωτή ανάλογα με τη διαθέσιμη υπολογιστική ισχύ εκείνη τη στιγμή. Θεωρητικά, ένας επιτήδειος miner μπορεί να διαθέσει τεράστιους πόρους υλισμικού και να συγκεντρώσει τόσο μεγάλη δύναμη, μεγαλύτερη του 50% της συνολικής ισχύος ενός blockchain, ώστε πρακτικά να εξασφαλίσει ότι πάντοτε θα επιλέγεται εκείνος για την επικύρωση των blocks. Από εκείνη τη στιγμή θα είναι ικανός να αλλοιώνει το περιεχόμενο κάθε νέου block, χωρίς να μπορεί αυτό να απορριφθεί από τους λοιπούς χρήστες, αφού το σύστημα θα θεωρεί ότι περισσότερο από το 50% των χρηστών εγκρίνουν την επαλήθευση του block. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό ως «Επίθεση του 51%» (51% Attack). Ο

³³ Statista. «Global Bitcoin (BTC) Energy Consumption up to June 20, 2024», 21 Ιουνίου 2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.statista.com/statistics/881472/worldwide-bitcoin-energy-consumption/>.

³⁴ Ponciano, Jonathan. «Bill Gates Sounds Alarm on Bitcoin's Energy Consumption—Here's Why Crypto Is Bad for Climate Change». *Forbes*, 1 Μαΐου 2021. <https://www.forbes.com/sites/jonathanponciano/2021/03/09/bill-gates-bitcoin-crypto-climate-change/>.

³⁵ Jones, Jonathan Spencer. «Proof-of-stake Blockchains – Not All Are Equal». Smart Energy International, 13 Σεπτεμβρίου 2021. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/new-technology/proof-of-stake-blockchains-not-all-are-equal/>.

επιτιθέμενος θα μπορεί να μολύνει την αλυσίδα με ανακριβή blocks, κλονίζοντας την αξιοπιστία της, ή χειρότερα, να προβεί σε «διπλή δαπάνη» (Double-Spending), δηλαδή να χρησιμοποιήσει τα ίδια νομίσματα για περισσότερες από μία συναλλαγές, διαλύοντας έτσι την αξία του αντίστοιχου κρυπτονομίσματος. Στα μεγαλύτερα blockchains, όπως σε εκείνο του Bitcoin, ή στο Ethereum, μια τέτοια επίθεση είναι ελάχιστα πιθανή, καθώς το κόστος απόκτησης του υλισμικού για να πετύχει μία επίθεση θα ήταν δυσθεώρητο ακόμη και για έναν πλούσιο οργανισμό, ο χρόνος που θα απαιτείτο για την επίθεση θα ήταν πολύ μεγάλος, και σίγουρα το κόστος της ενέργειας που θα χρειαζόταν για να επιτευχθεί τέτοια υπολογιστική ισχύς θα καθιστούσε ασύμφορη την επίθεση³⁶.

Συνοπτικά λοιπόν, το blockchain είναι μία προηγμένη τεχνολογία κατανεμημένης τήρησης καταγραφών, που λειτουργεί αποκεντρωμένα, αδιάβλητα, και με ασφάλεια. Ωστόσο, διαθέτει και σημαντικά μειονεκτήματα, με κυριότερα τον πολύ μεγάλο ενεργειακό αντίκτυπο και την απειλή επίθεσης του 51%.

2.3. Είδη αλυσίδων blockchain

Κάθε blockchain, μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με τις εφαρμογές και το ιδιοκτησιακό καθεστώς του. Η πιο διαδεδομένη διάκριση είναι μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών blockchains. Η πιο απλή μορφή ενός blockchain είναι η δημοσίως προσβάσιμη αλυσίδα. Το **δημόσιο blockchain** έχει κατασκευαστεί με λογισμικό ανοιχτού κώδικα (open-source), είναι πλήρως κατανεμημένο και αποκεντρωμένο, και δεν θέτει περιορισμούς σε κανέναν συμμετέχοντα κόμβο. Όλες οι συναλλαγές, σε όλα τα blocks είναι φανερές και η συμμετοχή στην επικύρωση και στον μηχανισμό συναίνεσης επιτρέπεται σε κάθε κόμβο³⁷. Ένα δημόσιο blockchain λοιπόν, εξασφαλίζει διαφάνεια και ασφάλεια συναλλαγών. Ορισμένες δε δημόσιες αλυσίδες, προστατεύουν και την ταυτότητα των χρηστών, διατηρώντας την ανωνυμία (ή το ψευδώνυμο), αφού οι κόμβοι

³⁶ Barwikowski, Bartosz. «51% Attack: The Concept, Risks & Prevention». Hacken, 29 Ιουνίου 2023. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://hacken.io/discover/51-percent-attack/>.

³⁷ Mukherjee, Pratyusa, και Chittaranjan Pradhan. «Blockchain 1.0 To Blockchain 4.0—The Evolutionary Transformation of Blockchain Technology». Σε *Intelligent Systems Reference Library*, 29-49, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69395-4_3, σελ. 35

δεν ταυτοποιούνται κατ' όνομα, παρά μόνο με βάση το κρυπτογραφικό κλειδί τους. Οι πιο γνωστές δημόσιες αλυσίδες είναι εκείνες του Bitcoin, του Ethereum, και του Litecoin.

Στον αντίποδα, ένα **ιδιωτικό blockchain**, μολονότι λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο, δεν είναι ελεύθερα προσβάσιμο σε όλους. Το δίκτυο είναι κλειστό, περιορισμένο, και ελεγχόμενο από μία κεντρική αρχή. Η συμμετοχή ενός νέου κόμβου στο δίκτυο γίνεται με την άδεια αυτής της κεντρικής αρχής και ύστερα από ταυτοποίηση του εκάστοτε κόμβου. Συνεπώς ελλείπει πλήρως το στοιχείο της ανωνυμίας, όμως ενισχύεται η αμεταβλητότητα. Η επικύρωση των blocks ελέγχεται μόνο από την κεντρική αρχή ή από εξουσιοδοτημένους κόμβους και το περιεχόμενο των blocks ενδέχεται να μην είναι ορατό από όλους τους κόμβους³⁸. Σε ένα ιδιωτικό blockchain η κατανομή δεν είναι ίδια για όλους τους χρήστες και αμφισβητείται ο αποκεντρωμένος χαρακτήρας της τεχνολογίας.

Συναφής, αλλά όχι κατ' ανάγκη ταυτόσημη είναι η διάκριση σε blockchains με άδεια (**permissioned**) και άνευ άδειας (**permissionless**) συμμετοχής. Ένα blockchain που απαιτεί άδεια για συμμετοχή, δεν είναι κατ' ανάγκη ιδιωτικό³⁹, και αντίστοιχα, υπάρχουν blockchains που είναι μεν δημόσια, όμως η συμμετοχή των κόμβων απαιτεί προηγούμενη άδεια ή πρόσκληση από κάποιον ήδη συμμετέχοντα⁴⁰.

Ένας ιδιαίτερος τύπος blockchain είναι το κοινοπρακτικό (**consortium**), όπου πολλαπλοί οργανισμοί από κοινού ελέγχουν και διαχειρίζονται το δίκτυο⁴¹. Πρόκειται για μια προσπάθεια συγκερασμού των πλεονεκτημάτων μίας ιδιωτικής αλυσίδας, όπου όλοι οι κόμβοι είναι γνωστοί και προκρίνεται η αποτελεσματικότητα, χωρίς όμως να χάνεται εντελώς ο αποκεντρωμένος χαρακτήρας. Με το ίδιο σκεπτικό έχουν επινοηθεί και τα

³⁸ Seth, Shobhit. «Public, Private, and Permissioned Blockchains Compared». Investopedia, 11 Μαΐου 2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/news/public-private-permissioned-blockchains-compared/>.

³⁹ Seth, Shobhit. «Public, Private, and Permissioned Blockchains Compared». Investopedia, 11 Μαΐου 2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/news/public-private-permissioned-blockchains-compared/>.

⁴⁰ Carlyle, James. «How “Public-permissioned” Blockchains Are Not an Oxymoron.» *Medium*, 13 Δεκεμβρίου 2021. <https://medium.com/inside-r3/how-public-permissioned-blockchains-are-not-an-oxymoron-6536c95f957f>.

⁴¹ Mukherjee, Pratyusa, και Chittaranjan Pradhan. «Blockchain 1.0 To Blockchain 4.0—The Evolutionary Transformation of Blockchain Technology». Σε *Intelligent Systems Reference Library*, 29-49, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69395-4_3, σελ. 36

υβριδικά (**hybrid**) blockchains. Αυτά συνδυάζουν στοιχεία δημόσιων και ιδιωτικών blockchains. Για παράδειγμα, ορισμένα δεδομένα αποθηκεύονται σε ένα ιδιωτικό blockchain, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι θα παραμείνουν απόρρητα, όμως σε κάθε εγγραφή προστίθεται ένα «αποτύπωμα» που καταγράφεται σε ένα δημόσιο blockchain. Έτσι, μπορεί ανά πάσα στιγμή να διασταυρωθεί η εγκυρότητα των δεδομένων της ιδιωτικής αλυσίδας, συγκρίνοντας τις πληροφορίες της με το «αποτύπωμα» που καταγράφηκε στη δημόσια⁴².

2.4. Η γενεαλογική εξέλιξη της τεχνολογίας blockchain

Το Bitcoin υπήρξε η πρώτη πρακτική εφαρμογή επί τεχνολογίας κατακευματισμένου καθολικού (TKK), ουσιαστικά εισάγοντας έναν καινοτόμο τρόπο πληρωμών με πλεονεκτήματα επί των παραδοσιακών συστημάτων πληρωμών. Σε αυτήν την αρχική έκφραση, το Bitcoin έγινε συνώνυμο του «διαδικτυακού χρήματος» και το blockchain υπήρξε η πλατφόρμα υποστήριξης των συναλλαγών με κρυπτονομίσμα. Έτσι, η λεγόμενη πρώτη γενιά του blockchain (**Blockchain 1.0**) συνδέθηκε άρρηκτα με τα κρυπτονομίσματα⁴³.

Η δεύτερη γενιά του blockchain (**Blockchain 2.0**) ξεκινάει με την εφεύρεση του Ethereum από τον Vitalik Buterin. Το blockchain με το όνομα Ethereum, κατασκευάστηκε με σκοπό να ξεπεράσει τα εγγενή μειονεκτήματα του Bitcoin, ιδίως το ενεργειακό κόστος και την καθυστέρηση στην εκτέλεση των συναλλαγών. Το Ethereum ως blockchain διαθέτει το δικό του νόμισμα ονόματι Ether, όμως έχει οικοδομηθεί όχι απλώς ως συναλλακτική πλατφόρμα, αλλά ως μέσο εκτέλεσης έξυπνων συμβολαίων και συναφών αποκεντρωμένων εφαρμογών (dApps). Και πράγματι, σε σύγκριση με το Blockchain 1.0, η δεύτερη γενιά είναι συνολικά πιο αποτελεσματική και πιο γρήγορη⁴⁴, όμως εξακολουθεί

⁴² Dock. «Public vs. Private Blockchains: Which Is Better?», 11 Ιουλίου 2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.dock.io/post/public-vs-private-blockchains>.

⁴³ Mukherjee, Pratyusa, και Chittaranjan Pradhan. «Blockchain 1.0 To Blockchain 4.0—The Evolutionary Transformation of Blockchain Technology». Σε *Intelligent Systems Reference Library*, 29-49, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69395-4_3, σελ. 37-38.

⁴⁴ Hamdi, Ahlem, Lamia Fourati, και Samiha Ayed. «Vulnerabilities and Attacks Assessments in Blockchain 1.0, 2.0 and 3.0: Tools, Analysis and Countermeasures». *International Journal of Information Security* 23, n.o 2 (14 Οκτωβρίου 2023): 713-57. <https://doi.org/10.1007/s10207-023-00765-0>.

να παρουσιάζει αδυναμίες ως προς την ταχύτητα επεξεργασίας των συναλλαγών και άλλα ζητήματα ασφαλείας⁴⁵.

Η αναβαθμισμένη εκδοχή του Blockchain 2.0 καλείται **Blockchain 3.0** και αποσκοπεί στην αντιμετώπιση των ζητημάτων μεγέθυνσης, βιωσιμότητας, ασφάλειας, κόστους, και διαλειτουργικότητας που η δεύτερη γενιά δεν μπόρεσε να υπερπηδήσει⁴⁶. Μέσα από την ενίσχυση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας, το blockchain τρίτης γενιάς ουσιαστικά αναφέρεται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών που ξεφεύγουν από το αρχικό πεδίο των ηλεκτρονικών συναλλαγών και αφορούν καθημερινές ενέργειες και διευκολύνσεις σε πολλούς τομείς δραστηριότητας. Η παρούσα εργασία εξετάζει ορισμένες εφαρμογές των Blockchain 2.0 και Blockchain 3.0.

Η συζήτηση για τις γενιές του blockchain συνεχίζεται με ακαδημαϊκούς και θιασώτες της τεχνολογίας να κάνουν λόγο για τις επόμενες γενιές. Το **Blockchain 4.0**, ορίζεται ως το blockchain που έχει ξεπεράσει όλα τα προβλήματα των προηγούμενων γενεών και εστιάζει στην ευελιξία και στην καθολική υιοθέτηση από παντός είδους επιχειρήσεις, και μάλιστα αυτό γίνεται μέσα από παρόχους υπηρεσιών Blockchain σαν εμπορικό μοντέλο (Blockchain as a service, BaaS)⁴⁷. Το **Blockchain 5.0** απευθύνεται σε μελλοντικές εφαρμογές της τεχνολογίας. Η γενιά αυτή συσχετίζει το blockchain με την τεχνητή νοημοσύνη και με το Web 3.0. Η startup εταιρεία Relictum Pro διαφημίζει το δικό της blockchain ως Blockchain 5.0, ισχυριζόμενη ότι αυτή η τόσο εξελιγμένη γενιά, αποτελεί όχι απλώς εναλλακτική για τις διάφορες εφαρμογές της τεχνολογίας, αλλά και την πιο βιώσιμη και οικονομική λύση⁴⁸. Η αρίθμηση των γενεών πέραν αυτής φαίνεται να μην μεταφράζεται πλέον σε

⁴⁵ Peng, Kai, Meijun Li, Haojun Huang, Chen Wang, Shaohua Wan, και Kim-Kwang Raymond Choo. «Security Challenges and Opportunities for Smart Contracts in Internet of Things: A Survey». *IEEE Internet Of Things Journal* 8, n.o 15 (1 Αυγούστου 2021): 12004-20. <https://doi.org/10.1109/jiot.2021.3074544>.

⁴⁶ Hamdi, Ahlem, Lamia Fourati, και Samiha Ayed. «Vulnerabilities and Attacks Assessments in Blockchain 1.0, 2.0 and 3.0: Tools, Analysis and Countermeasures». *International Journal of Information Security* 23, n.o 2 (14 Οκτωβρίου 2023): 713-57. <https://doi.org/10.1007/s10207-023-00765-0>.

⁴⁷ Hamdi, Ahlem, Lamia Fourati, και Samiha Ayed. «Vulnerabilities and Attacks Assessments in Blockchain 1.0, 2.0 and 3.0: Tools, Analysis and Countermeasures». *International Journal of Information Security* 23, n.o 2 (14 Οκτωβρίου 2023): 713-57. <https://doi.org/10.1007/s10207-023-00765-0>.

⁴⁸ Luthra, Evan Singh. «What the Emergence of Blockchain 5.0 Means for Business Managers and Entrepreneurs». *Forbes*, 24 Φεβρουαρίου 2020. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2019/11/14/what-the-emergence-of-blockchain-5-0-means-for-business-managers-and-entrepreneurs/>.

πραγματικά καινούργιες ιδιότητες, αλλά σε βελτίωση των ήδη υπαρχουσών, κατά συνέπεια, δεν αποκλείεται για λόγους marketing πλέον, να γίνονται αναφορές και σε blockchains επόμενων γενεών, χωρίς επιστημονικό αντίκρισμα.

3. Case studies εφαρμογών του Blockchain

Η τεχνολογία blockchain, χάρη στα χαρακτηριστικά της κατανομής, της διαφάνειας, και της αμεταβλητότητας, προσφέρει λύσεις σε πολλές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες βιομηχανίες. Η δυνατότητα για ασφαλείς και επαληθεύσιμες συναλλαγές χωρίς την ανάγκη για μεσάζοντες καθιστά το blockchain ιδανική τεχνολογία για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Κάθε γενιά του blockchain έχει εισαγάγει νέες λειτουργικότητες και έχει διευρύνει το πεδίο και τις δυνητικές εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας. Η δυναμική του blockchain είναι τεράστια και πολύπλευρη.

Σε αυτό το κεφάλαιο, εξετάζονται ποικίλες περιπτώσεις πρακτικών εφαρμογών του blockchain σε διαφορετικούς κλάδους. Συγκεκριμένα, διερευνάται η χρήση του στην διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, στην υγειονομική περίθαλψη, στην ηλεκτρονική ψηφοφορία, και στη διαχείριση ψηφιακών (κρυπτο-)αγαθών. Ακόμη, παρατίθεται μία σειρά από νομικές ενέργειες που μπορούν να βελτιωθούν με τη χρήση του blockchain. Κάθε case study αναδεικνύει πώς τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του blockchain, όπως η αυξημένη ασφάλεια, η βελτιωμένη διαφάνεια, και το μειωμένο λειτουργικό κόστος – ύστερα από την τρίτη γενιά– αξιοποιούνται για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων και τη δημιουργία νέων ευκαιριών.

3.1. Διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας

3.1.1. Το πρόβλημα: Οι αδυναμίες της εφοδιαστικής αλυσίδας

Στον τομέα της Επιμελητείας ή Εφοδιαστικής (logistics), Εφοδιαστική Αλυσίδα (supply chain) ονομάζεται το σύνθετο δίκτυο εγκαταστάσεων και συστημάτων που αναλαμβάνουν τη συλλογή των πρώτων υλών και τη μετατροπή τους σε ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα, καθώς και τη διανομή αυτών των προϊόντων στους τελικούς καταναλωτές⁴⁹. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μια διαδικασία που απαιτεί ακριβή σχεδιασμό, άψογη συνεννόηση μεταξύ προμηθευτών, εμπόρων, και μεταπωλητών, και ομοιογένεια στον τρόπο παρακολούθησης των αγαθών μεταξύ των διαφόρων σταδίων στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος. Η εφοδιαστική αλυσίδα προϋποθέτει

⁴⁹ Lutkevich, Ben. «Supply Chain». TechTarget WhatIs, 2 Ιουνίου 2021. Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/supply-chain>.

συνεργασία μεταξύ πολλαπλών επιχειρήσεων και οργανισμών που πιθανότατα υιοθετούν τα δικά τους μέτρα και πρότυπα, μπορεί δε να εκτείνεται και σε διαφορετικούς τόπους, που σημαίνει ότι η διατήρηση των αγαθών ξεπερνά εδαφικούς περιορισμούς και πρέπει να συμμορφώνεται με τις κανονιστικές επιταγές όλων των επικρατειών. Ως εκ τούτου, η οργάνωση και διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι κοπιώδης και ακριβή. Σε κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας πρέπει να υπάρχουν αποδείξεις που ιχνηλατούν όλη την πορεία ενός αγαθού. Αυτές οι αποδείξεις συχνά παράγονται εγγράφως, δηλαδή τα αγαθά συνοδεύονται από κατάλληλα έγγραφα που επαληθεύουν την προέλευσή τους. Τόσο τα εμπλεκόμενα μέρη, όσο και οι αρμόδιες αρχές χρειάζονται τέτοια έντυπα για να πιστοποιούν την ορθή λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας και την τήρηση τυχόν νομικών δεσμεύσεων. Ο ανθρώπινος παράγοντας δυσχεραίνει περισσότερο την κατάσταση, αφού καθιστά το δίκτυο επιρρεπές σε λάθη ή απάτες που προκαλούν καθυστερήσεις και αυξάνουν το κόστος δημιουργώντας επιπλέον έξοδα επίλυσης των διαφορών. Συνολικά το βάρος των αδυναμιών μίας εφοδιαστικής αλυσίδας μετακυλιέται στον τελικό καταναλωτή.

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ήδη περιλαμβάνει τη χρήση προγραμμάτων ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού (Enterprise Resource Planning, ERP), και ανάλογα με τη φύση κάθε προϊόντος, αισθητήρες, RFID chips, τεχνολογία GPS, ή άλλα ψηφιακά μέσα. Ωστόσο, αυτή η σχετική ψηφιοποίηση δεν απαντά στο πρόβλημα της πολυδιάσπασης μεταξύ των πολλαπλών εμπλεκόμενων και σίγουρα δεν ευνοεί την ιχνηλασιμότητα και τη διαφάνεια.

3.1.2. Η λύση: Το blockchain ως ένα νέο σύστημα καταγραφών

Η υιοθέτηση του blockchain στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας προαναγγέλλει ότι θα ενοποιήσει τις διαδικασίες, επιτυγχάνοντας ασφάλεια, ταχύτητα, ευελιξία, μείωση κινδύνων, λογοδοσία, και διαφάνεια⁵⁰. Το blockchain δεν θα αντικαταστήσει τα υπάρχοντα συστήματα, τα οποία άλλωστε παρέχουν και συμπληρωματικές λειτουργίες

⁵⁰ Tönnissen, Stefan, και Frank Teuteberg. «Analysing the Impact of Blockchain-technology for Operations and Supply Chain Management: An Explanatory Model Drawn from Multiple Case Studies». *International Journal of Information Management* 52 (1 Ιουνίου 2020): 101953. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.009>.

όπως η τιμολόγηση, αλλά θα συνυπάρξει με αυτά μέσω διεπαφής που θα δημιουργεί blocks για κάθε κίνηση στη ροή της αλυσίδας⁵¹.

Ο τρόπος που λειτουργεί το blockchain χαρακτηρίζεται από το στοιχείο της αμεταβλητότητας. Μέσα από την ψηφιοποίηση και την καταγραφή στο blockchain των μετακινήσεων επί των αγαθών μιας εφοδιαστικής αλυσίδας, κάθε ενέργεια λαμβάνει μία μοναδική χρονική σήμανση και έναν απαραβίαστο κωδικό που περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, (όπως ημερομηνία, τοποθεσία, αξία, ποιότητα, πιστοποιήσεις). Από τον παραγωγό της πρώτης ύλης, τους προμηθευτές, τους εμπόρους, και μέχρι τον τελικό καταναλωτή, η ροή των αγαθών μπορεί να αποτυπωθεί στο blockchain δημιουργώντας ένα σύνολο διαφανών καταγραφών που μπορεί να ιχνηλατηθεί από το τέλος μέχρι την αρχή, και τυγχάνει αποδοχής από όλους. Κάθε εμπλεκόμενος στην εφοδιαστική αλυσίδα αναλαμβάνει τον ρόλο ενός κόμβου της αλυσίδας και όλοι από κοινού έχουν συμφωνήσει σε έναν μηχανισμό συναίνεσης που τους επιτρέπει να δέχονται και να εμπιστεύονται τις καταγραφές στο blockchain. Ασφαλώς ένα τέτοιο σύστημα προϋποθέτει τη χρήση ενός ιδιωτικού ή έστω ενός blockchain με άδεια (permissioned), αφού πρέπει να διαπιστωθεί η ταυτότητα και η θέση κάθε κόμβου στο σύστημα.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της εισαγωγής του blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι τα εξής⁵²:

1. **Ενισχυμένη Διαφάνεια:** Η αποθήκευση στο blockchain όλων των πληροφοριών για τις ροές των αγαθών της εφοδιαστικής αλυσίδας, συνεπάγεται δυνατότητα πλήρους ανίχνευσης κάθε φάσης της παραγωγής, και αυξάνει την εμπιστοσύνη μεταξύ των συνεργαζόμενων μερών, τα οποία μπορούν ανά πάσα στιγμή να ανατρέξουν στο blockchain για να αναζητήσουν προηγούμενες εγγραφές. Το blockchain εγγυάται ότι οι προηγούμενες καταγραφές παραμένουν αναλλοίωτες και είναι ίδιες όπως τη στιγμή που δημιουργήθηκαν.

⁵¹ Gaur, Vishal. «Building a Transparent Supply Chain». Harvard Business Review, 14 Απριλίου 2020. Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://hbr.org/2020/05/building-a-transparent-supply-chain>.

⁵² Di Francesco Maesa, Damiano, και Paolo Mori. «Blockchain 3.0 Applications Survey». *Journal of Parallel and Distributed Computing* 138 (1 Απριλίου 2020): 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019>.

2. **Ευκολότερος Έλεγχος:** Κάθε νέος παίκτης της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να προσκληθεί στο σχετικό blockchain και να αποκτήσει πρόσβαση σε όλες τις μέχρι τότε καταγραφές, χωρίς να πρέπει να δαπανήσει επιπλέον πόρους για την επαλήθευση της ορθότητας των εγγραφών. Η επαλήθευση έχει ήδη γίνει κατά τη διενέργεια της επικύρωσης κάθε νέου block, επομένως, όλες οι πληροφορίες στο blockchain είναι αληθείς και ακριβείς. Ασφαλώς αυτό επιτρέπει και στις αρμόδιες εποπτικές αρχές να πραγματοποιούν γρήγορους και αποτελεσματικούς ελέγχους.
3. **Αυξημένη Ταχύτητα και Μείωση Διαταραχών:** Η εφοδιαστική αλυσίδα είναι ιδιαίτερα επιρρεπής σε διαταραχές που μπορεί να οδηγήσουν σε απρόβλεπτες και παρατεταμένες καθυστερήσεις. Το όλο σύστημα μπορεί να κλονιστεί εξαιτίας μίας και μόνο αστοχίας, μιας και εμπλέκεται πλήθος δρώντων σε όλες τις φάσεις της παραγωγής. Η κακή συνεννόηση και η έλλειψη ορατότητας μεταξύ των σταδίων μίας ροής συνιστούν προβλήματα που χρειάζονται ομαδική προσπάθεια, ή κεντρικό συντονισμό. Όμως η καθετοποίηση όλης της παραγωγής ή η συμφωνία σε μία κεντρική αρχή που θα παρακολουθεί την εφοδιαστική αλυσίδα δεν αποτελούν ρεαλιστικές προτάσεις. Υπό αυτές τις συνθήκες, το blockchain μπορεί να δώσει μία πιο πρακτική λύση που θα επιτρέπει σε κάθε εταιρεία να λαμβάνει ξεχωριστές αποφάσεις τις οποίες θα μοιράζεται και να χρησιμοποιεί πλήρεις και κοινές πληροφορίες⁵³.
4. **Μειωμένο Κόστος Διαχείρισης:** Η διείσδυση του blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα έχει τη δυνατότητα να μειώσει δραστικά το κόστος της διακίνησης αγαθών, χάρη στη μείωση της έγχαρτης γραφειοκρατίας, στην ομογενοποίηση των καταγραφών⁵⁴, κυρίως όμως χάρη στη δυνατότητα εύκολης επίλυσης διαφορών χωρίς την παρεμβολή ενδιάμεσων⁵⁵.

⁵³ Gaur, Vishal. «Building a Transparent Supply Chain». *Harvard Business Review*, 14 Απριλίου 2020. Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://hbr.org/2020/05/building-a-transparent-supply-chain>.

⁵⁴ Dobrovnik, Mario, David Herold, Elmar Fürst, και Sebastian Kummer. «Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start». *Logistics* 2, n.o 3 (3 Σεπτεμβρίου 2018): 18. <https://doi.org/10.3390/logistics2030018>.

⁵⁵ Di Francesco Maesa, Damiano, και Paolo Mori. «Blockchain 3.0 Applications Survey». *Journal of Parallel and Distributed Computing* 138 (1 Απριλίου 2020): 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019>.

3.1.3. Πραγματικά παραδείγματα

Πλήθος επιχειρήσεων έχουν ήδη αναπτύξει λύσεις blockchain για τη βελτίωση της εφοδιαστικής αλυσίδας τους.

Η IBM έχει κατασκευάσει το δικό της blockchain βασισμένο στην αλυσίδα Hyperledger⁵⁶. Με την τεχνολογία της IBM, ο όμιλος Renault έχει μεταφέρει όλα τα συνοδευτικά έγγραφα για κάθε εξάρτημα στο blockchain και ελέγχει με αυτοματοποιημένο τρόπο τη συμμόρφωση όλων των υλικών με διεθνείς κανονισμούς⁵⁷.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση της αλυσίδας πολυκαταστημάτων οικιακής βελτίωσης Home Depot, που χάρη στην IBM απέκτησε το δικό της blockchain⁵⁸. Οι προμηθευτές του Home Depot κάθε φορά που ετοιμάζουν ένα πακέτο προς παράδοση, καταγράφουν στο blockchain της εταιρείας κρίσιμες πληροφορίες για το πακέτο. Σε κάθε στάδιο μετακίνησης των αγαθών, προστίθεται νέα block με τις απαραίτητες πληροφορίες. Αν προκύψει κάποια διαφωνία κατά την παραλαβή των προμηθειών, το blockchain μπορεί πολύ εύκολα να αποκαλύψει όλη την πορεία του πακέτου επιλύοντας την όποια διαφορά. Συνεπώς, χάρη στο blockchain, το Home Depot μπορεί να παρακολουθεί όλες τις πρώτες ύλες του και να ξέρει ακριβώς που βρίσκονται ανά πάσα στιγμή όλα τα εμπορεύματά του. Πρόκειται για μία λύση καθετοποιημένη, που εξοικονομεί χρόνο και αποδίδει κέρδος.

Στον κλάδο των τροφίμων, το blockchain της IBM χρησιμοποιείται τόσο από μεγάλους προμηθευτές, όπως το Walmart, όσο και από εστιατόρια και πρατήρια τροφίμων για την ανίχνευση μολυσμένων λαχανικών ή χαλασμένου κρέατος. Κάθε παρτίδα λαμβάνει έναν μοναδικό σειριακό αριθμό και έτσι μπορεί να ανιχνευθεί εύκολα πότε και κυρίως στα χέρια ποιου προμηθευτή συνέβη το περιστατικό αλλοίωσης της ποιότητας. Ακόμη, η τοποθέτηση ετικετών επί των πρώτων υλών μπορεί να φανερώσει ποια προϊόντα

⁵⁶ IBM Blockchain. «Blockchain For Supply Chain». Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://www.ibm.com/blockchain-supply-chain>.

⁵⁷ IBM Blockchain. «Renault». Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://www.ibm.com/case-studies/renault>.

⁵⁸ IBM Blockchain. «Home Depot». Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <http://www.ibm.com/case-studies/the-home-depot>.

προέρχονται από οργανικές πηγές ή ποια είδη προκύπτουν από βάνουσες δοκιμές σε ζώα (cruelty)⁵⁹.

Στον χώρο των πολυτελών αγαθών, όπου η αυθεντικότητα ενός προϊόντος προσδίδει την προστιθέμενη αξία του, η εταιρεία Everledger διαθέτει ένα αρκετά κλειστό και πολύ ασφαλές blockchain, δια του οποίου πιστοποιείται η προέλευση διαμαντιών και άλλων πολύτιμων λίθων, και παρέχονται εγγυήσεις ότι ένα διαμάντι δεν είναι προϊόν σύγχρονης σκλαβιάς, κλοπής, ή εν γένει παράνομης δραστηριότητας⁶⁰.

Άλλες βιομηχανίες στις οποίες το blockchain επαναπροσδιορίζει τον τρόπο λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνουν τα φαρμακευτικά σκευάσματα, όπου η τεχνολογία βοηθά στην διάκριση πρωτότυπων και γενόσημων φαρμάκων⁶¹, οι χερσαίες μεταφορές, και η βιομηχανία πετρελαίου και υδροποιημένου αερίου⁶².

3.2. Υγεία

3.2.1. Το πρόβλημα: Η σημασία των δεδομένων στον χώρο της υγείας

Ο τομέας της υγείας και της περίθαλψης είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένος με τα ιατρικά δεδομένα. Σε αυτά συγκαταλέγονται αφενός τα δεδομένα υγείας των ασθενών, αφετέρου οι πληροφορίες που αφορούν την οργάνωση και τη λειτουργία των επιχειρήσεων υγείας. Ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό των δεδομένων υγείας είναι ότι παρουσιάζουν ιστορικότητα, δηλαδή, για κάθε ασθενή, τα ιατρικά δεδομένα του φανερώνουν την εξέλιξη της υγείας του, και την αλληλεπίδραση και την πορεία του εντός του συστήματος υγείας καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του. Πέραν αυτού, τα δεδομένα υγείας είναι

⁵⁹ Radocchia, Samantha. «3 Innovative Ways Blockchain Will Build Trust in the Food Industry». *Forbes*, 26 Απριλίου 2018. <https://www.forbes.com/sites/samantharadocchia/2018/04/26/3-innovative-ways-blockchain-will-build-trust-in-the-food-industry/>.

⁶⁰ Everledger. «About Us», 18 Απριλίου 2023. Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://everledger.io/about-us/>.

⁶¹ Zakari, Nazik, Muna Al-Razgan, Amani Alsaadi, Haya Alshareef, Heba Al Saigh, Lamia Alashaikh, Mala Alharbi, Rana Alomar, και Seham Alotaibi. «Blockchain Technology in the Pharmaceutical Industry: A Systematic Review». *PeerJ. Computer Science* 8 (11 Μαρτίου 2022): e840. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.840>.

⁶² Vertrax. «Blockchain Technology for Oil Trucking Industry», 6 Οκτωβρίου 2020. Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://vertrax.com/blockchain/>.

απολύτως προσωπικά και μάλιστα κατατάσσονται στις «ειδικές κατηγορίες δεδομένων» κατά τα οριζόμενα δε στον ΓΚΠΔ αρθ. 9.

Η συλλογή και η αξιοποίηση δεδομένων υγείας προϋποθέτει πολύ αυστηρά μέτρα προστασίας της ιδιωτικότητας. Παράλληλα είναι απαραίτητο να υπάρχει ενοποίηση και διασύνδεση των δεδομένων υγείας ώστε ένας πάροχος ιατρικών υπηρεσιών να μπορεί να σχηματίζει εύκολα ολοκληρωμένη εικόνα του ιατρικού ιστορικού και να λαμβάνει κατάλληλες αποφάσεις.

Ομοίως, μια επιχείρηση ή ένας οργανισμός υγείας, όπως είναι ένα νοσοκομείο, μία κλινική, ή ένα διαγνωστικό κέντρο, πρέπει να φροντίζουν για την ασφάλεια των ιατρικών στοιχείων που συλλέγουν, αλλά και να μπορούν να συσχετίζουν τις διάφορες καταγραφές που προστίθενται στον ιατρικό φάκελο ενός ασθενούς, ώστε να σχηματίζουν εμπειριστατωμένη γνώματευση και να πραγματοποιούν πιο ενδελεχείς αναλύσεις.

Το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία της υγείας είναι η αποτελεσματική διαχείριση των ιατρικών δεδομένων στον ψηφιακό κόσμο (Electronic Health Records, EHR). Τα δεδομένα κινδυνεύουν από την κακή ή ελλιπή καταγραφή, από τεχνικές αστοχίες που σχετίζονται με τις ιατρικές συσκευές, και ακόμη χειρότερα από περιστατικά διαρροής ή από επιθέσεις άρνησης πρόσβασης στις υπηρεσίες^{63 64}.

3.2.2. Η λύση: Το blockchain στην υπηρεσία του ασθενούς

Σε μία πρώτη επιφανειακή ανάγνωση, η χρήση του blockchain για τη διαχείριση των δεδομένων υγείας μοιάζει περισσότερο προβληματική παρά συνετή. Σίγουρα η αλληλουχία μεταξύ των blocks μίας αλυσίδας blockchain θα μπορούσε να εξυπηρετήσει τους σκοπούς καταγραφής σε χρονική αλληλουχία. Όμως συνολικά η αποθήκευση ιατρικών δεδομένων στο blockchain θα προκαλούσε δυσχέρειες. Κατ' αρχάς, ο τρόπος λειτουργίας του blockchain σημαίνει ότι όλοι οι συμμετέχοντες κόμβοι θα αποκτούσαν

⁶³ Haleem, Abid, Mohd Javaid, Ravi Pratap Singh, Rajiv Suman, και Shanay Rab. «Blockchain Technology Applications in Healthcare: An Overview». *International Journal of Intelligent Networks* 2 (1 Ιανουαρίου 2021): 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2021.09.005>.

⁶⁴ Mejía-Granda, Carlos M., José L. Fernández-Alemán, Juan M. Carrillo-De-Gea, και José A. García-Berná. «Security Vulnerabilities in Healthcare: An Analysis of Medical Devices and Software». *Medical & Biological Engineering & Computing* 62, n.o 1 (4 Οκτωβρίου 2023): 257-273. <https://doi.org/10.1007/s11517-023-02912-0>.

πρόσβαση σε όλα τα ιατρικά δεδομένα. Ναι μεν τα δεδομένα κρυπτογραφούνται κατά την αποτύπωσή τους σε ένα block, όμως αυτή η διευρυμένη ορατότητα από όλους, σίγουρα προσκρούει σε νομικές και τεχνικές επιταγές σε σχέση με την προστασία της ιδιωτικότητας. Επιπλέον, ο δημόσιος (ή έστω κοινόχρηστος) χαρακτήρας τους blockchain, που δεν επιτρέπει την αλλοίωση των ήδη καταχωρισμένων blocks, θα σήμαινε ότι ο ιατρικός φάκελος θα παρέμενε για πάντα ορατός στην αλυσίδα. Ενδεχομένως κάποιος εξελιγμένος αλγόριθμος να μπορέσει στο μέλλον να διαπεράσει την ομολογουμένως ισχυρή κρυπτογραφία του blockchain, καθιστώντας τα ιατρικά δεδομένα πλήρως αναγνώσιμα, άρα καθόλου ιδιωτικά.

Ένας επόμενος λόγος που η αποθήκευση δεδομένων στο blockchain είναι προβληματική, σχετίζεται με την χωρητικότητα των ψηφιακών αρχείων. Εκ των πραγμάτων, τα ιατρικά δεδομένα περιλαμβάνουν όχι μόνο πληροφορίες κειμένου, αλλά και φωτογραφίες, και άλλα σύνθετα ψηφιακά αρχεία που καταλαμβάνουν σημαντικό όγκο αποθηκευτικού χώρου σε ένα υπολογιστικό σύστημα. Με κάθε εξέταση ο ιατρικός φάκελος ενός ασθενούς εμπλουτίζεται με νέα αρχεία και πληροφορίες και μεγαλώνει σε μέγεθος. Όμως αυτό θα ήταν καταστροφικό για τη διατήρηση ενός blockchain. Σε ένα κατακεκομμένο δίκτυο οι πόροι είναι περιορισμένοι και ειδικά σε ένα blockchain, είναι απαραίτητο όλοι οι κόμβοι να διατηρούν ένα ενημερωμένο αντίγραφο ολόκληρης της αλυσίδας συστοιχιών. Αυτός ο πολλαπλασιασμός αρχείων μέσα από την αναπαραγωγή που δημιουργεί η είσοδος καθενός νέου block, θα είχε αρνητικές επιπτώσεις στην αποδοτικότητα του blockchain και θα οδηγούσε σε σπατάλη υπολογιστικών πόρων και ισχύος⁶⁵.

Στην πραγματικότητα όμως, οι παραπάνω προβληματισμοί μπορούν να αντιμετωπιστούν εύκολα. Όταν το blockchain χρησιμοποιείται για τη διαχείριση προσωπικών δεδομένων, τα ίδια τα blocks δεν περιλαμβάνουν τα δεδομένα αλλά δείκτες (pointers) προς το πραγματικό σημείο αποθήκευσης των δεδομένων εκτός του blockchain. Έτσι το blockchain λειτουργεί όχι ως αποθετήριο, αλλά ως ένα αποκεντρωμένο ευρετήριο,

⁶⁵ Di Francesco Maesa, Damiano, και Paolo Mori. «Blockchain 3.0 Applications Survey». *Journal of Parallel and Distributed Computing* 138 (1 Απριλίου 2020): 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019>, σελ 104.

όπου οι χρήστες παραχωρούν πρόσβαση στα δεδομένα τους⁶⁶. Ασφαλώς, οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν σε ποιον παρέχουν πρόσβαση, και αν η πρόσβαση θα είναι πλήρης ή μερική, δηλαδή σε όλα ή σε μερικά μόνο από τα δεδομένα υγείας.

Ένα σύστημα blockchain για τη διαχείριση των δεδομένων υγείας δίνει πραγματική εξουσία των ασθενών επί των δεδομένων τους, αφού εκείνοι καθορίζουν τις επιλογές διαμοιρασμού των πληροφοριών υγείας. Επίσης, καταργεί την άσκοπη ταλαιπωρία των ασθενών στην ανάκτηση του ιατρικού τους φακέλου, εξοικονομώντας χρόνο και εξαλείφοντας τυχόν μεσάζοντες που θα χρειαζόταν αναπόφευκτα να λάβουν γνώση ιατρικών στοιχείων, όπως πχ. τη διενέργεια μιας εξέτασης και τα αποτελέσματα αυτής, προκειμένου ο ασθενής να τα προωθήσει σε έναν επόμενο πάροχο υπηρεσιών υγείας. Επιπλέον ένα επιτυχημένο σύστημα διαχείρισης ιατρικών δεδομένων πάνω στο blockchain, θα περιελάμβανε σε ομοιογενή μορφή όλα τα ιατρικά δεδομένα, και θα μπορούσε δυνητικά να γίνει μοναδικό σημείο πρόσβασης σε δεδομένα υγείας για όλους τους εμπλεκόμενους στον κλάδο της υγείας, που θα το εμπιστεύονταν χάρη στην αμεταβλητότητα και θα τους χρησίμευε λόγω της ιχνηλασιμότητας μέχρι το πρώτο block.

Στην πράξη, δε θα συμφωνούσαν όλοι οι πάροχοι υγείας σε ένα μοναδικό σύστημα blockchain. Αλλωστε κάτι τέτοιο θα καθιστούσε το σχετικό blockchain οιονεί δημόσιο, ενώ εν προκειμένω προκρίνεται ως πιο λογική η επιλογή ενός υβριδικού ή consortium blockchain. Θα ήταν όμως ρεαλιστικό σενάριο κάθε σύστημα υγείας να είχε το δικό του σύστημα blockchain, ενοποιώντας έτσι τις καταγραφές του και κερδίζοντας σε χρόνο, χρήμα, και αποδοτικότητα.

Εκτός των παραπάνω, η τεχνολογία blockchain υπόσχεται να φέρει επανάσταση στις κλινικές δοκιμές και την έρευνα στον τομέα της υγείας, παρέχοντας μια ασφαλή, διαφανή, και αμετάβλητη μέθοδο για την αποθήκευση και την ανταλλαγή δεδομένων υγείας. Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις στην ιατρική έρευνα είναι η ασφαλής αποθήκευση και ανταλλαγή ευαίσθητων πληροφοριών υγείας με ταυτόχρονη διατήρηση της ιδιωτικότητας. Το blockchain αντιμετωπίζει αυτό το πρόβλημα επιτρέποντας τη

⁶⁶ Zyskind, Guy, Oz Nathan, και Alex «Sandy» Pentland. «Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data». 2015 IEEE Security and Privacy Workshops, Μάιος 2015, 180-184. <https://doi.org/10.1109/spw.2015.27>.

κρυπτογραφημένη και ανωνυμοποιημένη ή ψευδωνυμοποιημένη αποθήκευση, διασφαλίζοντας ότι τα προσωπικά δεδομένα υγείας παραμένουν ιδιωτικά και υπό τον έλεγχο των υποκειμένων στα οποία ανήκουν. Αυτός ο έλεγχος είναι ζωτικής σημασίας, καθώς οι συμμετέχοντες σε ερευνητικές μελέτες συχνά εκφράζουν την έντονη επιθυμία αφενός να διατηρήσουν το απόρρητο των δεδομένων τους, αφετέρου οι ίδιοι να έχουν πρόσβαση σε αυτά. Το blockchain επιτρέπει στους συμμετέχοντες να χορηγούν και να ανακαλούν την πρόσβαση στα δεδομένα τους μέσω κρυπτογραφικών κλειδιών και έξυπνων συμβάσεων (βλ. κεφ. 4), διασφαλίζοντας ότι μόνο εξουσιοδοτημένοι ερευνητές μπορούν να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες που χρειάζονται.

Επιπλέον, το αμετάβλητο των αρχείων blockchain διασφαλίζει ότι τα δεδομένα, αφού καταχωριστούν, δεν μπορούν να αλλοιωθούν, ενισχύοντας έτσι την αξιοπιστία και την επαληθευσσιμότητα των ερευνητικών ευρημάτων. Και αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την αναπαραγωγή των αποτελεσμάτων των μελετών, καθώς επιτρέπει μεγαλύτερη διαφάνεια και αξιοπιστία στην ερευνητική διαδικασία. Καθιστώντας τα δεδομένα πιο προσιτά στους ερευνητές χωρίς να παραβιάζονται οι αυστηροί κανόνες προστασίας της ιδιωτικότητας, το blockchain μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ερευνητική διαδικασία, μειώνοντας τα γραφειοκρατικά και κανονιστικά εμπόδια που σήμερα δυσχεραίνουν τη συλλογή και τη χρήση μεγάλων συνόλων δεδομένων. Το blockchain λοιπόν, αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για τη βελτίωση των κλινικών δοκιμών και της έρευνας στον τομέα της υγείας, ωφελώντας τόσο τους επιστήμονες όσο και τους συμμετέχοντες⁶⁷.

3.2.3. Πραγματικά Παραδείγματα

Προτού αναφερθούμε σε περιπτώσεις όπου το blockchain χρησιμοποιείται για τη βελτίωση και τον εξορθολογισμό του τομέα της υγείας, πρέπει να επισημανθεί ότι εξαιτίας της ρευστότητας και λοιπών παραγόντων αβεβαιότητας που σχετίζονται με την τεχνολογία αυτή, πολλά παραδείγματα που ενδεχομένως απαντώνται στην σχετική βιβλιογραφία, είναι ιδέες και project που δεν είναι πλέον ενεργά, ή εταιρείες που δεν δραστηριοποιούνται πια. Παρακάτω γίνεται μία ενδεικτική αναφορά μερικών από τις πιο

⁶⁷ Engelhardt, Mark A. «Hitching Healthcare to the Chain: An Introduction to Blockchain Technology in the Healthcare Sector». *Technology Innovation Management Review* 7, 2017, 22-34. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:56360932>.

ενδιαφέρουσες εφαρμογές που εξακολουθούν να βρίσκονται σε ισχύ κατά τον χρόνο συγγραφής της εργασίας.

Πρωτίστως αξιοσημείωτη είναι η περίπτωση της **Medicalchain**. Η συγκεκριμένη εταιρεία ξεκίνησε παρέχοντας σε νοσοκομεία υπηρεσίες εύκολης καταγραφής των θεραπειών και των εξετάσεων για κάθε ασθενή. Στη συνέχεια ανέπτυξε τη δική της τεχνολογία blockchain, ώστε να μεταφέρει αυτό το σύστημα καταγραφών σε ένα ταχύτερο, ασφαλέστερο, και κυρίως αποκεντρωμένο σύστημα. Το blockchain της Medicalchain είναι permissioned και πλέον κατανέμεται σε ένα δίκτυο από νοσοκομεία και λοιπά ιδρύματα περίθαλψης σε όλον τον κόσμο, ώστε οι ασθενείς να μπορούν να λαμβάνουν θεραπείες διεθνώς, χωρίς τον φόρτο της μεταφοράς των ιατρικών δεδομένων τους⁶⁸. Στην αλυσίδα της Medicalchain, κάθε block περιέχει μία κρυπτογραφική υπογραφή που ξεκλειδώνει τα δεδομένα⁶⁹. Ο ιατρικός φάκελος βρίσκεται πάντοτε αποθηκευμένος σε ένα σταθερό σημείο και πρακτικά τα ίδια τα δεδομένα δεν διακομίζονται ποτέ εκτός της δικαιοδοσίας στην οποία δημιουργήθηκαν. Επομένως αποφεύγονται πολύπλοκα νομικά ζητήματα. Το πιο σημαντικό είναι ότι αφού μία καταχώριση περάσει στο blockchain τα στοιχεία του φακέλου δεν γίνεται να αλλοιωθούν, ή να χαθούν. Έτσι, την επόμενη φορά που ο ασθενής θα χρειαστεί κάποια ιατρική πράξη, ο ιατρός θα μπορέσει να έχει πρόσβαση σε όλο το ιστορικό του, αναλλοίωτο, και να λάβει γρήγορα τις κατάλληλες αποφάσεις. Αυτό είναι χρήσιμο και για τον ασφαλιστικό φορέα, ο οποίος γνωρίζει ακριβώς τι συνέβη στον ασφαλισμένο και τι του χορηγήθηκε.

Το **MedRec** είναι ένα καινοτόμο project που αναπτύχθηκε από το MIT Media Lab σε συνεργασία με το Beth Israel Deaconess Medical Center και αξιοποιεί την τεχνολογία blockchain για την αποτελεσματική και ασφαλή διαχείριση των ηλεκτρονικών φακέλων υγείας (EHR). Το MedRec, αντί να αποθηκεύει τα πραγματικά δεδομένα υγείας στο blockchain, χρησιμοποιεί την αλυσίδα για τη διαχείριση των δικαιωμάτων και των αρχείων καταγραφής ελέγχου (audit logs), διασφαλίζοντας ότι οι ασθενείς διατηρούν τον

⁶⁸ Medicalchain SA. «Medicalchain Whitepaper», 19 Δεκεμβρίου 2019. Προσπέλαση 20 Ιουλίου 2024. <https://medicalchain.com/en/whitepaper>.

⁶⁹ Engelhardt, Mark A. «Hitching Healthcare to the Chain: An Introduction to Blockchain Technology in the Healthcare Sector». *Technology Innovation Management Review* 7, 2017, 22-34. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:56360932>.

έλεγκο πρόσβασης στις πληροφορίες υγειονομικής περίθαλψής τους⁷⁰. Το MedRec ενσωματώνεται στις υπάρχουσες υποδομές αποθήκευσης δεδομένων των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης και διαλειτουργεί με αυτές, επιτρέποντας έτσι την κανονιστική συμμόρφωση. Το σύστημα υποστηρίζει ανοικτά πρότυπα για την ανταλλαγή δεδομένων υγείας και μπορεί να λαμβάνει δεδομένα από πολλαπλές πηγές, από αρχεία ιδιωτικών ιατρείων μέχρι φακέλους σε διακομιστές νοσοκομείων. Προσφέρει λοιπόν μία ολοκληρωμένη λύση για τη συγκέντρωση των ιατρικών δεδομένων που μπορεί να βρίσκονται διασκορπισμένα και ασύνδετα σε διάφορους παρόχους, χωρίς να χρειάζεται μία συλλογική προσπάθεια ή πρωτοβουλία κάποιας κεντρικής αρχής. Όμως η πραγματική καινοτομία της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι ο τρόπος που το blockchain ανταμείβει τους αντίστοιχους miners ή επικυρωτές. Κάθε ιατρός ή πάροχος υπηρεσιών υγείας αποτελεί κι έναν κόμβο στο blockchain του MedRec, που σε αντάλλαγμα για την υπολογιστική ισχύ που παρέχει στο σύστημα, αποκτά πρόσβαση σε μαζικά δεδομένα υγείας από τα οποία έχει αφαιρεθεί κάθε στοιχείο ταυτοποίησης με πρόσωπα, και αποκτά πρόσβαση σε συγκεντρωτικά στοιχεία του συστήματος τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ερευνητικούς σκοπούς. Αυτό είναι ένα πολύ ισχυρό κίνητρο για τη χρήση του blockchain τόσο από τους ασθενείς, όσο και από τους επαγγελματίες στον χώρο της υγείας, αφού προάγεται η ασφάλεια και η ακεραιότητα των ιατρικών αρχείων, αλλά ταυτόχρονα παρέχονται πολύτιμοι πόροι για τη βιοϊατρική έρευνα⁷¹, και όλα τα παραπάνω γίνονται με ελαχιστοποιημένο κόστος, αφού πρόκειται για ένα αποκεντρωμένο και κατανεμημένο σύστημα. Πρέπει να σημειωθεί ότι το MedRec παραμένει ένα ερευνητικό πρόγραμμα και ο πρωταρχικός σκοπός του είναι η απόδειξη της χρησιμότητας της εφαρμογής. Σε μια αντίστοιχη εφαρμογή με διαστάσεις ενός εθνικού συστήματος υγείας, αναπόφευκτα θα χρειαζόταν να συμμορφωθεί με κανονισμούς προστασίας δεδομένων στην εκάστοτε δικαιοδοσία. Λόγου χάρη, σε μια

⁷⁰ Angraal, Suveen, Harlan M. Krumholz, και Wade L. Schulz. «Blockchain Technology: Applications in Health Care». *Circulation. Cardiovascular Quality and Outcomes* 10, n.ο 9 (1 Σεπτεμβρίου 2017). <https://doi.org/10.1161/circoutcomes.117.003800>.

⁷¹ Azaria, Asaph, Ariel Ekblaw, Thiago Vieira, και Andrew Lippman. «MedRec: Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management». *2016 2nd International Conference On Open And Big Data (OBD)*, Αύγουστος 2016. <https://doi.org/10.1109/obd.2016.11>.

χώρα της ΕΕ, η ανωνυμοποίηση των δεδομένων θα έπρεπε να γίνει κατά τις επιταγές του ΓΚΠΔ.

Η **Guardtime** είναι μια πρωτοποριακή εταιρεία ασφάλειας δεδομένων που χρησιμοποιεί λύσεις blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, ιδίως στο πλαίσιο της διασφάλισης και διαχείρισης αρχείων κλινικών δοκιμών. Μία από τις εμβληματικές εφαρμογές της τεχνολογίας της Guardtime βρίσκεται στην Εσθονία. Το εθνικό σύστημα υγείας της Εσθονίας χρησιμοποιεί την τεχνολογία KSI blockchain που παρέχει η Guardtime για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών αρχείων υγείας (EHR) του πληθυσμού. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει την έκδοση έξυπνων καρτών στους πολίτες, συνδέοντας τα ηλεκτρονικά αρχεία υγείας (EHR) με τις ταυτότητές τους που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ. Κάθε ενημέρωση σε έναν EHR κρυπτογραφείται και καταγράφεται στο blockchain, δημιουργώντας μια αδιάβλητη διαδρομή που αποτρέπει τις μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις και διασφαλίζει ότι όλα τα αρχεία είναι ασφαλή και επαληθεύσιμα⁷². Η τεχνολογία αυτή ενισχύει την ασφάλεια των εκτεταμένων δεδομένων υγείας που είναι αποθηκευμένα στην κεντρική βάση δεδομένων της Εσθονίας, η οποία περιλαμβάνει πάνω από 40 εκατομμύρια έγγραφα, για περισσότερους από 1 εκατομμύριο ασθενείς. Αξιοποιώντας το blockchain, η Εσθονία διασφαλίζει ότι οποιοσδήποτε τροποποιήσεις στη βάση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, όπως ο προγραμματισμός ραντεβού ή οι ενημερώσεις των ιατρικών φακέλων, φέρουν χρονοσήμανση και κρυπτογραφική υπογραφή. Το σύστημα αυτό διασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων, και παράλληλα παρέχει στους ασθενείς τη δυνατότητα να παρακολουθούν και να ελέγχουν την πρόσβαση στις πληροφορίες υγείας τους, διατηρώντας την ιδιωτικότητα και την κυριότητα των προσωπικών τους δεδομένων⁷³.

Η **Avaneer Health** χρησιμοποιεί ένα consortium blockchain για να παρέχει μια πλατφόρμα συνεργασίας και διαμοιρασμού ιατρικών δεδομένων μεταξύ φαρμακευτών και παρόχων

⁷² Angraal, Suveen, Harlan M. Krumholz, και Wade L. Schulz. «Blockchain Technology: Applications in Health Care». *Circulation. Cardiovascular Quality and Outcomes* 10, n.o 9 (1 Σεπτεμβρίου 2017). <https://doi.org/10.1161/circoutcomes.117.003800>.

⁷³ Nõmmik, Sander. «Estonian e-Health Records». e-Estonia, 2 Ιουλίου 2024. Προσπέλαση 20 Ιουλίου 2024. <https://e-estonia.com/solutions/e-health/e-health-records/>.

υγείας στις Ηνωμένες Πολιτείες (όπως είναι οι CVS Health, Cleveland Clinic, και Elevance Health)⁷⁴.

Η **BurstIQ** χρησιμοποιεί την τεχνολογία blockchain για την ασφαλή αποθήκευση, κοινοποίηση και διαχείριση ευαίσθητων δεδομένων υγείας, διασφαλίζοντας ότι τα αρχεία των ασθενών παραμένουν ασφαλή και απαραβίαστα. Η πλατφόρμα της διευκολύνει την απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, διατηρώντας παράλληλα την ακρίβεια και την γνησιότητα των δεδομένων. Πρόσφατα μάλιστα, υπόσχεται να ενσωματώσει και λύσεις τεχνητής νοημοσύνης στην πλατφόρμα LifeGraph που έχει δημιουργήσει⁷⁵.

3.3. Ηλεκτρονική Ψηφοφορία

3.3.1. Το πρόβλημα

Η διενέργεια μίας ψηφοφορίας με παραδοσιακό τρόπο, δηλαδή με έντυπα ψηφοδέλτια, καταγραφή των επιλογών των εκλογέων, και ρίψη του φακέλου στην κάλπη, είναι ένας ασφαλής και δοκιμασμένος τρόπος εμπέδωσης της δημοκρατικής διαδικασίας. Όταν οι εκλογές διεξάγονται με εγγυήσεις και παρακολούθηση από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη, τότε ο κλασικός τρόπος ψηφοφορίας είναι σχεδόν σίγουρα αδιάβλητος και αποτελεσματικός. Ωστόσο, η σύγχρονη πραγματικότητα επιτάσσει την ψηφιοποίηση των διαδικασιών. Σε κάθε ψηφοφορία, από πολιτικές αποφάσεις, μέχρι εταιρικές συνελεύσεις, ο ηλεκτρονικός τρόπος επιλογής παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως ευκολότερη και ταχύτερη ολοκλήρωση της διαδικασίας, και αυξημένη προσέλευση. Η καταχώριση των προτιμήσεων των ψηφοφόρων μέσα από μερικά κλικ σε μία συσκευή, εξοικονομεί χρόνο και χρήμα και επιτρέπει τη συμμετοχή ατόμων που δεν μπορούν να παρευρεθούν δια ζώσης στους τόπους διεξαγωγής των εκλογών. Επίσης, μειώνει την τλαιπωρία των συμμετεχόντων, ειδικά αν ακολουθούνται επανειλημμένες εκλογές ή

⁷⁴ Avaneer Health. «Avaneer Health Launches its Decentralized Network and Platform to Transform Healthcare Administration», 26 Μαρτίου 2024. Προσπέλαση 20 Ιουλίου 2024. <https://avaneerhealth.com/press/avaneer-health-launches-its-decentralized-network-and-platform-to-transform-healthcare-administration/>.

⁷⁵ Miller, Hayley. «BurstIQ Recognized as A Sample Vendor In The 2024 Gartner® Market Guide For Health Data Management Platforms Report». BurstIQ, 4 Ιουνίου 2024. Προσπέλαση 20 Ιουλίου 2024. <https://burstiq.com/burstiq-recognized-as-a-sample-vendor-in-the-2024-gartner-market-guide/>.

περισσότεροι γύροι. Η ηλεκτρονική ψηφοφορία όμως, παρουσιάζει και σημαντικά μειονεκτήματα και κινδύνους. Μια βασική ανησυχία είναι η πιθανότητα ηλεκτρονικής επίθεσης και χειραγώγησης του εκλογικού αποτελέσματος, δεδομένου ότι οι ηλεκτρονικές συσκευές μπορούν να υπονομευθούν ευκολότερα σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους ψηφοφορίας. Επιπλέον, τα συστήματα ηλεκτρονικής ψηφοφορίας συχνά είναι πιο πολύπλοκα από τα παραδοσιακά συστήματα, καθώς απαιτούν τη χρήση κρυπτογράφησης δημόσιου κλειδιού που με τη σειρά του σημαίνει ότι οι ψηφοφόροι επιφορτίζονται με το βάρος της φύλαξης των ιδιωτικών τους κλειδιών. Με απλά λόγια, για να λειτουργήσει ένα τέτοιο σύστημα, κάθε απλός ψηφοφόρος θα πρέπει να θυμάται ένα δικό του συνθηματικό για να μπορεί να συμμετέχει ορθά στις ηλεκτρονικές εκλογές. Έτσι προστίθεται και ο κίνδυνος, όχι απλώς της ψηφιακής παραβίασης του συστήματος (κοινώς hacking), αλλά και της κλοπής των μυστικών πληροφοριών που διατηρεί κάθε εκλογέας.

Ένα ηλεκτρονικό σύστημα ψηφοφορίας πρέπει να τηρεί αυστηρά πρότυπα ασφάλειας, ελέγχου, και ιδιωτικότητας. Η ασφάλεια και η δυνατότητα ελέγχου διασφαλίζουν ότι οι ψήφοι υποβάλλονται όπως προορίζεται, καταγράφονται με ακρίβεια και καταμετρώνται σωστά, ενώ κάθε νόθευση μπορεί να ανιχνευθεί. Το σύστημα πρέπει να διαθέτει κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο (end-to-end encryption, E2E), ώστε να αποτρέπεται η υποκλοπή πληροφοριών κατά την ψηφιακή διακομιδή. Επίσης, πρέπει να πληρούνται οι προϋποθέσεις διαφάνειας και προσβασιμότητας. Η ηλεκτρονική ψήφος θα πρέπει να καταγράφεται με ακεραιότητα και να παραμένει μυστική μέχρι τη στιγμή της καταμέτρησης⁷⁶.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα διεξάγονται ηλεκτρονικές ψηφοφορίες που πληρούν όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις, δίχως τη χρήση blockchain, αλλά με τις ίδιες αρχές. Το Σύστημα «Ζευς»⁷⁷ παρέχει τη δυνατότητα ηλεκτρονικής κάλπης με απόρρητη ψηφοφορία με τη χρήση ισχυρής κρυπτογράφησης. Η επαλήθευση γίνεται από κεντρική εφορευτική

⁷⁶ Di Francesco Maesa, Damiano, και Paolo Mori. «Blockchain 3.0 Applications Survey». *Journal of Parallel and Distributed Computing* 138 (1 Απριλίου 2020): 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019>, σελ 101-102.

⁷⁷ Ηλεκτρονικές Ψηφοφορίες Ζευς. «Το σύστημα “Ζευς” με απλά λόγια». Προσπέλαση 1 Αυγούστου 2024. <https://zeus.grnet.gr/zeus/faqs/voter/>.

επιτροπή που έχει τα κλειδιά αποκρυπτογράφησης (εν αντιθέσει με την επαλήθευση από τους κόμβους σε ένα blockchain). Το «Ζεους» χρησιμοποιείται από τα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα στις διαδικασίες ανάδειξης οργάνων στην Ελλάδα δυνάμει της Υπουργικής Απόφασης 123024/Ζ1/2022⁷⁸, καθώς και για την εκλογή αιρετών στο Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων δυνάμει του Ν. 4728/2020 αρθ. 22§3.⁷⁹

3.3.2. Η λύση: Ψηφοφορία πάνω στο blockchain

Υπάρχουν αρκετές προτάσεις για το πως θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα σύστημα ηλεκτρονικής ψηφοφορίας κατασκευασμένο επί τεχνολογίας blockchain. Η τεχνολογία blockchain προσφέρει μια πολλά υποσχόμενη λύση σε αδυναμίες που αντιμετωπίζουν τα παραδοσιακά συστήματα ηλεκτρονικής ψηφοφορίας. Αξιοποιώντας τις ιδιότητες της αμεταβλητότητας και της χρονοσήμανσης, το blockchain μπορεί να δημιουργήσει ένα ασφαλές, αποκεντρωμένο σύστημα ψηφοφορίας. Οι εκλογείς καταχωρίζουν την ψήφο τους, η οποία προστίθεται σε ένα καινούργιο block και η καταγραφή σίγουρα παραμένει ακριβής και αναλλοίωτη⁸⁰. Το σύστημα συνδυάζεται με μια εφαρμογή ταυτοποίησης και σίγουρα κάθε εκλογέας ψηφίζει άπαξ, και εφόσον έχει δικαίωμα, ειδάλλως η ψήφος δεν προσμετράται. Ο μηχανισμός συναίνεσης εγγυάται ότι η ψήφος υποβλήθηκε σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή και μάλιστα χωρίς παραποίηση. Σε ένα ηλεκτρονικό σύστημα ψηφοφορίας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένας πιο εξειδικευμένος μηχανισμός συναίνεσης. Προς τούτο έχει προταθεί ένας προηγμένος αλγόριθμος, που

⁷⁸ ΥΑ 123024/Ζ1/2022. Καθορισμός της διαδικασίας ανάδειξης των μονομελών οργάνων των Μονοτμηματικών Σχολών, των Τμημάτων, των Τομέων και λοιπών μονομελών οργάνων των Ανώτατων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων (Α.Ε.Ι.), των εκπροσώπων των μελών Διδακτικού Ερευνητικού Προσωπικού (Δ.Ε.Π.), Ειδικού Εκπαιδευτικού Προσωπικού (Ε.Ε.Π.), Εργαστηριακού Διδακτικού Προσωπικού (Ε.ΔΙ.Π.), Ειδικού Τεχνικού Εργαστηριακού Προσωπικού (Ε.Τ.Ε.Π.) και των φοιτητών στα συλλογικά όργανα των Α.Ε.Ι., ΦΕΚ Τεύχος Β' 5220/7 Οκτωβρίου 2022. <https://search.et.gr/el/fek/?fekId=603779> που αντικατέστησε την ΥΑ Τεύχος Β' 5364/19.11.2021.

⁷⁹ Με την Απόφαση ΣτΕ Γ' 2112, 2114/2022 έχει κριθεί νόμιμη η χρήση ηλεκτρονικής ψηφοφορίας για τις διαδικασίες εκλογής εκπαιδευτικών και λοιπών αιρετών εκπροσώπων. Βλ. σχετικά και LawNet. «ΣτΕ Γ' 2112, 2114/2022: Νόμιμη η ηλεκτρονική ψηφοφορία στις εκλογές των εκπαιδευτικών για την ανάδειξη αιρετών εκπροσώπων στα υπηρεσιακά τους συμβούλια», 27 Οκτωβρίου 2022. Προσπέλαση 1 Αυγούστου 2024. <https://lawnet.gr/law-news/ste-g'-2112-2114-2022-nomimi-i-ilektroniki-psifoforia-stis-ekloges-ton-ekpaideftikon-gia-tin-anadeixi-aireton-ekprosopon-sta-ypiresiaka-tous-symvoulia/>.

⁸⁰ Tanwar, Sarvesh, Neelam Gupta, Prashant Kumar, και Yu-Chen Hu. «Implementation of Blockchain-based E-voting System». *Multimedia Tools and Applications* 83, n.o 1 (6 Μαΐου 2023): 1449-1480. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15401-1>.

καλείται Proof of Voter Identity (PoVI)⁸¹. Η συμμετοχή στο blockchain της ψηφοφορίας θα ολοκληρωνόταν σε δύο διακριτά στάδια. Πρώτον ο εκλογέας θα αποδείκνυε την ταυτότητά του, ώστε να του δοθεί δικαίωμα καταχώρισης ψήφου. Ένας μηχανισμός που χρησιμοποιεί τεχνικές απόκρυψης (obfuscation techniques) θα έδινε μία ξεχωριστή, μη ταυτοποιήσιμη διεύθυνση στην αλυσίδα, ώστε να μην συνδέεται η ψήφος με τον ψηφοφόρο.

Στον αντίποδα, το κύριο αρνητικό μίας τέτοιας μεθόδου είναι ένα τεχνικής φύσεως ζήτημα. Η καταχώριση νέων εγγραφών σε ένα block έχει κόστος, εν είδει προμήθειας, που μεταφράζεται στο αντίστοιχο κρυπτονόμισμα που φιλοξενείται στο συγκεκριμένο blockchain και χρησιμοποιείται για την ανταμοιβή των miners. Αυτό καλείται gas fee. Γίνεται αντιληπτό, ότι μία μεγάλης κλίμακας εκλογική διαδικασία θα περιελάμβανε πάρα πολλές εγγραφές στα blocks της αλυσίδας, με το συνακόλουθο κόστος. Θα ετίθετο λοιπόν το ερώτημα ποιος θα αναλάμβανε αυτό το κόστος, καθώς θα ήταν μάλλον άδικο και παράλογο να το επωμίζονται οι ίδιοι οι ψηφοφόροι. Αν δε, δεν καταβληθούν τα gas fees, οι ψήφοι δεν καταχωρίζονται, επομένως η διαδικασία αποτυγχάνει⁸².

3.3.3. Πραγματικά Παραδείγματα

Υπάρχουν πολλές ακαδημαϊκές και εκλαϊκευμένες εισηγήσεις για τη διεξαγωγή ηλεκτρονικών ψηφοφοριών με βάση το blockchain, καθεμία από τις οποίες παρουσιάζει ξεχωριστές λύσεις και ερωτήματα. Η συντριπτική πλειονότητα αυτών των projects απαντάται μόνο στη βιβλιογραφία πλέον, με τα ίδια τα έργα να έχουν εγκαταλειφθεί ή ατονίσει. Για παράδειγμα, ένα project που ξεκίνησε ως αποκεντρωμένη εφαρμογή επί της αλυσίδας του Bitcoin, λεγόταν BitCongress, είχε λάβει πολύ μεγάλη δημοσιότητα, όμως πλέον έχει εγκαταλειφθεί. Ένα παρεμφερές εγχείρημα που εξακολουθεί να λειτουργεί σε δοκιμαστικό στάδιο είναι το FollowMyVote⁸³. Έχει δημιουργηθεί από έναν μη

⁸¹ Singh, Harikesh, και Amit Sinha. «A Blockchain Framework for E-Voting». *Multimedia Tools and Applications* 83, n.ο 20 (27 Δεκεμβρίου 2023): 58875-58889. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17837-x>.

⁸² Di Francesco Maesa, Damiano, και Paolo Mori. «Blockchain 3.0 Applications Survey». *Journal of Parallel and Distributed Computing* 138 (1 Απριλίου 2020): 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019>, σελ 102-103.

⁸³ Follow My Vote. «Secure Decentralized Application Development - Follow My Vote». Προσπέλαση 21 Ιουλίου 2024. <https://followmyvote.com/>.

κερδοσκοπικό οργανισμό και επικρίνεται για ορισμένες τεχνικές αστοχίες του. Αξίζει ακόμη να αναφερθούν, έστω ονομαστικά τα εξής παραδείγματα:

Ενεργά συστήματα ηλεκτρονικής ψηφοφορίας με χρήση blockchain:
Democracy.earth⁸⁴, Votem⁸⁵

Ανενεργά συστήματα ηλεκτρονικής ψηφοφορίας με χρήση blockchain: Polys, VoteWatcher, VoteBook, Inno.vote, Procivis⁸⁶

3.4. Ψηφιακά (κρυπτο-) αγαθά – Crypto assets

Εκτός από τα κρυπτονομίσματα, που αποτελούν μία ψηφιακή αναπαράσταση συναλλαγματικής αξίας, πάνω στο blockchain, διακινούνται πολλαπλά ψηφιακά αγαθά που συνολικά καλούνται Κρυπτοστοιχεία (Crypto Assets). Πρόκειται για ποικίλες ψηφιακές αναπαραστάσεις αξίας ή δικαιωμάτων⁸⁷.

Σε αυτά συγκαταλέγονται χρηματικά και οικονομικής φύσεως παραστατικά, όπως τα κρυπτονομίσματα, τα σταθερά κρυπτονομίσματα (δηλαδή εκείνα που η αξία τους είναι σταθερή και ισούται με την αξία μιας παραδοσιακής νομισματικής μονάδας, όπως είναι το δολάριο ή το ευρώ⁸⁸), και διάφορα επενδυτικά προϊόντα που σχετίζονται με το χρήμα. Περαιτέρω, υπάρχουν και περιουσιακά τεκμήρια ή κουπόνια (tokens). Τα tokens είναι ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία που δημιουργούνται σε ένα blockchain και εξυπηρετούν διάφορους σκοπούς, με κυριότερη η αναπαράσταση περιουσιακών στοιχείων. Μοιάζουν δηλαδή με χρεόγραφα και αποδεικτικά ιδιοκτησίας.

⁸⁴ Democracy Earth Foundation. «Democracy Earth». Προσπέλαση 22 Ιουλίου 2024. <https://democracy.earth/>.

⁸⁵ Votem Corp. «Votem® | Elections Made Easy». Votem. Προσπέλαση 22 Ιουλίου 2024. <https://votem.com/>.

⁸⁶ Τα ονόματα αυτών των συστημάτων απαντώνται ως ενδεικτικές αναφορές σε βιβλιογραφία, όμως οι σχετικοί ιστότοποι είναι ανενεργοί και οι πληροφορίες για τα projects, είναι κατά τον χρόνο συγγραφής της εργασίας περιορισμένες.

⁸⁷ Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. *Κρυπτοστοιχεία - Ενημερωτικό Γράφημα*. 16 Μαΐου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. *Consilium*. <https://www.consilium.europa.eu/el/infographics/crypto-assets/>.

⁸⁸ Montevirgen, Karl. «Stability Amid the Volatility of Crypto: Stablecoins Explained» *Encyclopedia Britannica*, 13 Σεπτεμβρίου 2022. Προσπέλαση 24 Ιουλίου 2024. <https://www.britannica.com/money/what-are-stablecoins>.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι tokens: ανταλλάξιμα και μη ανταλλάξιμα (fungible και non-fungible)⁸⁹. Ανταλλάξιμα θεωρούνται εκείνα τα παραστατικά που, όπως τα κρυπτονομίσματα, είναι όμοια με άλλα στην ίδια αλυσίδα και επομένως ισάξια. Τα Μη-Ανταλλάξιμα Παραστατικά (Non Fungible Tokens, NFTs) είναι ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία με μοναδικό χαρακτήρα, που αντιπροσωπεύουν την κυριότητα ενός συγκεκριμένου αντικειμένου ή περιεχομένου, όπως σε σχέση με έργα τέχνης, μουσική ή εικονική ακίνητη περιουσία (βλ. metaverse, Κεφ. 6.3.1). Κάθε NFT έχει ξεχωριστές πληροφορίες ή χαρακτηριστικά που το καθιστούν αναντικατάστατο. Η μοναδικότητά, η αυθεντικότητα, και η προέλευσή του επαληθεύονται χάρη στο blockchain⁹⁰. Η εξάπλωση των NFTs υπήρξε καταλυτική σε τομείς όπως τα έργα τέχνης, τα βιντεοπαιχνίδια, και εν γένει στη βιομηχανία της ψυχαγωγίας και γέννησε μία νέα αγορά εκατομμυρίων δολαρίων. Αξιοσημείωτα παραδείγματα αποτελούν μουσικοί όπως το συγκρότημα Kings of Leon που διέθεσαν «ψηφιακώς μοναδικά» αντίγραφα του πρόσφατου δίσκου τους ως NFT⁹¹, ο ψηφιακός ζωγράφος Mike Winkelmann, γνωστός με το ψευδώνυμο Beeple, που πούλησε το έργο του «The First 5000 Days» έναντι \$69 εκ. σε δημοπρασία του οίκου Christie's⁹², το βιντεοπαιχνίδι Axie Infinity που δημιούργησε ξεχωριστούς χαρακτήρες και αξεσουάρ για αυτούς, τα οποία διατέθηκαν ως NFTs⁹³, και ο Donald Trump που δημιούργησε συλλεκτικές ψηφιακές κάρτες για να ενισχύσει οικονομικά την προεκλογική εκστρατεία του, ξεπουλώντας μάλιστα στις πρώτες ώρες⁹⁴.

⁸⁹ Sharma, Rakesh. «Non-Fungible Token (NFT): What It Means and How It Works». Investopedia, 12 Ιουνίου 2024. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/non-fungible-tokens-nft-5115211>.

⁹⁰ Clark, Mitchell. «NFTs, Explained: What They are and Why they're Suddenly Worth Millions». *The Verge*, 6 Ιουνίου 2022. <https://www.theverge.com/22310188/nft-explainer-what-is-blockchain-crypto-art-faq>.

⁹¹ Hissong, Samantha. «Kings of Leon Will Be the First Band to Release an Album as an NFT». *Rolling Stone*, 11 Μαρτίου 2021. <https://www.rollingstone.com/pro/news/kings-of-leon-when-you-see-yourself-album-nft-crypto-1135192/>.

⁹² Christies. «Beeple (B. 1981)». Christies.com. Προσπέλαση 24 Ιουλίου 2024. <https://onlineonly.christies.com/s/beeple-first-5000-days/beeple-b-1981-1/112924>.

⁹³ Cryptopedia Staff. «The Axie Infinity Game & Axie Marketplace for NFTs». Gemini, 3 Νοεμβρίου 2023. Προσπέλαση 24 Ιουλίου 2024. <https://www.gemini.com/cryptopedia/axie-infinity-game-axie-marketplace-axie-nft>.

⁹⁴ Hill, Brett. «Trump's Digital Cards Sell Out Within a Day». *The Hill*, 16 Δεκεμβρίου 2022. Προσπέλαση 24 Ιουλίου 2024. <https://thehill.com/policy/technology/3777969-trumps-digital-cards-sell-out-within-a-day/>.

Αυτή η καινοτομία της τεχνολογία blockchain στην ψηφιακή οικονομία αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε την ιδιοκτησία και την αξία στον εικονικό κόσμο.

3.5. Νομικές ενέργειες

Η τεχνολογία blockchain, όπως έχει εκτενώς καταδειχθεί, στηρίζεται θεμελιακά στις αρχές της αποκέντρωσης, της αμεταβλητότητας, και της διαφάνειας. Αυτά τα χαρακτηριστικά αποδεικνύονται πολύ χρήσιμα και στον νομικό κόσμο, όπου οι εφαρμογές του blockchain είναι ποικίλες. Απλές ενέργειες όπως η ταυτοποίηση πολιτών, η πιστοποίηση της γνησιότητας ενός εγγράφου, η ψηφιακή υπογραφή, και κατά περίπτωση κάποιες συμβολαιογραφικές πράξεις, μπορούν να απλοποιηθούν και να ενισχυθούν ως προς την ασφάλεια, με τη βοήθεια του blockchain. Επιπλέον, η διαχείριση και η προστασία δικαιωμάτων πνευματικής και διανοητικής ιδιοκτησίας αποκτά ένα ισχυρό εργαλείο χρονοσήμανσης και καταγραφής της κυριότητας χάρη στο blockchain. Στο σκέλος του ποινικού δικαίου, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαφύλαξη των αποδεικτικών στοιχείων και για την προστασία τεκμηρίων κατά τη διακίνησή τους. Και φυσικά οι έξυπνες συμβάσεις (smart contracts) επαναπροσδιορίζουν την έννοια της σύμβασης κατά το αστικό δίκαιο (το ζήτημα των smart contracts αναπτύσσεται εκτενώς στο Κεφ. 4).

3.5.1. Συστήματα ταυτοποίησης

Τα υπάρχοντα συστήματα ταυτοποίησης, δηλαδή συστήματα που επιτρέπουν την αναγνώριση ενός προσώπου εντός ενός ψηφιακού περιβάλλοντος με τη χρήση μοναδικών αναγνωριστικών, λειτουργούν με κεντρικές βάσεις δεδομένων, στις οποίες αποθηκεύονται προσωπικά δεδομένα. Η ταυτοποίηση γίνεται με μια διαδικασία αποκάλυψης κάποιας κρυφής πληροφορίας, όπως είναι ένας κωδικός, ή ένα PIN, ή σε περιπτώσεις που απαιτείται μεγαλύτερος βαθμός σιγουριάς, με κάποιο σύστημα αυθεντικοποίησης δύο παραγόντων, που τελικά εμφανίζει τα προσωπικά δεδομένα ταυτοποίησης. Τα δεδομένα ταυτοποίησης μπορεί να είναι απλά, όπως όνομα, ηλικία, στοιχεία επικοινωνίας, ή και πιο εξειδικευμένα όπως βιομετρικά στοιχεία, οικονομικά στοιχεία, ταξιδιωτικά έγγραφα. Σε αυτά τα συστήματα, δηλαδή στις κεντρικές βάσεις δεδομένων που αποθηκεύουν και συνδέουν όλα αυτά τα δεδομένα για κάθε άτομο, τίθενται σοβαρά ζητήματα ιδιωτικότητας, ασφάλειας, ελέγχου, και εν γένει

αποτελεσματικότητας⁹⁵. Ο παραδοσιακός τρόπος ταυτοποίησης ενός προσώπου περιλαμβάνει έγγραφα εκδιδόμενα από κάποια κεντρική αρχή. Το πιο απλό παράδειγμα είναι ο πολίτης που εκδίδει την ταυτότητά του σε κάποια αστυνομική αρχή και την επιδεικνύει σε όλες τις δημόσιες αρχές για να αποδείξει τα στοιχεία του. Αυτή η εξάρτηση σε φυσικά έγγραφα, προκαλεί ταλαιπωρία και κάνει τις διαδικασίες δυσκίνητες. Τα συστήματα αυτά είναι ευάλωτα σε κυβερνοεπιθέσεις και επιρρεπή σε απάτες, όπου η πλαστογραφία μιας ταυτότητας ανιχνεύεται δύσκολα⁹⁶. Όπως κάθε μηχανισμός που λειτουργεί κεντρικά, το βασικό πρόβλημα είναι ότι υπάρχει ένα μοναδικό σημείο αποτυχίας (single point of failure, SPOF) και επιπλέον, οι ίδιοι οι ταυτοποιούμενοι, δεν έχουν άμεση πρόσβαση στα δεδομένα τους, τα οποία κατά μία προσέγγιση δεν τους ανήκουν.

Η έννοια της αυτοκυριαρχικής ταυτότητας (self-sovereign identity, SSI) αντιμετωπίζει αυτά τα ζητήματα δίνοντας στα πρόσωπα τον έλεγχο των δεδομένων της ταυτότητάς τους⁹⁷. Με τη χρήση του blockchain, μπορούν να δημιουργηθούν συστήματα ταυτοποίησης με αποκεντρωμένα αναγνωριστικά και επαληθεύσιμα διαπιστευτήρια, που επιτρέπουν στους χρήστες να διαχειρίζονται, να μοιράζονται και να προστατεύουν τις προσωπικές τους πληροφορίες χωρίς να βασίζονται σε μια κεντρική αρχή. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να αποδειχτεί ιδιαίτερα βοηθητικό όχι μόνο σε απλές ηλεκτρονικές υπηρεσίες όπου χρειάζεται η ταυτοποίηση των χρηστών, αλλά και σε σύνθετα συστήματα όπως είναι η ηλεκτρονική τραπεζική, όπου οι εκ του νόμου προδιαγραφές για αναγνώριση των πελατών (απαιτήσεις Know Your Customer, KYC) είναι ιδιαίτερα απαιτητικές πρακτικά και τεχνικά.

⁹⁵ Di Francesco Maesa, Damiano, και Paolo Mori. «Blockchain 3.0 Applications Survey». *Journal of Parallel and Distributed Computing* 138 (1 Απριλίου 2020): 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019>, σελ 105.

⁹⁶ Jamal, Arshad, Rabab Alayham Abbas Helmi, Ampuan Siti Nurin Syahirah, και Mariam-Aisha Fatima. «Blockchain-Based Identity Verification System». *2019 IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, 7 Οκτωβρίου 2019, 253-257. <https://doi.org/10.1109/icsengt.2019.8906403>.

⁹⁷ Allen, Christopher. «The Path to Self-Sovereign Identity». *Life With Alacrity* (blog), 26 Απριλίου 2016. Προσπέλαση 21 Ιουλίου 2024. <https://www.lifewithalacrity.com/article/the-path-to-self-sovereign-identity/>.

Η κατασκευή ενός συστήματος self-sovereign identity επί τεχνολογίας blockchain αφενός είναι τεχνικά εφικτή⁹⁸, αφετέρου το τελικό προϊόν μίας τέτοιας προσπάθειας δεν θα διέφερε ριζικά από τα υπάρχοντα συστήματα, αφού θα εξακολουθούσε να χρησιμοποιεί κάποια υποδομή δημοσίου και ιδιωτικού κλειδιού (Public-Private Key Infrastructure, PKI). Έτσι θα συνδύαζε τα πλεονεκτήματα του blockchain στα οποία θα προστίθετο ότι οι χρήστες δεν θα χρειάζονταν ιδιαίτερη προσαρμογή σε κάποιο νέο περιβάλλον, ή τρόπο χρήσης. Ένα σύστημα ταυτοποίησης που θα χρησιμοποιούσε το blockchain, θα περιείχε ισχυρές μεθόδους προστασίας της ιδιωτικότητας για την ενίσχυση της ασφάλειας των προσωπικών δεδομένων των χρηστών. Τα δεδομένα θα αποθηκεύονταν σε κρυπτογραφημένη μορφή στο blockchain και τεχνικές όπως οι αποδείξεις μηδενικής γνώσης (Zero-Knowledge Proof) θα επέτρεπαν την επαλήθευση ορισμένων στοιχείων από το σύνολο των δεδομένων χωρίς να αποκαλύπτονται όλα τα δεδομένα. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες θα μπορούν να αποδείξουν την ταυτότητά τους ή άλλες ιδιότητες (όπως ότι είναι άνω μιας ορισμένης ηλικίας) χωρίς να αποκαλύπτουν ευαίσθητες πληροφορίες. Επιπλέον, η διαφάνεια και το αμετάβλητο της αλυσίδας μπλοκ εξασφαλίζουν ότι όλες οι συναλλαγές καταγράφονται και μπορούν να ελεγχθούν, χαρίζοντας στο σύστημα αυξημένη εμπιστοσύνη και δυνατότητα λογοδοσίας⁹⁹. Ένα τέτοιο σύστημα θα επέτρεπε τη διαλειτουργικότητα και τη φορητότητα, επιτρέποντας στους χρήστες να χρησιμοποιούν τα δεδομένα ταυτότητάς τους σε διάφορες πλατφόρμες και υπηρεσίες απρόσκοπτα, διατηρώντας παράλληλα τον έλεγχο σχετικά με το ποιος μπορεί να έχει πρόσβαση στα δεδομένα τους¹⁰⁰.

Πραγματικά projects που αξιοποιούν το blockchain για την διαχείριση συστημάτων ταυτοποίησης περιλαμβάνουν την αποκεντρωμένη εφαρμογή (dApp) uPort, που είναι προγραμματισμένη πάνω στο blockchain του Ethereum και αποτελεί την πιο γνωστή

⁹⁸ Careja, Alexandru-Cristian, και Nicolae Tapus. «Digital Identity Using Blockchain Technology». *Procedia Computer Science* 221 (2023): 1074-1082. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.08.090>.

⁹⁹ Song, Zhiming, Enhua Yan, Junrong Song, Rong Jiang, Yimin Yu, και Taowei Chen. «A Blockchain-Based Digital Identity System with Privacy, Controllability, and Auditability». *Arabian Journal for Science and Engineering*, 4 Ιουνίου 2024. <https://doi.org/10.1007/s13369-024-09178-0>.

¹⁰⁰ Di Francesco Maesa, Damiano, και Paolo Mori. «Blockchain 3.0 Applications Survey». *Journal of Parallel and Distributed Computing* 138 (1 Απριλίου 2020): 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019>, σελ 105.

πλατφόρμα αυτοκυριαρχικής ταυτότητας¹⁰¹. Αξιοσημείωτη είναι και η εφαρμογή Sovrin, που αυτοχαρακτηρίζεται ως μετα-σύστημα ταυτοτήτων και έχει μη κερδοσκοπικό χαρακτήρα¹⁰². Τέλος, μολονότι δεν παρέχει υπηρεσίες αυτοκυριαρχικής ταυτότητας, πρέπει να αναφερθεί η εταιρεία PingIdentity που αναπτύσσει το PingOne Neo (πρώην ShoCard), μία ψηφιακή ταυτότητα που παρέχει επαλήθευση της ταυτότητας μέσω του blockchain¹⁰³.

3.5.2. Ψηφιακή υπογραφή

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κάθε καταγραφή σε ένα block φέρει και μία κρυπτογραφική υπογραφή. Πρόκειται για ένα ηλεκτρονικό αποτύπωμα που είναι επαληθεύσιμο και υποδεικνύει τον χρήστη που προχώρησε στην εγγραφή, έστω κι αν αυτό δεν οδηγεί στην πλήρη ταυτοποίηση του προσώπου, αλλά απλώς στην εμφάνιση του ψευδωνύμου ή της ανωνυμοποιημένης κρυπτογραφικής συμβολοσειράς (hash string) που είναι μοναδική για τον χρήστη. Κάθε φορά που εκτελείται μία συναλλαγή στο blockchain, μία διάταξη δημόσιου και ιδιωτικού κλειδιού χρησιμοποιείται για να εκτελεστεί μια συνάρτηση επικύρωσης, η οποία επιβεβαιώνει ότι λαμβάνει χώρα μία συναλλαγή στο δίκτυο¹⁰⁴. Ο μηχανισμός χαρακτηρίζεται από μεγάλη ασφάλεια, αφού το σύνολο του δικτύου αναλαμβάνει να συναινέσει (consensus mechanism) για την ολοκλήρωση της συναλλαγής, επομένως, όλοι οι κόμβοι επιβεβαιώνουν την –κρυπτογραφική έστω– ταυτότητα των μερών. Αυτή η υπογραφή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ηλεκτρονική υπογραφή κατά την έννοια της μηχανικής απεικόνισης, αφού αξιοποιεί τεχνικές ασύμμετρης κρυπτογράφησης που βασίζονται σε υποδομή δημόσιου κλειδιού (PKI). Επιπλέον, η λειτουργία του blockchain, δεν επιτρέπει την αλλοίωση του περιεχομένου της εγγραφής σε ένα block, επομένως από τη στιγμή της καταγραφής στο blockchain, δεν

¹⁰¹ Naik, Nitin, και Paul Jenkins. «uPort Open-Source Identity Management System: An Assessment of Self-Sovereign Identity and User-Centric Data Platform Built on Blockchain». *2020 IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE)*, 4 Δεκεμβρίου 2020. <https://doi.org/10.1109/isse49799.2020.9272223>.

¹⁰² Windley, Phillip J. «Sovrin: An Identity Metasystem for Self-Sovereign Identity». *Frontiers in Blockchain* 4 (28 Ιουλίου 2021). <https://doi.org/10.3389/fbloc.2021.626726>.

¹⁰³ Ping Identity. «PingOne Neo». Προσπέλαση 21 Ιουλίου 2024. <https://www.pingidentity.com/en/lp/ac/pingone-neo.html>.

¹⁰⁴ Nakamoto, Satoshi. «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System». *Bitcoin.Org*, 31 Οκτωβρίου 2008. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

τίθεται ζήτημα αποκήρυξης της συναλλαγής. Η μη-αποκήρυξη (non-repudiation) αποτελεί θεμελιώδη πτυχή μίας ηλεκτρονικής υπογραφής¹⁰⁵.

Το ζήτημα αν μία ηλεκτρονική υπογραφή έχει πραγματικά αποδεικτική ισχύ και αντιμετωπίζεται ισοδύναμα με την θέση χειρόγραφης υπογραφής επί ενός εντύπου ρυθμίζεται κατά τόπο σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία. Στις ΗΠΑ θα πρέπει να ανατρέξουμε στην e-Sign Act¹⁰⁶, ενώ στην ΕΕ, το θέμα ρυθμίζεται από τον Κανονισμό (ΕΕ) 910/2014 που είναι γνωστός ως Κανονισμός eIDAS¹⁰⁷. Ο Κανονισμός eIDAS διακρίνει μεταξύ τριών τύπων ηλεκτρονικών υπογραφών, απλής, προηγμένης, και εγκεκριμένης. Εξ αυτών, μόνο η εγκεκριμένη υπογραφή έχει πλήρη νομική αποδεικτική ισχύ και θεωρείται ισότιμη με την ιδιόγραφο, χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι τα άλλα δύο είδη δεν έχουν καμία αξία. Προκειμένου μία ηλεκτρονική υπογραφή να θεωρηθεί εγκεκριμένη, θα πρέπει να πληροί όλα τα κριτήρια μίας προηγμένης υπογραφής (eIDAS αρθ. 26), ήτοι:

1. Να συνδέεται κατά τρόπο μοναδικό με τον υπογράφοντα
2. Να είναι ικανή να ταυτοποιεί τον υπογράφοντα
3. Να δημιουργείται με δεδομένα δημιουργίας ηλεκτρονικής υπογραφής τα οποία ο υπογράφων μπορεί, με υψηλό βαθμό εμπιστοσύνης, να χρησιμοποιεί υπό τον αποκλειστικό του έλεγχο, και
4. Να συνδέεται με τα δεδομένα που έχουν υπογραφεί σε σχέση με αυτήν κατά τρόπο ώστε να μπορεί να ανιχνευθεί οποιαδήποτε επακόλουθη τροποποίηση των εν λόγω δεδομένων.

¹⁰⁵ Fang, Weidong, Wei Chen, Wuxiong Zhang, Jun Pei, Weiwei Gao, και Guohui Wang. «Digital Signature Scheme for Information Non-repudiation in Blockchain: A State of the Art Review». *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking* 2020, n.o 1 (4 Μαρτίου 2020). <https://doi.org/10.1186/s13638-020-01665-w>.

¹⁰⁶ Office of the Federal Register, National Archives and Records Administration. "Public Law 106 - 229 - Electronic Signatures in Global and National Commerce Act". Government. U.S. Government Printing Office, June 29, 2000. <https://www.govinfo.gov/app/details/PLAW-106publ229>.

¹⁰⁷ Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 910/2014 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Ιουλίου 2014, σχετικά με την ηλεκτρονική ταυτοποίηση και τις υπηρεσίες εμπιστοσύνης για τις ηλεκτρονικές συναλλαγές στην εσωτερική αγορά και την κατάργηση της οδηγίας 1999/93/ΕΚ. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX:32014R0910>.

και επιπλέον, θα πρέπει να βασίζεται σε ένα εγκεκριμένο πιστοποιητικό και να έχει δημιουργηθεί από μία εγκεκριμένη συσκευή δημιουργίας υπογραφής (eIDAS αρθ. 28, 29, 30). Αυτά τα πιστοποιητικά προϋποθέτουν ότι ο υπογράφων έχει λάβει την ηλεκτρονική υπογραφή του από κάποιον εγκεκριμένο πάροχο υπηρεσιών εμπιστοσύνης, δηλαδή μία κεντρική αρχή που πληροί όλες τις τεχνικές προδιαγραφές, συμμορφώνεται πλήρως με τις κανονιστικές επιταγές, είναι γνωστή και αναγνωρισμένη, και ουσιαστικά πιστοποιεί την αλήθεια και την ακρίβεια της ηλεκτρονικής υπογραφής.

Η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να λειτουργήσει ως εναλλακτική μέθοδος ηλεκτρονικής υπογραφής, παρέχοντας μια αποκεντρωμένη και ασφαλή πλατφόρμα για την επαλήθευση της ταυτότητας. Ένα έγγραφο μπορεί να μεταφορτωθεί στο blockchain όπου θα λάβει μία κρυπτογραφική συνάρτηση (cryptographic hash) αφήνοντας ένα αποτύπωμα επί του block. Ο υπογράφων, που ανεβάζει το έγγραφο, θα χρησιμοποιήσει το ιδιωτικό κρυπτογραφικό κλειδί του για να υπογράψει το αποτύπωμα του εγγράφου, κάτι το οποίο θα μπορεί να επικυρωθεί από τους συμμετέχοντες κόμβους που διαθέτουν το δημόσιο κλειδί. Η καταγραφή θα περάσει στο blockchain και θα λάβει χρονοσήμανση, στο δε έγγραφο θα προσαρτηθεί το δημόσιο κλειδί, δυνάμει του οποίου, όλοι οι κόμβοι θα μπορούν να επαληθεύσουν ότι έχει τεθεί μία ηλεκτρονική υπογραφή. Όπως και με τα δεδομένα υγείας, το ίδιο το έγγραφο δεν αποθηκεύεται επί του blockchain, παρά μόνο η επικύρωσή του. Αν όμως το αρχικό αρχείο υποστεί κάποια αλλαγή, το αποτύπωμα του επικυρωμένου δεν θα ταιριάζει με το αποτύπωμα του τροποποιημένου εγγράφου, εκτός αν αυτό εγγραφεί εκ νέου στο blockchain, δηλαδή αν ο σκοπός ήταν να περάσουν στο blockchain ακριβείς χρονοσημάνσεις των τροποποιήσεων που υφίσταται ένα αρχείο. Αυτή η (τεχνικά απλουστευμένη) περιγραφή είναι στην πραγματικότητα μία αυτοματοποιημένη διαδικασία σε μεγάλο βαθμό που συμβαίνει κάθε φορά που ένας κόμβος προσθέτει μία νέα εγγραφή στο blockchain.

Η διαφάνεια και η αμεταβλητότητα του συστήματος, σε συνδυασμό με τους εξελεγμένους μηχανισμούς ταυτοποίησης που αναπτύχθηκαν παραπάνω (βλ. κεφ. 3.5.1) μπορούν να εγγυηθούν ότι μια υπογραφή που τίθεται επί της αλυσίδας των blocks είναι τουλάχιστον από τεχνική άποψη όμοια με μια προηγμένη υπογραφή (e-IDAS αρθ. 26). Το μοναδικό κλειδί που διαθέτει ο χρήστης, εξασφαλίζει ότι η υπογραφή συνδέεται αποκλειστικά με

αυτόν, και η αναλλοίωτη φύση των καταγραφών στο blockchain εξαλείφει το ενδεχόμενο τροποποίησης των υπογεγραμμένων δεδομένων. Το ζήτημα είναι ότι εξαιτίας του αποκεντρωμένου χαρακτήρα του blockchain, ελλείπει κάποια αρχή πιστοποίησης, ένας πάροχος υπηρεσιών εμπιστοσύνης που θα μπορούσε να καταστήσει την υπογραφή εγκεκριμένη κατά τα κριτήρια του eIDAS¹⁰⁸.

Στην πράξη, έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές προηγμένης ηλεκτρονικής υπογραφής εγγράφων που βασίζονται στην τεχνολογία blockchain. Μία από τις πιο γνωστές πλατφόρμες είναι η DoxyChain, που παρέχει υπογραφές και πιστοποιητικά που πληρούν τις προδιαγραφές του eIDAS για προηγμένη υπογραφή¹⁰⁹. Ιδιαίτερη μνεία χρήζει μια εφαρμογή που αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο Εφαρμοσμένων Επιστημών της Ζυρίχης (Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, ZHAW) σε συνεργασία με την SwissCom, που αποτελεί την πρώτη εγκεκριμένη ψηφιακή υπογραφή που βασίζεται σε τεχνολογία blockchain, αξιοποιώντας τη διάταξη της SwissCom για να παρέχει την απαραίτητη σχετική πιστοποίηση¹¹⁰.

3.5.3. Γνησιότητα Εγγράφων, δικαστικά τεκμήρια, και συμβολαιογραφικές πράξεις

Συμπληρωματικά προς τους μηχανισμούς ταυτοποίησης και τις ψηφιακές υπογραφές, είναι εύκολο πλέον να φανταστούμε προεκτάσεις αυτών των εφαρμογών του blockchain σχετικές με τα έγγραφα. Το blockchain ουσιαστικά δίνει τη δυνατότητα για πιστοποίηση της γνησιότητας εγγράφων, πολυμέσων, και παντός άλλου αρχείου. Όλες οι συναλλαγές είναι ανιχνεύσιμες, άρα όλα τα έγγραφα που επικυρώνονται δια του blockchain μπορούν να ελεγχθούν χωρίς αμφιβολία περί της γνησιότητάς τους, ή τουλάχιστον της ταύτισής τους με το αρχικό έγγραφο που μεταφορτώθηκε στο blockchain. Αυτή η ιδιότητα του blockchain, μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη και στην αποδεικτική διαδικασία στο δικαστήριο, αφού η προσκόμιση εγγράφων και λοιπών τεκμηρίων προς απόδειξη θα

¹⁰⁸ Κανέλλος, Λεωνίδας. *Smart Contracts: Νομικές Προκλήσεις και Επιχειρηματικές Προοπτικές*. Νομική Βιβλιοθήκη, 2022, σελ 159-161.

¹⁰⁹ DoxyChain. «Anyone Can Secure Their Signed Documents and Agreements with Blockchain. Just Try DoxyChain.» Προσπέλαση 23 Ιουλίου 2024. <https://www.doxychain.com/products/esign>.

¹¹⁰ Bärtschi, Harald, και Jörg Osterrieder. «First-ever Qualified Electronic Signature for Blockchain». *ZHAW School Of Management and Law*, 29 Ιανουαρίου 2019. <https://www.zhaw.ch/en/sml/about-us/press-news/newsdetail/event-news/first-ever-qualified-electronic-signature-for-blockchain/>.

μπορούσε να αξιοποιεί το blockchain, ώστε να απαλλάσσεται πλέον από τον κίνδυνο της παραποίησης των εγγράφων, ή από δυσχέρειες σχετικές με την οργάνωση και αρχειοθέτηση στα δικαστήρια.

Επίσης, η τεχνολογία αυτή θα μπορούσε να λειτουργήσει επικουρικά στο λειτούργημα του συμβολαιογράφου, ή ακόμη και να αντικαταστήσει πλήρως αυτό το επάγγελμα. Κύριο έργο ενός συμβολαιογράφου είναι ουσιαστικά η επικύρωση μίας έννομης πράξης και η επαλήθευση της ταυτότητας των συμβαλλόμενων και της ακρίβειας των συμφωνηθέντων μίας σύμβασης. Μία αποκεντρωμένη συμβολαιογραφική υπηρεσία έχει ως στόχο να παρέχει τις υπηρεσίες ενός παραδοσιακού συμβολαιογράφου χωρίς να βασίζεται σε ένα μόνο τρίτο μέρος. Η τεχνολογία blockchain, με τις εγγενείς ιδιότητες αμεταβλητότητας και χρονοσήμανσης, είναι κατάλληλη για αυτόν τον ρόλο. Το blockchain επιτρέπει την ασφαλή καταγραφή, διασφαλίζοντας ότι τα καταγεγραμμένα δεν μπορούν να τροποποιηθούν στο μέλλον. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του καταμεμημένου μηχανισμού συναίνεσης, όπου οι miners επικυρώνουν και προσθέτουν πληροφορίες στην αλυσίδα μπλοκ. Εκ της φύσεώς της λοιπόν, η συγκεκριμένη τεχνολογία ενδείκνυται για τη δημιουργία απόδειξης ύπαρξης ή απόδειξης ιδιοκτησίας για ψηφιακά έγγραφα. Χάρη στο blockchain είναι δυνατή η απόδειξη της ύπαρξης και της ακεραιότητας ενός εγγράφου σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Από τον συνδυασμό των δυνατοτήτων ακριβούς μηχανογράφησης με τη χρήση ενός συστήματος ταυτοποίησης επί του blockchain (βλ. Κεφ. 3.5.1) θα μπορούσε να προκύψει ένας εξ ολοκλήρου ψηφιακός και αποκεντρωμένος συμβολαιογράφος που θα επιτελούσε τις ίδιες αποδεικτικές λειτουργίες. Το βασικότερο κενό σε αυτήν την εκδοχή θα ήταν η εξακρίβωση ότι τα συμβαλλόμενα μέρη έχουν πράγματι λάβει πλήρη γνώση της σύμβασης Αυτό θα μπορούσε να λυθεί εύκολα, αν οι συμβαλλόμενοι προσέθεταν μία επιπλέον πληροφορία στο σχετικό block, ώστε να επιβεβαιώνουν ότι κατανοούν το περιεχόμενο των συμφωνηθέντων.

Τα υπάρχοντα συμβολαιογραφικά συστήματα blockchain (Blocksign, Stampd, ProveBit) αντιμετωπίζουν ωστόσο περιορισμούς όσον αφορά την ακρίβεια των χρονοσημάνσεων. Οι χρονοσημάνσεις των μπλοκ βασίζονται στην τοπική ώρα του miner και μπορεί να παρουσιάζουν αποκλίσεις. Αυτή η ανακρίβεια μπορεί να αποβεί μοιραία σε περιπτώσεις

όπου ο ακριβής χρονισμός είναι κρίσιμος, όπως η παρακολούθηση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ωστόσο, παρά τους περιορισμούς αυτούς, η τεχνολογία blockchain προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για την αυτοματοποιημένη απόδειξη της ύπαρξης και την αυτόματη καταγραφή και επαλήθευση της ύπαρξης περιεχομένου, παρέχει ασφάλεια χωρίς να απαιτείται αμοιβαία εμπιστοσύνη μεταξύ των μερών και μειώνει σημαντικά το κόστος και τον χρόνο σε σύγκριση με τις παραδοσιακές συμβολαιογραφικές υπηρεσίες¹¹¹ ή τις υπηρεσίες δικαστικού επιμελητή, που επίσης απαιτούν βέβαιη χρονολόγηση.

3.5.4. Προστασία της διανοητικής ιδιοκτησίας

Η διαχείριση της διανοητικής ιδιοκτησίας (ΔΙ), συμπεριλαμβανομένης της προστασίας των έργων και της διεκδίκησης των σχετικών δικαιωμάτων, αντιμετωπίζει πολυάριθμες προκλήσεις στην ψηφιακή εποχή. Οι παραδοσιακές μέθοδοι διαχείρισης της διανοητικής ιδιοκτησίας είναι συχνά αναποτελεσματικές, δαπανηρές, και δεκτικές σε απάτες. Δεν είναι σπάνια φαινόμενα όπως η παράνομη χρήση και εν γένει η προσβολή των πνευματικών δικαιωμάτων, που οδηγούν σε διαμάχες σχετικά με την πατρότητα και την αδειοδότηση. Συγχρόνως, η κατοχύρωση των δικαιωμάτων και συνακόλουθα η απόδειξη της πρωτοτυπίας και της κυριότητας των δημιουργών, είναι πολύπλοκες διαδικασίες και εν πολλοίς ανομοιογενείς ανάλογα με τη φύση του έργου και αν πρόκειται για έργο προστατευόμενο ως πνευματική ή ως βιομηχανική ιδιοκτησία.

Σε αντίθεση με τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας και τα εμπορικά σήματα, τα οποία συνήθως απαιτούν καταχώριση σε επίσημη αρχή, τα πνευματικά δικαιώματα συχνά δεν καταχωρίζονται, αφήνοντας στους δημιουργούς το βάρος της απόδειξης της κυριότητας και της καθιέρωσης χρονικής προτεραιότητας¹¹². Αυτή η έλλειψη επίσημης καταχώρισης καθιστά δυσχερή τη διεκδίκηση των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας, καθώς οι δημιουργοί οφείλουν να αποδείξουν την πρωτοτυπία και την χρονολογία δημιουργίας των έργων τους. Παράλληλα, το υφιστάμενο πλαίσιο για τη διαχείριση των δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας είναι κατακερματισμένο, καθώς δεν υπάρχει μια κεντρική βάση

¹¹¹ Di Francesco Maesa, Damiano, και Paolo Mori. «Blockchain 3.0 Applications Survey». *Journal of Parallel and Distributed Computing* 138 (1 Απριλίου 2020): 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019>, σελ 108.

¹¹² Σταυρίδου, Σύλβια. «Η Τεχνολογία Blockchain και η Εφαρμογή της στην Πνευματική Ιδιοκτησία». Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, 2024. <http://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/30267>, σελ. 38

δεδομένων που να συγκεντρώνει όλα τα δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας. Σε κάθε δικαιοδοσία διατηρείται ξεχωριστό μητρώο, που σημαίνει ότι η αναζήτηση της χρονικής προτεραιότητας απαιτεί έρευνα σε πολλαπλές βάσεις, με διαφορετική λειτουργία¹¹³.

Η τεχνολογία blockchain μπορεί να προσφέρει λύσεις στα προβλήματα που αντιμετωπίζει η διαχείριση των δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του blockchain είναι ότι δημιουργεί μια αποκεντρωμένη και αδιάβλητη βάση δεδομένων που θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως ένα αξιόπιστο μητρώο των δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας. Αξιοποιώντας την αλυσίδα των blocks, θα μπορούσε να συγκροτηθεί ένας πλήρης και διαφανής κατάλογος, όπου θα αποθηκεύονται με ασφάλεια και θα είναι εύκολα προσβάσιμα όλα τα δικαιώματα και τα στοιχεία που σχετίζονται με τα έργα διανοητικής ιδιοκτησίας. Ένα τέτοιο μητρώο θα παρείχε μια σαφή, χρονοσημασμένη παρακολούθηση της κατοχής δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας, ρυθμίζοντας έτσι τα ζητήματα της απόδειξης της χρονικής προτεραιότητας και της ιδιοκτησίας αίροντας την ανάγκη για πολύπλοκες συμβατικές διαδικασίες καταχώρισης. Η καταγραφή των δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας στο blockchain θα ακολουθούσε τις ίδιες τεχνικές που έχουν ήδη αναφερθεί για την πιστοποίηση εγγράφων και άλλων αρχείων. Δηλαδή, το blockchain θα δημιουργούσε μια κρυπτογραφική συνάρτηση που θα άφηνε ένα αποτύπωμα επί του προστατευόμενου έργου. Αυτή τη διαδικασία θα μπορούσε να την κάνει ο ίδιος ο δημιουργός, χωρίς να χρειάζεται η μεσολάβηση κάποιου τρίτου οργανισμού. Αν το δικαίωμα που προσπαθεί να καταχωρίσει ένας χρήστης είναι πράγματι πρωτότυπο, τότε η συνάρτηση θα του επιτρέψει να το εγγράψει στην αλυσίδα, ειδάλλως, θα προσκρούσει σε μία προηγούμενη εγγραφή. Έτσι καταργείται η ανάγκη για ενδιάμεσους οργανισμούς, και μειώνεται το κόστος για τους δικαιούχους, αλλά και για τα κράτη τα οποία δεν χρειάζεται να χρηματοδοτούν τη διατήρηση τεράστιων διασυνδεδεμένων βάσεων δεδομένων¹¹⁴.

¹¹³ Oustry, Francois. «Blockchain Based Solutions for Intellectual Property Management». *Medium*, 21 Μαΐου 2017. <https://medium.com/@foustry/blockchain-based-solutions-for-intellectual-property-management-2ba14b51d5f6>.

¹¹⁴ Gürkaynak, Gönenç, İlay Yılmaz, Burak Yeşilaltay, και Berk Bengi. «Intellectual Property Law and Practice in the Blockchain Realm». *Computer Law and Security Report/Computer Law & Security Report* 34, n.o 4 (1 Αυγούστου 2018): 847-862. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2018.05.027>, σελ. 856.

Μια ενιαία βάση δεδομένων, που θα χρησιμοποιούσε το blockchain, θα μετέτρεπε τα δικαιώματα ΔΙ σε «Έξυπνα», αφού με κάθε ενέργεια επί των δικαιωμάτων θα προέκυπτε και μία αλληλουχία καταγραφών που θα εμφάνιζε όλες τις πράξεις που αφορούν τα κάθε δικαίωμα ξεχωριστά και μάλιστα για όλη τη διάρκεια της ισχύος του δικαιώματος. Η διαχείριση των δικαιωμάτων αυτών ευθέως από τους δικαιούχους τους θα σήμαινε αποτελεσματικότερη προστασία, εξοικονόμηση πόρων, και κυρίως καλύτερη παρακολούθηση των παραβιάσεων, των αδειοδοτήσεων, και άλλων ενεργειών¹¹⁵. Για παράδειγμα, ένα πνευματικό δικαίωμα που έχει καταχωριστεί στο blockchain, θα άνοιγε τον δρόμο για τη σύναψη έξυπνων συμβάσεων (βλ. Κεφ. 4) παροχής άδειας χρήσης, καταγραφής των σχετικών πληρωμών, και άρσης της άδειας κατά τη λήξη της σύμβασης. Χρησιμοποιώντας μία υποδομή παρόμοια με τις αγορές ψηφιακών κρυπτο-αγαθών, πρακτικά όλο το οικοσύστημα κατοχύρωσης και διαχείρισης δικαιωμάτων ΔΙ που αφορούν φυσικά έργα, θα μπορούσε να μεταφερθεί στον κόσμο του blockchain, ανοίγοντας τον δρόμο για την εναλλακτική επίλυση διαφορών όπου το δίκτυο των κόμβων θα μεσολαβούσε και θα έκρινε την έκβαση μίας διένεξης μεταξύ δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας¹¹⁶.

Στην πράξη, δεν υπάρχει κάποια κρατική αρχή ή υπερεθνική οντότητα που να εφαρμόζει την τεχνολογία blockchain σε συστήματα διαχείρισης της ΔΙ. Ωστόσο, σε ιδιωτικό επίπεδο, υπάρχουν εταιρείες που προσφέρουν εφαρμογές σχετικές με την πνευματική ιδιοκτησία βασισμένες στο blockchain. Η Bernstein Technologies, με έδρα το Μόναχο, διαθέτει μια πλατφόρμα που επιτρέπει σε εταιρείες να διαχειρίζονται ολόκληρο τον κύκλο ζωής της καινοτομίας. Εφευρέσεις, σχέδια, αποδεικτικά χρήσης μπορούν να καταχωριστούν σε σύντομο χρόνο και ένα πιστοποιητικό στο blockchain του Bitcoin αποδεικνύει την ιδιοκτησία, την ύπαρξη, και την ακεραιότητα οποιουδήποτε περιουσιακού στοιχείου ΔΙ¹¹⁷. Η Binded είναι μία startup επιχείρηση, που έχει κατασκευάσει μία εξ ολοκλήρου online

¹¹⁵ Clark, Birgit, και Ruth Burstall. «Crypto-Pie in the Sky? How Blockchain Technology Is Impacting Intellectual Property Law». *Stanford Journal of Blockchain Law & Policy*. Stanford Journal of Blockchain Law & Policy, 28 Ιουνίου 2019. <https://stanford-jblp.pubpub.org/pub/blockchain-and-ip-law/release/1>.

¹¹⁶ World Intellectual Property Organization. «Blockchain Technologies and IP Ecosystems: A WIPO White Paper». WIPO Publications, 2022. <https://doi.org/10.34667/tind.44950>,σελ. 47.

¹¹⁷ Bernstein.io. «How It Works - Blockchain for Intellectual Property». Προσπέλαση 23 Ιουλίου 2024. <https://www.bernstein.io/how-it-works>.

πλατφόρμα πνευματικής ιδιοκτησίας που επιτρέπει την ανίχνευση μη αδειοδοτημένων χρήσεων πνευματικών έργων στο διαδίκτυο. Οι δημιουργοί ανεβάζουν στο blockchain της Binded το έργο τους και το σύστημα μέσα σε δευτερόλεπτα δημιουργεί χρονοσφραγίδα και αποτύπωμα στην αλυσίδα, που συνοδεύονται από ένα σχετικό πιστοποιητικό. Κάθε παράβαση του πνευματικού έργου ανιχνεύεται από το σύστημα και ειδοποιεί απευθείας τον δικαιούχο¹¹⁸.

¹¹⁸ Lands, Nathan. «Introducing Binded». *Medium*, 9 Ιουνίου 2017. <https://blog.binded.com/introducing-binded-dab7163e3f47>.

4. Smart Contracts

Τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts)¹¹⁹ έχουν αναδειχθεί ως ένα κομβικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας blockchain. Πρόκειται όχι για πρακτική εφαρμογή του blockchain στη σύγχρονη ψηφιακή οικονομία, αλλά για μία ανεξάρτητη έννοια, που όμως συνδέεται αναμφισβήτητα με τις πρακτικές εφαρμογές της τεχνολογίας αυτής. Η σύλληψη των smart contracts προηγείται κατά πολύ από την επινόηση του blockchain και δεν συνέχεται, ούτε προϋποθέτει το blockchain για την υλοποίησή της. Μολαταύτα, η έννοια των έξυπνων συμβάσεων απέκτησε ουσιαστική σημασία με την έλευση πλατφορμών δεύτερης γενιάς του blockchain, όπως το Ethereum που έδωσαν νέα πνοή σε αυτήν τη ρηξικέλευθη ιδέα, μετατρέποντάς τη από θεωρητική κατασκευή σε ισχυρό εργαλείο για την αυτοματοποίηση και την εκτέλεση ψηφιακών συναλλαγών. Το παρόν κεφάλαιο εμβαθύνει στα έξυπνα συμβόλαια, αναδεικνύοντας την κρίσιμη σημασία τους στην ευρύτερη συζήτηση των πρακτικών χρήσεων του blockchain, αναγνωρίζοντας παράλληλα την ξεχωριστή φύση και εξέλιξή τους.

4.1. Ιστορία και ανάπτυξη

4.1.1. Επινόηση και ορισμός των smart contracts

Εμπνευστής των έξυπνων συμβάσεων είναι ο ουγγρικής καταγωγής Αμερικανός πληροφορικός και νομομαθής, Nick Szabo, ο οποίος μέσα από μια σειρά επιστημονικών άρθρων και δημοσιεύσεων τη δεκαετία του 1990 εισηγήθηκε τη δημιουργία ενός νέου τύπου συμβάσεων σε μορφή κώδικα, με τον οποίο οι συμβαλλόμενοι θα συνομολογούν ελεύθερα την συμβατική σχέση. Ο όρος smart contract εμφανίστηκε για πρώτη φορά σε άρθρο του το 1994¹²⁰, όπου ορίζει ως έξυπνο συμβόλαιο «ένα μηχανογραφημένο

¹¹⁹ Ο όρος «smart contracts» στα ελληνικά αρχικώς αποδόθηκε ως «έξυπνα συμβόλαια». Εννοιολογικά είναι πιο δόκιμο να κάνουμε λόγο για «έξυπνες συμβάσεις», καθώς δεν πρόκειται για αυστηρά για πράξεις με συμβολαιογραφικό χαρακτήρα. Στην παρούσα εργασία, όπως και στο μεγαλύτερο μέρος της ελληνικής βιβλιογραφίας, οι τρεις εκδοχές του όρου χρησιμοποιούνται εναλλάξιμα, ως ταυτόσημοι, δίχως διάκριση.

¹²⁰ Szabo, Nick. «Smart Contracts», 1994. <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>.

πρωτόκολλο συναλλαγών που εκτελεί τους όρους μιας σύμβασης»¹²¹. Από τεχνική άποψη, τα έξυπνα συμβόλαια είναι απλά αποσπάσματα (snippets) κώδικα που ακολουθούν μια λογική «αν-τότε» (if-then). Εάν η συνθήκη που ορίζεται στον κώδικα επέλθει, τότε ενεργοποιείται μια απόκριση και πραγματοποιείται μια ενέργεια/συναλλαγή¹²². Οι έξυπνες συμβάσεις λοιπόν, αποτελούν συμφωνίες, η εκτέλεση των οποίων είναι αυτοματοποιημένη, αφού συνάπτονται μέσω ενός προγράμματος, ο κώδικας του οποίου μεταφέρει τις συμβατικές ρήτρες σε εκτελέσιμο πρόγραμμα. Ο όρος smart υποδηλώνει την ύπαρξη και την εκτέλεση λογικής ακολουθίας, όπως αυτή συνάγεται από τους συμβατικούς όρους. Κατά μία άποψη¹²³ βέβαια, τόσο ο όρος ‘έξυπνη’ όσο και ο όρος ‘σύμβαση’ είναι παραπλανητικοί, αφού ένα smart contract περιέχει *ανόητο*¹²⁴ κώδικα λογισμικού υπολογιστή και δεν έχει το ίδιο από μόνο του νομική ισχύ.

Στην πραγματικότητα, η σύγχρονη καθημερινότητα είναι γεμάτη από «έξυπνες» συμβάσεις, δηλαδή καθημερινές συναλλαγές που από νομική άποψη αποτελούν συμβάσεις, οι οποίες εκτελούνται με τρόπο αυτοματοποιημένο, χάρη στη χρήση εκτελούμενου κώδικα. Ο ίδιος ο εμπνευστής των smart contracts περιγράφει τον αυτόματο πωλητή (vending machine) ως έξυπνη σύμβαση σε ένα πρώιμο στάδιο. Τα άτομα εισάγουν κέρματα στο μηχάνημα και - εάν το ποσό που εισάγεται είναι σωστό - το μηχάνημα παραδίδει τα αγαθά που ζήτησαν¹²⁵. Αυτή η προβλέψιμη αλληλεπίδραση απαιτεί ελάχιστη έως καθόλου εμπιστοσύνη μεταξύ των συμβαλλομένων μερών: ο αυτόματος πωλητής δεν έχει άλλη επιλογή από το να παραδώσει τα αγαθά μόλις λάβει τα χρήματα. Η τεχνολογική υποδομή του μηχανήματος αποτελεί εγγύηση ότι η σύμβαση θα εκτελεστεί όπως προβλέπεται. Ένα πιο σύγχρονο παράδειγμα είναι τα ενοικιαζόμενα

¹²¹ Μετάφραση από το πρωτότυπο: «A smart contract is a computerized transaction protocol that executes the terms of a contract».

¹²² Jesse, Norbert. «“Cut Out the Middleman” – Automating Business Processes with Blockchains and Smart Contracts». *IFAC-PapersOnLine* 55, n.o 39 (1 Ιανουαρίου 2022): 352-357. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.12.079>, σελ. 353-354.

¹²³ Giancaspro, Mark. «Is a ‘Smart Contract’ Really a Smart Idea? Insights From a Legal Perspective». *Computer Law and Security Report/Computer Law & Security Report* 33, n.o 6 (1 Δεκεμβρίου 2017): 825-835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>, σελ. 829.

¹²⁴ Συνηθίζεται ανάμεσα στους πληροφορικούς ο χαρακτηρισμός του κώδικα ως «χαζού» δηλαδή ως απλής σειράς εντολών που ο «έξυπνος» άνθρωπος καθορίζει.

¹²⁵ De Filippi, Primavera, Chris Wray, και Giovanni Sileno. «Smart Contracts». *Internet Policy Review* 10, n.o 2 (20 Απριλίου 2021). <https://doi.org/10.14763/2021.2.1549>.

πατίνια. Για την ενουκίασή τους δεν απαιτείται συμφωνία και διαπραγμάτευση πριν από την υπογραφή της μίσθωσης. Χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή στο κινητό και μια τραπεζική κάρτα, ο αναβάτης ξεκλειδώνει το πατίνι και η εφαρμογή χρεώνει την κάρτα του όταν η διαδρομή ολοκληρωθεί¹²⁶.

Γενικεύοντας λοιπόν, οι έξυπνες συμβάσεις παρουσιάζουν κάποια μοναδικά χαρακτηριστικά¹²⁷:

- Είναι «αυτοεκτελέσιμες», καθώς εφαρμόζονται αυτοματοποιημένα, ανάλογα με το επιλεγμένο πρόγραμμα, το πρωτόκολλο και τον μηχανισμό πληρωμής, μέσω των οποίων θα ολοκληρώσουν την αποστολή τους.
- Είναι «αυτοκαθοριζόμενες» αφού αποκλείουν την παρέμβαση τρίτων
- Είναι «αυτοεμπιστεύσιμες», δηλαδή τα μέρη εναποθέτουν την εμπιστοσύνη τους για την εκτέλεση της συναλλαγής, όχι το ένα στο άλλο, αλλά στο ίδιο το σύστημα¹²⁸.
- Η εκπλήρωσή τους είναι αποκλειστικά ψηφιακή.

4.1.2. Smart Contracts επί του Blockchain

Όπως έχει ήδη αναπτυχθεί, ένα blockchain μπορεί να περιέχει οποιοδήποτε είδος δεδομένων στις εγγραφές του, συμπεριλαμβανομένου του κώδικα, καθώς και πληροφοριών για τον κώδικα, όπως το πότε, υπό ποιες συνθήκες, πόσες φορές, και από ποιον χρήστη εκτελέστηκε το σχετικό πρόγραμμα. Σε ένα blockchain που υποστηρίζει έξυπνες συμβάσεις, ο μηχανισμός κατανεμημένης συναίνεσης επικυρώνει την εκτέλεση του κώδικα που αναφέρεται σε κάποιο smart contract και περιέχεται σε ένα block. Κατά βάση, ένας χρήστης ή ένα εξωτερικό γεγονός, που έχει προκαθοριστεί από τον χρήστη, πραγματοποιεί μία κλήση λειτουργίας (function call) σε ένα απόσπασμα (snippet) στο αποθετήριο κώδικα (code repository) που αποθηκεύεται στο blockchain εκτελείται στο τρέχον block. Κάθε συμμετέχων κόμβος μπορεί να εκτελέσει εκ νέου τον κώδικα που

¹²⁶ Vigliotti, Maria G. «What Do We Mean by Smart Contracts? Open Challenges in Smart Contracts». *Frontiers In Blockchain* 3 (3 Φεβρουαρίου 2021). <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.553671>.

¹²⁷ Ιγγλεζάκης, Ιωάννης. *Το δίκαιο της Ψηφιακής Οικονομίας*. Εκδόσεις Σάκκουλα, 2022, σελ. 236-237.

¹²⁸ Παπαδημόπουλος, Ιωάννης. «Η Δογματική Ένταξη των Smart Contracts στο Δίκαιο των Συμβάσεων». *Χρονικά Ιδιωτικού Δικαίου*, τεύχος 6 (Ιούνιος-Ιούλιος 2020): 469.

περιέχεται σε ένα παλαιότερο block και να ελέγξει αν τα αποτελέσματα είναι σωστά, δηλαδή τα αναμενόμενα.

Πρακτικά, κάθε σύμβαση που περιλαμβάνει αιτιοκρατικούς όρους, δηλαδή όρους, η πλήρωση των οποίων μπορεί να διαπιστωθεί αντικειμενικά, θεωρητικά μπορεί να μετατραπεί σε smart contract. Κάθε όρος μπορεί να μεταφραστεί σε κώδικα και κάθε μεταβλητή που συνδέεται αιτιωδώς με τον συγκεκριμένο όρο, να τροφοδοτείται στο σύστημα ως αληθής/ψευδής δήλωση (true/false statement). Μία πηγή εισόδου (input source) που έχει περάσει στον κώδικα, παρακολουθεί την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η μεταβλητή συνθήκη και σε άμεσο χρόνο ενημερώνει το σύστημα για την επέλευση ενός προκαθορισμένου γεγονότος-εναύσματος (trigger event). Για παράδειγμα, ένα αυτοματοποιημένο σύστημα παρακολουθεί την τιμή μιας μετοχής. Μόλις η τιμή πέσει κάτω από μια προκαθορισμένη αξία, το σύστημα έχει λάβει εντολή να πουλήσει τις μετοχές στο χαρτοφυλάκιο του χρήστη¹²⁹. Εν ευρεία εννοία λοιπόν, ένα smart contract είναι μία αυτό-εκτελούμενη σύμβαση που λαμβάνει χώρα σε ψηφιακό περιβάλλον, και καθορίζεται από μία αυτοματοποιημένη απόφαση. Ασφαλώς, αποκλείεται η μεταφορά σε ψηφιακό περιβάλλον μίας σύμβασης όπου απουσιάζει αυτό το χαρακτηριστικό της αιτιότητας. Είναι προφανές ότι σύνθετες αποφάσεις, όπως η στάθμιση μίας συνθήκης, η εκτίμηση στοιχείων που εμπίπτουν στη διακριτική ευχέρεια, ή η ερμηνεία αφηρημένων νομικών εννοιών (πχ. καλή πίστη, χρηστά ήθη), εξακολουθεί να απαιτεί ανθρώπινη παρέμβαση¹³⁰.

Η πραγματική δυναμική των smart contracts αναδεικνύεται όταν αυτά εκτελούνται πάνω στο blockchain. Η τοποθέτηση και εκτέλεση ενός smart contract επί του blockchain, χαρίζει όλα τα πλεονεκτήματα της ΤΚΚ στην εκπλήρωση της έξυπνης σύμβασης, και ουσιαστικά ανοίγει τον δρόμο για την υλοποίηση του οράματος του Szabo, δηλαδή τη λειτουργία έξυπνων συμβάσεων που είναι πιο σύνθετες από μια αυτοματοποιημένη συναλλαγή.

¹²⁹ Giancaspro, Mark. «Is a 'Smart Contract' Really a Smart Idea? Insights From a Legal Perspective». *Computer Law and Security Report/Computer Law & Security Report* 33, n.o 6 (1 Δεκεμβρίου 2017): 825-835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>, σελ. 833.

¹³⁰ Ιγγλεζάκης, Ιωάννης. *Το δίκαιο της Ψηφιακής Οικονομίας*. Εκδόσεις Σάκκουλα, 2022, σελ. 234-236

Πρακτικά, ένα smart contract που τρέχει πάνω στο blockchain επωφελείται από τις εξής ιδιότητες¹³¹:

- **Ατομικότητα:** Η σύμβαση εκτελείται ή αποτυγχάνει, δίχως αυτό να επηρεάζει την υπόλοιπη αλυσίδα.
- **Γνωστή Προέλευση:** Ο κώδικας του smart contract μπορεί να εκτελεστεί μόνο με ανιχνεύσιμες εξωτερικές κλήσεις λειτουργίας (function calls).
- **Άμεση Διαθεσιμότητα και Διαφάνεια:** Ο κώδικας και τα σχετικά δεδομένα είναι πάντα διαθέσιμα και ορατά στο blockchain.
- **Αμεταβλητότητα:** Ο κώδικας, άρα και τα αποτελέσματά του, δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή να αλλοιωθούν μετά την εγγραφή στο blockchain
- **Αυτοεπικύρωση:** Η επικύρωση της σύμβασης γίνεται από το ίδιο το σύστημα blockchain, αφού αποδεικνύεται και πιστοποιείται η ύπαρξη της σύμβασης από το σύνολο μετεχόντων στο blockchain.
- **Ύπαρξη στο διηλεκές:** Ο κώδικας και τα δεδομένα δεν μπορούν να αφαιρεθούν, παρά μόνο εάν αυτό ορίζεται από τον ίδιο των κώδικα (αυτοκαταστροφή δεδομένων).

Η τεχνολογία blockchain επιτρέπει την αποτελεσματική λειτουργία έξυπνων συμβάσεων παρέχοντας μια απλή και οικονομική πλατφόρμα, εξαλείφοντας την ανάγκη για ενδιάμεσους, και παρέχοντας διαφάνεια στην εκτέλεση των συναλλαγών. Χωρίς το blockchain, δεν θα μπορούσαν να υπάρχουν σύνθετα έξυπνα συμβόλαια¹³². Ουσιαστικά, το blockchain προσφέρει ένα κατακεντρωμένο και αποκεντρωμένο σύστημα εμπιστοσύνης, το οποίο είναι ανθεκτικό σε παραβιάσεις και επιθέσεις. Δεδομένου ότι οι έξυπνες συμβάσεις εκτελούνται αυτόνομα και χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης, αυτό είναι κρίσιμο για τα smart contracts, αφού απαιτείται απόλυτη ασφάλεια και αξιοπιστία για να λειτουργήσουν όπως προβλέπεται. Το αμετάβλητο του blockchain σημαίνει ότι τα δεδομένα και οι όροι της σύμβασης δεν μπορούν να τροποποιηθούν μετά την εγγραφή

¹³¹ Di Francesco Maesa, Damiano, και Paolo Mori. «Blockchain 3.0 Applications Survey». *Journal of Parallel and Distributed Computing* 138 (1 Απριλίου 2020): 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019>, σελ. 101.

¹³² Giancaspro, Mark. «Is a ‘Smart Contract’ Really a Smart Idea? Insights From a Legal Perspective». *Computer Law and Security Report/Computer Law & Security Report* 33, n.o 6 (1 Δεκεμβρίου 2017): 825-835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>, σελ. 827.

τους, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα και τη διαφάνεια των συναλλαγών. Με αυτόν τον τρόπο, το blockchain είναι καταλύτης για την εξέλιξη των έξυπνων συμβολαίων, και θεμέλιο πάνω στο οποίο αυτά μπορούν να λειτουργήσουν με ασφάλεια, αυτονομία, και διαφάνεια, κάτι που δεν είναι αυτονόητο για ένα smart contract εκτός blockchain.

4.2. Νομική αντιμετώπιση των smart contracts

4.2.1. Η ανάγκη για νομοθετικό πλαίσιο

Καθώς οι έξυπνες συμβάσεις γίνονται όλο και πιο διαδεδομένες σε διάφορους τομείς, η θέσπιση ενός νομικού πλαισίου που θα διέπει τη χρήση τους έχει καταστεί απαραίτητη. Οι έξυπνες συμβάσεις εκτελούν συναλλαγές με βάση προκαθορισμένους όρους που κωδικοποιούνται σε πρωτόκολλα υπολογιστών και αμφισβητείται αν αποτελούν συμβάσεις αυτές καθ' εαυτές. Ανακύπτουν, λοιπόν, ζητήματα όπως η εκτελεστικότητα, η επίλυση διαφορών, και η διάσταση μεταξύ κώδικα και νομικής γλώσσας, που καθιστούν αναγκαία την ύπαρξη σαφών κανονισμών. Το όποιο νομικό πλαίσιο πρέπει να διασφαλίζει ότι οι έξυπνες συμβάσεις αναγνωρίζονται ως συμβάσεις ή ως κομμάτι της εκπλήρωσης μιας σύμβασης, σύμφωνα με τα παραδοσιακά νομικά συστήματα, και συγχρόνως να προστατεύει όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.

Μολονότι στον κόσμο της πληροφορικής υπάρχει σε μεγάλο βαθμό ομόνοια για τις τεχνικές προδιαγραφές ενός smart contract, δεν υφίσταται κοινώς αποδεκτός νομοθετικός ορισμός των Smart Contracts. Ενδεικτικά, στο ιταλικό δίκαιο (Διάταγμα 135/2018)^{133 134}: «Ως “Έξυπνο Συμβόλαιο” ορίζεται ένα πρόγραμμα υπολογιστή, που λειτουργεί με βάση τεχνολογίες κατανεμημένου καθολικού και η εκτέλεση του οποίου δεσμεύει αυτόματα δύο ή περισσότερα μέρη, σύμφωνα με τα προκαθορισμένα από τα ίδια τα μέρη αποτελέσματα»¹³⁵. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, τα smart contracts, έχουν αναγνωριστεί από το

¹³³ The Library of Congress. «Italy: Measures For Simplification Of Companies And Public Administration Take Effect», 5 Φεβρουαρίου 2019. <https://www.loc.gov/item/global-legal-monitor/2019-02-05/italy-measures-for-simplification-of-companies-and-public-administration-take-effect/>.

¹³⁴ Decreto Legge 135 14 dicembre 2018, Disposizioni urgenti in materia di sostegno e semplificazione per le imprese e per la pubblica amministrazione (D.L. No. 135), GAZZETTA UFFICIALE (G.U.), 14 Δεκεμβρίου 2018, <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/12/14/18G00163/sg>.

¹³⁵ Đurović, Mateja, και Franciszek Lech. «The Enforceability of Smart Contracts». *Italian Law Journal* 5, n.o 2 (2019): 493-511. <http://theitalianlawjournal.it/data/uploads/5-italj-2-2019/493-durovic-lech.pdf>, σελ. 501.

2019 ως εκτελεστές συμβάσεις σύμφωνες με το αγγλικό δίκαιο¹³⁶, με την αρμόδια επιτροπή να αναφέρει ότι «μία έξυπνη σύμβαση (που χαρακτηρίζεται από αυτοματοποίηση) είναι ικανή να έχει συμβατική ισχύ». Άλλωστε το αγγλικό δίκαιο δεν προβλέπει τύπους για την εκτελεστότητα μίας σύμβασης¹³⁷. Στο δίκαιο της Μάλτας «ως “Έξυπνο Συμβόλαιο” νοείται μία μορφή καινοτόμου τεχνολογίας, αποτελούμενη από: α) ένα υπολογιστικό πρωτόκολλο και/ή β) μία συμφωνία που συνάπτεται εν όλω ή εν μέρει σε ηλεκτρονική μορφή, η οποία είναι αυτοματοποιημένη και εκτελεστή με τη χρήση ενός κώδικα υπολογιστή, αν και ορισμένα μέρη μπορεί να απαιτούν τροφοδότηση και έλεγχο από άνθρωπο και τα οποία μπορεί να είναι εκτελεστά με τις συνήθειες νομικές μεθόδους ή με συνδυασμό και των δύο»¹³⁸. Τέλος, στις Ηνωμένες Πολιτείες, τα smart contracts αντιμετωπίζονται με σχετική ομοιογένεια και υπάρχει μόνο ελαφρώς διαφορετική προσέγγιση ανά πολιτεία. Για παράδειγμα, στην Αριζόνα, smart contract «σημαίνει ένα πρόγραμμα καθοδηγούμενο από συμβάντα, με κατάσταση, το οποίο εκτελείται σε ένα καταναλωμένο, αποκεντρωμένο, κοινόχρηστο και αναπαραγόμενο καθολικό και το οποίο μπορεί να αναλάβει τη φύλαξη και να διατάξει τη μεταφορά περιουσιακών στοιχείων σε αυτό το καθολικό», με τις πολιτείες του Βερμόντ, της Νεβάδας, και της Νέας Υόρκης να υιοθετούν παρόμοιους ορισμούς¹³⁹.

4.2.1. Η έννοια της σύμβασης

Προτού εξετάσουμε τον τρόπο που αντιμετωπίζονται νομοθετικά τα smart contracts, θα πρέπει να απαντήσουμε στο κύριο ερώτημα που προκύπτει σε σχέση με τα smart contracts, δηλαδή αν αυτά μπορούν από νομική άποψη να θεωρηθούν συμβάσεις. Η απάντηση δεν είναι προφανής. Αρχικώς πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ της κατάρτισης της σύμβασης και της εκτέλεσης αυτής. Η συζήτηση για την τοποθέτηση ενός smart contract σε υποδομή

¹³⁶ Σπυρίδωνος, Αλέξανδρος, (συν). *Έξυπνα Συμβόλαια (Smart Contracts) και Ελευθερία των Συμβάσεων*. ΚΒ' Επιστημονικό Συμπόσιο - Πανεπιστήμιο Πειραιώς/Ελεγκτικό Συνέδριο, 279-295. Εκδόσεις Σάκκουλα, 2019.

¹³⁷ UK Jurisdiction Taskforce. «Legal Statement on Cryptoassets and Smart Contracts». The LawTech Delivery Panel, Νοέμβριος 2019. Προσπέλαση 26 Ιουλίου 2024. https://www.blockchain4europe.eu/wp-content/uploads/2021/05/6.6056_JO_Cryptocurrencies_Statement_FINAL_WEB_111119-1.pdf, σελ. 31

¹³⁸ ACT No. XXXI of 2018. *Malta Digital Innovation Authority Act*, Government Gazette of Malta n.o 20.028 – 20.07.2018. <https://legislation.mt/eli/act/2018/31/eng>.

¹³⁹ Dell'Erba, Marco. «Demystifying Technology. Do Smart Contracts Require a New Legal Framework? Regulatory Fragmentation, Self-Regulation, Public Regulation.» *Social Science Research Network*, 1 Ιανουαρίου 2018. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3228445>, σελ. 31-35.

blockchain αφορά το στάδιο της εκτέλεσης και κατ' αρχήν τουλάχιστον δεν επιδρά στην αυτοτέλεια που έχει μία σύμβαση που κατά τα άλλα συνάπτεται νόμιμα¹⁴⁰.

Τυπικά, μία σύμβαση, όπως αναγνωρίζεται από το αστικό δίκαιο είναι δικαιοπραξία στην οποία συναντάται σύμπτωση των βουλήσεων δύο ή περισσότερων μερών (συμφωνία) και προκύπτει αμοιβαία δέσμευση τους¹⁴¹. Η σύναψη μίας σύμβασης προϋποθέτει την εξωτερίκευση της επιθυμίας των μερών για την επέλευση ενός εννόμου αποτελέσματος με την έκφραση μιας δήλωσης βούλησης. Σχηματικά, ο πιο συνηθισμένος τρόπος κατάρτισης της σύμβασης περιλαμβάνει την *Πρόταση* ενός μέρους και την *Αποδοχή* του έτερου μέρους, κάτι που προβλέπεται άλλωστε ρητά στον Αστικό Κώδικα (ΑΚ 186, 189). Αυτό το σχήμα δεν είναι ιδίον του ευρωπαϊκού ηπειρωτικού δικαίου, στο οποίο ανήκει και το ελληνικό δίκαιο, αλλά απαντάται στο σύνολο σχεδόν των εννόμων τάξεων ανά τον κόσμο¹⁴² (πχ. στην μητέρα του κοινού δικαίου, Αγγλία, το σχήμα ακολουθεί τη δομή πρόταση → αποδοχή → αντάλλαγμα → πρόθεση νομικής δέσμευσης)¹⁴³.

Επομένως, η κατάρτιση ενός smart contract μπορεί να θεωρηθεί κατάρτιση σύμβασης εφόσον πληρούται το ως άνω σχήμα και τα μέρη πράγματι εκφράζουν δηλώσεις βουλήσεως που φανερώνουν επιθυμία για την επέλευση ενός εννόμου αποτελέσματος και τη δέσμευση από αυτό. Όταν η πρόθεση του πρώτου συμβαλλόμενου μεταφραστεί σε κώδικα και αυτό το πακέτο λογισμικού τοποθετηθεί σε ένα καινούργιο block επί της αλυσίδας blockchain, αυτή η πράξη μπορεί να θεωρηθεί *Πρόταση* για σύναψη (έξυπνης) σύμβασης. Αυτή η πρόταση έχει δημόσιο χαρακτήρα, αφού και το blockchain έχει συνήθως δημόσιο χαρακτήρα, και σε κάθε περίπτωση ό,τι συμβαίνει στο blockchain καθίσταται γνωστό σε όλους τους κόμβους του. Η αποδοχή των όρων της σύμβασης, θα επέλθει

¹⁴⁰ Θεοδωράκης, Νικόλαος, και Γεώργιος Καλογεράκης. «Blockchain: εφαρμογές, προοπτικές και προκλήσεις για το ελληνικό νομικό σύστημα - Ιδίως οι εφαρμογές του στις έννομες σχέσεις ιδιωτικού δικαίου». *Δίκαιο Τεχνολογίας Και Επικοινωνίας (Πρώην ΔΙΜΕΕ)*, τεύχος 1/2019 (31 Μαρτίου 2019): 5-22. <https://www.qualex.gr/el-GR/periexomeno/arthrografia/arthrografia?id=746153>.

¹⁴¹ Γεωργιάδης, Απόστολος. *Γενικές Αρχές Αστικού Δικαίου*. 4^η εκδ. Δίκαιο και Οικονομία - Π.Ν. Σάκκουλας, 2012, σελ. 384.

¹⁴² Giancaspro, Mark. «Is a 'Smart Contract' Really a Smart Idea? Insights From a Legal Perspective». *Computer Law and Security Report/Computer Law & Security Report* 33, n.o 6 (1 Δεκεμβρίου 2017): 825-835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>, σελ. 829-830.

¹⁴³ Vigliotti, Maria G. «What Do We Mean by Smart Contracts? Open Challenges in Smart Contracts». *Frontiers In Blockchain* 3 (3 Φεβρουαρίου 2021). <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.553671>.

ταυτόχρονα με την εκτέλεση της σύμβασης. Και αυτό γιατί, ουσιαστικά, η πρόθεση του έτερου μέρους να συμβληθεί θα αποκαλυφθεί ευθύς με την εκτέλεση των πρωτοκόλλων που προβλέπονται στον κώδικα του smart contract. Το όλο σχήμα προσιδιάζει στην σιωπηρή κατάρτιση συμφωνίας, όπου η συμβατική σχέση γεννάται με την ίδια την εκπλήρωση της παροχής¹⁴⁴.

Παρ' όλα αυτά, το αρχικό ερώτημα παραμένει. Διότι ναι μεν, φαινομενικά σε ένα smart contract υπάρχουν τα στοιχεία εκείνα που καθορίζουν το τι σημαίνει σύμβαση, όμως, στην πραγματικότητα δεν αναφερόμαστε σε γλωσσική επικοινωνία που λαμβάνει χώρα με ηλεκτρονικά μέσα, αλλά σε λογισμικό, κώδικα, δηλαδή όχι φυσική γλώσσα. Αλλά ο κώδικας δεν αποτελεί δήλωση βουλήσεως, απευθυντέα προς το έτερο μέρος της σύμβασης. Ο χρήστης είναι εκείνος που ενσωματώνει τη βούλησή του στον κώδικα. Επομένως, οι έξυπνες συμβάσεις μάλλον δεν αποτελούν αυστηρά νομικές συμβάσεις, παρά μόνο σε ιδιαίτερες περιπτώσεις. Πρόκειται κυρίως για ένα πρωτόκολλο εκτέλεσης των όρων μιας σύμβασης. Η αρχική συμφωνία έχει συναφθεί με άλλο τρόπο, με παραδοσιακά μέσα (έστω σιωπηρά). Συνεπώς, οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να στηρίζονται σε άλλες, εξωτερικές συμβάσεις και να υλοποιούνται ως τμήμα της εκπλήρωσης αυτών. Σε άλλες περιπτώσεις, μπορεί το ίδιο το λογισμικό να δημιουργεί μία έξυπνη σύμβαση, όπως συμβαίνει με μία έξυπνη οικιακή συσκευή που αποφασίζει να αλληλεπιδράσει με τον εξωτερικό κόσμο (πχ. ένα ψυγείο κρασιών που παραγγέλνει κάποιο μπουκάλι σε έλλειψη, ένα αυτοκίνητο που προγραμματίζει αυτόματα το επόμενο ραντεβού για σέρβις). Τότε είναι χρήσιμο να εξετάσουμε ποιο είναι το πρόσωπο που έθεσε σε χρήση το λογισμικό, διότι η έξυπνη σύμβαση λειτουργεί απλώς ως εργαλείο διαβίβασης της δήλωσης βουλήσεως, η οποία έχει ήδη συντελεστεί, και επομένως το πρόσωπο δεσμεύεται για την απόφαση του κώδικα ήδη εκ των προτέρων¹⁴⁵. Πάντως σε κάθε περίπτωση, ο χρήστης, δηλαδή το πρόσωπο εξωτερικεύει μία βούληση, όχι η μηχανή. Οι νομικές συμβάσεις απαιτούν φυσική γλώσσα και, όταν αξιοποιούνται ψηφιακά μέσα,

¹⁴⁴ Κουρμπέτης, Σταύρος. «Οι Ιδιωτικές Συμβατικές Πρακτικές υπό το Πρίσμα των Ψηφιακών Τεχνολογιών». *Εφαρμογές Αστικού Δικαίου και Πολιτικής Δικονομίας*, τεύχος 7/2020 (Ιούλιος 2020): 692-698. <https://www.qualex.gr/el-GR/periexomeno/arthrografia/arthrografia?id=900344>, σελ. 697

¹⁴⁵ Θεοδωράκης, Ν., και Γ. Καλογεράκης. «Blockchain: εφαρμογές, προοπτικές και προκλήσεις για το ελληνικό νομικό σύστημα - Ιδίως οι εφαρμογές του στις έννομες σχέσεις ιδιωτικού δικαίου». *Δίκαιο Τεχνολογίας Και Επικοινωνίας (Πρώην ΔΙΜΕΕ)*, τεύχος 1/2019 (31 Μαρτίου 2019): 5-22. <https://www.qualex.gr/el-GR/periexomeno/arthrografia/arthrografia?id=746153>.

έναν συνδυασμό μεταξύ κώδικα (μηχανικής γλώσσας) και φυσικής γλώσσας. Έτσι οι έξυπνες συμβάσεις αποτελούν μέθοδο εκτέλεσης τμημάτων ή ολόκληρων συναλλαγών και όχι σύμβαση καθ' εαυτή.

Ίσως λοιπόν, οι έξυπνες συμβάσεις να αποτελούν απλά εργαλεία που μπορούν να ενταχθούν στην (παραδοσιακή) συναλλακτική πρακτική. Η συγγραφή συμβατικών όρων σε κώδικα είναι απλώς μια μέθοδος εξορθολογισμού της εκτέλεσης των συμβάσεων και ο ίδιος ο κώδικας δεν θα πρέπει να είναι θεωρείται εκτελεστή σύμβαση (καθώς θα εκφράζει πάντα κάποια άλλη, τουλάχιστον σιωπηρή, σύμβαση). Μία επόμενη θεωρία είναι ότι η έξυπνη σύμβαση είναι απλώς μία συμπληρωματική σύμβαση που επιτρέπει την εκτέλεση μίας κύριας σύμβασης. Και αυτό όμως είναι αμφιλεγόμενο, διότι ανακύπτει το ερώτημα κατά πόσον μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχει πρόθεση νομικής δέσμευσης σε μια επακόλουθη σύμβαση μόνο και μόνο επειδή φαινομενικά υπήρχε στην κύρια σύμβαση¹⁴⁶.

Στην ελληνική βιβλιογραφία, ο Λ. Κανέλλος κατατάσσει τα smart contracts ανάλογα με την εξάρτησή τους από τη φυσική γλώσσα¹⁴⁷. Η τριμερής διάκριση που κάνει, περιλαμβάνει:

- Νομικές συμβάσεις με «εξωγενή κώδικα», δηλαδή εκείνες που τυπικά καταρτίζονται με παραδοσιακό τρόπο και απλώς εκτελούνται με τη βοήθεια του blockchain.
- Συμβάσεις «νομοκώδικα», όπου η σύμβαση καθορίζεται εξ ολοκλήρου από μια γλώσσα προγραμματισμού και εκφράζεται μόνο μέσω του κώδικα.
- «Υβριδικές» συμβάσεις, δηλαδή συμβάσεις που ένα μέρος τους είναι σύμβαση του φυσικού κόσμου και το υπόλοιπο είναι «νομοκώδικας»

Στη διεθνή βιβλιογραφία, έχει υποστηριχθεί ότι, εν γένει, οι έξυπνες συμβάσεις είναι ενδεχομένως ένα (νέο;) είδος σύμβασης και όχι απλώς μια αυτοματοποίηση της

¹⁴⁶ Giancaspro, Mark. «Is a 'Smart Contract' Really a Smart Idea? Insights From a Legal Perspective». *Computer Law and Security Report/Computer Law & Security Report* 33, n.o 6 (1 Δεκεμβρίου 2017): 825-835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>, σελ. 830

¹⁴⁷ Κανέλλος, Λεωνίδας. *Smart Contracts: Νομικές Προκλήσεις και Επιχειρηματικές Προοπτικές*. Νομική Βιβλιοθήκη, 2022, σελ. 123-128.

συμβατικής εκτέλεσης¹⁴⁸. Αυτή η γνώμη ευσταθεί. Άλλωστε θα μπορούσαμε να πούμε ότι η συμβατική ελευθερία (σ' εμάς ΑΚ 361) δεν απαγορεύει τη συμβατική δέσμευση με οποιονδήποτε τρόπο και μέσο.

4.2.2. Ερμηνεία Σύμβασης

Ένα παρεπόμενο θέμα προς εξέταση είναι η ερμηνεία της έξυπνης σύμβασης. Ανεξάρτητα από τον νομικό χαρακτηρισμό ενός smart contract, η σύναψη συμβάσεων με τη χρήση αυτής της μεθόδου αποτελεί μια πραγματικότητα, και σίγουρα γίνεται δεκτό ότι στο πλαίσιο της εκτέλεσης του κώδικα ενός smart contract τελικώς εκπληρώνεται μία σύμβαση (έστω κι αν η σύμβαση είναι τελικά ανεξάρτητη από το ίδιο το smart contract).

Η θεμελίωση ενός smart contract πάνω σε ένα πρόγραμμα υπολογιστή, καθιστά την ερμηνεία του πιο πολύπλοκη σε σχέση με τις παραδοσιακές συμβάσεις. Μία σύμβαση θα πρέπει να είναι σαφής και κατανοητή στα μέρη, και να δημιουργεί νομική βεβαιότητα ως προς τα έννομα αποτελέσματά της. Ειδάλλως, οι όροι της σύμβασης που είναι αόριστοι, είναι κατά πάσα πιθανότητα και μη εκτελεστοί¹⁴⁹. Όταν προκύπτει διαφορά για το περιεχόμενο της σύμβασης, ο εφαρμοστής του δικαίου, πχ. ο δικαστής, ή ο διαιτητής, θα πρέπει να αξιολογήσει τα μεθοδολογικά εργαλεία της νομικής προκειμένου να ερμηνεύσει τους όρους της σύμβασης. Ωστόσο, ένα smart contract συντάσσεται σε κώδικα, κατά συνέπεια, η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι δυσνόητη έως και ακατανόητη για όσους δεν διαθέτουν ειδικές τεχνικές γνώσεις. Σίγουρα πάντως, ο κώδικας και πολύ περισσότερο η γλώσσα μηχανής δεν επιδέχονται ερμηνεία γραμματική, ή τελολογική¹⁵⁰. Αυτό εγείρει ερωτήματα σχετικά με το πώς τα συμβαλλόμενα μέρη, μπορούν να διασφαλίσουν ότι οι συμβάσεις αυτές είναι επαρκώς σαφείς ώστε να είναι και νομικά δεσμευτικές. Η υπόθεση ότι οι γλώσσες

¹⁴⁸ Dobrovnik, Mario, David Herold, Elmar Fürst, και Sebastian Kummer. «Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start». *Logistics* 2, n.o 3 (3 Σεπτεμβρίου 2018): 18. <https://doi.org/10.3390/logistics2030018>, σελ. 74-75.

¹⁴⁹ Giancaspro, Mark. «Is a 'Smart Contract' Really a Smart Idea? Insights From a Legal Perspective». *Computer Law and Security Report/Computer Law & Security Report* 33, n.o 6 (1 Δεκεμβρίου 2017): 825-835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>, σελ. 831.

¹⁵⁰ Σκοπίμως δεν αναφέρεται η μέθοδος της συστηματικής ερμηνείας. Θεωρητικά μία γλώσσα προγραμματισμού ακολουθεί κάποιους κανόνες γραφής (σύνταξης) και εντάσσεται σε ένα υπολογιστικό σύστημα. Συνεπώς, το σύστημα μπορεί να υποδείξει, άρα να ερμηνεύσει, το νόημα του κώδικα.

προγραμματισμού καταργούν την ασάφεια είναι εσφαλμένη. Ο κώδικας προγραμματισμού, μολονότι είναι δομημένος και λογικός, εξακολουθεί να εξαρτάται από το περιεχόμενο και τις πρακτικές που ποικίλλουν και εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Επιπλέον, κάποια συμβατική ρήτρα που μεταφράζεται σε κώδικα, μπορεί να μην αποτυπώνει με ακρίβεια την αληθινή πρόθεση των μερών. Αυτό καθιστά την ερμηνεία των έξυπνων συμβολαίων περίπλοκη, αφενός διότι το νόημα του κώδικα μπορεί να αλλάξει με βάση την έκδοση της γλώσσας προγραμματισμού ή άλλους συγκείμενους παράγοντες¹⁵¹, αφετέρου διότι ο κώδικας μπορεί να μην επαρκεί για την σωστή μεταφορά της βούλησης των συμβαλλόμενων στο ψηφιακό περιβάλλον.

Επομένως, όταν το περιεχόμενο μιας έξυπνης σύμβασης αμφισβητείται, η ερμηνεία της αποτελεί πρόκληση για τον εφαρμοστή του δικαίου¹⁵². Αν μεν θεωρήσουμε ότι ένα smart contract στηρίζεται σε μία παραδοσιακή σύμβαση που έχει εκτελεστεί στον φυσικό κόσμο, τότε το πρόβλημα περιορίζεται και ζητούμενο δεν είναι πια η εξεύρεση της πρόθεσης των μερών, αλλά η ορθή εκτέλεση. Αν όμως ένα smart contract έχει αυτοτελή φύση ως σύμβαση γραμμένη σε κώδικα, τότε η ερμηνεία γίνεται εγχείρημα που απαιτεί τεχνικές και νομικές γνώσεις. Η απόκτηση τεχνικών γνώσεων εκ μέρους του εφαρμοστή του δικαίου καθίσταται ο μόνος τρόπος για να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ της άκαμπτης λογικής των γλωσσών προγραμματισμού και της πιο ευέλικτης φύσης του παραδοσιακού ενοχικού δικαίου που βασίζεται στην ιδιωτική βούληση. Επί της ουσίας, παρότι οι έξυπνες συμβάσεις αυτοματοποιούν την εκτέλεση των συμφωνιών, η νομική τους ερμηνεία εξακολουθεί να απαιτεί μια νέα μεθοδολογική προσέγγιση που αναγνωρίζει τόσο την τεχνική όσο και τη συμβατική τους διάσταση.

4.2.3. Εκπλήρωση της σύμβασης και ανώμαλη εξέλιξη

Τα ίδια χαρακτηριστικά που κάνουν τις έξυπνες συμβάσεις τόσο ιδιαίτερες, αποτελούν συνάμα και προβληματικές ιδιότητες. Η άμεση εκτέλεση και η αμεταβλητότητα ενός smart contract, δημιουργούν ζητήματα σε περίπτωση ανώμαλης εξέλιξης. Σε μία σύμβαση

¹⁵¹ Đurović, Mateja, και Franciszek Lech. «The Enforceability of Smart Contracts». *Revija Kopaonike Skole Prirodnog Prava* 1, n.ο 1 (14 Δεκεμβρίου 2019): 73-94. <https://doi.org/10.5937/rkspp1901073d>, σελ. 83-84.

¹⁵² Κανέλλος, Λεωνίδα. *Smart Contracts: Νομικές Προκλήσεις και Επιχειρηματικές Προοπτικές*. Νομική Βιβλιοθήκη, 2022, σελ. 196.

ενδέχεται η βούληση των μερών να είναι ελαττωματική, ή να υφίσταται κάποια άλλη παθολογία, με αποτέλεσμα η σύμβαση να είναι ακυρώσιμη ή άκυρη κατά τα οριζόμενα στο δίκαιο. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι τα μέρη θα επιδιώξουν την επαναφορά των πραγμάτων στην πρότερη κατάσταση¹⁵³. Δεν είναι όμως εξίσου εύκολη η μεταφορά αυτού του δόγματος στον ψηφιακό κόσμο, ιδίως στον κόσμο του blockchain. Η αποκατάσταση της προηγούμενης κατάστασης, με όρους blockchain θα σήμαινε ότι κάποια εγγραφή που έχει ήδη περάσει σε ένα block και έχει επικυρωθεί από το δίκτυο των κόμβων, θα πρέπει τώρα να αλλάξει, να ακυρωθεί. Ο τρόπος λειτουργίας της ΤΚΚ καθιστά την τροποποίηση προηγούμενων εγγραφών αδύνατη, χωρίς την αλλοίωση και όλων των επόμενων blocks, ενέργεια καταστροφική όχι μόνο για το σύνολο της αλυσίδας, αλλά και για την αξιοπιστία του δικτύου, αφού πλήττεται το θεμελιώδες χαρακτηριστικό της αμεταβλητότητας¹⁵⁴. Ο μόνος τρόπος να αποκατασταθεί μία συναλλαγή, είναι η καταχώριση μίας καινούργιας εγγραφής στην αλυσίδα, υπό τη μορφή αντιλογισμού, η οποία θα επανέφερε τελικά τα πράγματα στην προηγούμενη κατάσταση. Θεωρητικά το πρόβλημα μπορεί να λυθεί και απλώς με την συναίνεση της πλειονότητας των κόμβων, κάτι τέτοιο όμως δεν θα ήταν λογικό να συμβεί καθώς θα άλλαζε όλη την αλυσίδα. Στις ελάχιστες περιπτώσεις που αυτό πράγματι συμβαίνει, δηλαδή η πλειονότητα μιας αλυσίδας υποστηρίζει πλέον μια διαφορετική εκδοχή της, τεχνικά προτιμάται η πρακτική «καθοριστικής διάσπασης» (hard fork)¹⁵⁵. Το hard fork στην ουσία είναι μία κατάτμηση του blockchain, προκειμένου να αναιρεθεί ένα προγενέστερο ανεπιθύμητο συμβάν και συνακολούθως να μεταβληθεί η τρέχουσα κατάσταση, κατευθύνοντας το blockchain προς τη συμφωνηθείσα από τους κόμβους κατεύθυνση. Στην πραγματικότητα δημιουργείται

¹⁵³ Ν. 4961/2022 αρθ, 47 §5 «Εφόσον λάβει χώρα εγγραφή ή συναλλαγή σε αλυσίδα συστοιχιών ή άλλη Τ.Κ.Κ., [...] το δικαστήριο δύναται να διατάξει την επαναφορά των πραγμάτων στην προτέρα κατάσταση διατάσσοντας την κατάλληλη προς τούτο εγγραφή ή συναλλαγή στην οικεία αλυσίδα συστοιχιών ή άλλη Τ.Κ.Κ. ή την αποκατάσταση της ζημιάς που προκλήθηκε στο ζημιωθέν μέρος.» – Ο νόμος προβλέπει δημιουργία μίας νέας αντιλογιστικής εγγραφής στην ίδια αλυσίδα, ή σε κάποια νέα αλυσίδα, κατά τρόπο που αποζημιώνεται το ζημιωθέν μέρος.

¹⁵⁴ Ρίζος, Ευριπίδης. «Έννομη αξιολόγηση των παθολογιών στην εκτέλεση των «έξυπνων συμβάσεων». *Εφαρμογές Αστικού Δικαίου και Πολιτικής Δικονομίας*, τεύχος 8-9/2022 (Σεπτέμβριος 2022): 958-973. <https://www.qualex.gr/el-GR/periexomeno/arthrografia/arthrografia?id=1789974>, σελ. 973.

¹⁵⁵ Φυτίλης, Γιάννης. «Τι Είναι το Bitcoin Cash και τι Σημαίνει το Hard Fork του Bitcoin» *PCsteps.gr*, 8 Φεβρουαρίου 2022. <https://www.pcsteps.gr/216861-τι-ειναι-το-bitcoin-cash-bitcoin-hard-fork/>.

μία νέα αλυσίδα που από εκείνη τη στιγμή και μετά είναι ξεχωριστή και πλέον αναγνωρίζει τις δικές της εγγραφές μόνον.

Όμοιου βεληνεκούς πρόβλημα είναι και η τροποποίηση των όρων της έξυπνης σύμβασης. Κάτι που στον φυσικό κόσμο θεωρείται αρκετά εύκολη διαδικασία εφόσον υπάρχει συμφωνία των μερών, στον κόσμο του blockchain, είναι δύσκολο εγχείρημα. Και αυτό γιατί, ακριβώς εξαιτίας της φύσης του blockchain, ένας όρος που έχει αποτυπωθεί σε smart contract δεν μπορεί να αλλαχθεί, ή να τροποποιηθεί χωρίς να κλονίσει ολόκληρη την αλυσίδα. Τα μέρη θα πρέπει να δημιουργήσουν ένα block με νέο κώδικα, που όχι μόνο θα ενσωματώνει τη νέα τους επιθυμία, αλλά θα φροντίζει να καταργεί και μέρος του παλαιότερου κώδικα, ώστε να μη δημιουργηθεί σύγχυση μεταξύ των περισσότερων πλέον blocks που καθορίζουν μαζί το περιεχόμενο της σύμβασης.

4.2.4. Έξυπνη Διαιτησία

Στην παραδοσιακή διαιτησία, ένας ουδέτερος τρίτος, ο διαιτητής, αναλαμβάνει την επίλυση μίας διαφοράς εκτός δικαστηρίων. Η «έξυπνη» διαιτησία είναι μια καινοτόμα προσέγγιση στην επίλυση διαφορών που αξιοποιεί την τεχνολογία blockchain και τα smart contracts για τη διεκπεραίωση της διαιτητικής διαδικασίας μέσα από την αυτοματοποίηση ορισμένων πτυχών, όπως η δρομολόγηση της διαδικασίας, η υποβολή αποδεικτικών στοιχείων, και η εκτέλεση της απόφασης του διαιτητή.

Τα κύρια οφέλη της έξυπνης διαιτησίας περιλαμβάνουν την αυξημένη αποδοτικότητα, τη μείωση του κόστους και την ενισχυμένη ασφάλεια. Ακριβώς επειδή οι έξυπνες συμβάσεις εκτελούνται αυτόματα με βάση προκαθορισμένες συνθήκες, είναι σε θέση να αναβαθμίσουν τη διαιτησία μειώνοντας τις χειροκίνητες διαδικασίες και τη γραφειοκρατία. Η διεύθυνση του blockchain συμβάλλει επίσης στη διασφάλιση της διαφάνειας και του απαραβίαστου της διαδικασίας, καθώς όλες οι ενέργειες και οι αποφάσεις καταγράφονται στο κατακευκτικό καθολικό.

Η έξυπνη διαιτησία περιλαμβάνει συνήθως τη δημιουργία μιας έξυπνης σύμβασης που περιγράφει τη συμφωνία διαιτησίας μεταξύ των μερών. Η σύμβαση αυτή περιλαμβάνει όρους όπως η επιλογή των διαιτητών, οι κανόνες διαιτησίας και η διαδικασία υποβολής αποδεικτικών στοιχείων. Όταν προκύπτει μια διαφορά, η έξυπνη σύμβαση ενεργοποιεί τη

διαδικασία διαιτησίας, επιτρέποντας στα μέρη να υποβάλουν τα στοιχεία τους ψηφιακά. Ο διαιτητής εξετάζει τα αποδεικτικά στοιχεία και εκδίδει μια απόφαση, την οποία η έξυπνη σύμβαση στη συνέχεια επιβάλλει με την αυτόματη μεταβίβαση περιουσιακών στοιχείων ή την εκτέλεση άλλων συμφωνημένων διορθωτικών μέτρων.

Η έξυπνη διαιτησία έχει ιδιαίτερο νόημα όταν αφορά την επίλυση διαφορών που και οι δύο έχουν προκύψει από την εκπλήρωση ενός smart contract. Αυτό επιτρέπει στα μέρη που έχουν ήδη αποφασίσει να συμβληθούν σε ψηφιακό περιβάλλον να παραμείνουν σε αυτό και να μην μεταφέρουν τη διαφορά τους στον φυσικό κόσμο¹⁵⁶. Μάλιστα η προσφυγή σε έξυπνη διαιτησία μπορεί να επιτευχθεί σχετικά εύκολα, ενσωμάτωση του αντίστοιχου πρωτοκόλλου στην εκτέλεση της έξυπνης σύμβασης. Έτσι η πλημμελής εκπλήρωση της έξυπνης σύμβασης αυτομάτως ενεργοποιεί τον μηχανισμό της έξυπνης διαιτησίας και αναστέλλει τη συνέχιση της εκπλήρωσης. Αφού ασκηθεί το δικαίωμα αναστολής, η υπόθεση στέλνεται από το πρωτόκολλο στην επιλεγμένη πλατφόρμα επίλυσης διαφορών, η οποία αποφασίζει μέσα σε τυχόν ταχθείσα προθεσμία. Στον διαμεσολαβητή χορηγείται τρίτο ιδιωτικό κλειδί, ώστε να επεμβαίνει και να τροποποιεί απευθείας τον κώδικα του έξυπνου συμβολαίου¹⁵⁷. Επομένως το smart contract ερμηνεύεται, διορθώνεται, και εκτελείται άμεσα μέσω της διαιτησίας.

Η πρώτη διεξαγωγή έξυπνης διαιτησίας έλαβε χώρα σε εικονικό επίπεδο (mock arbitration trial) τον Ιούλιο του 2017, με τη βοήθεια της CodeLegit, μίας εταιρείας τεχνολογίας που έχει κατασκευάσει βιβλιοθήκες κώδικα που ενσωματώνονται σε ένα smart contract. Η υπόθεση αφορούσε δύο συμβαλλόμενους που συμφώνησαν την εκτέλεση μιας εμπορικής συναλλαγής με τη χρήση smart contract που περιλάμβανε μια ρήτρα διαιτησίας που παρέπεμπε σε κανόνες διαιτησίας blockchain. Αυτοί οι κανόνες, που βασίζονται στους κανόνες διεθνούς εμπορικής διαιτησίας της UNCITRAL (United Nations Commission on International Trade Law), έχουν ενσωματωθεί στη βιβλιοθήκη της CodeLegit, και επιτρέπουν μια ομαλή διαδικασία όπου το μεγαλύτερο μέρος της επίλυσης διαφορών είναι αυτοματοποιημένο, αλλά εξακολουθεί να επιτρέπει την ανθρώπινη παρέμβαση

¹⁵⁶ Ανδριγιαννάκη, Εμμανουέλα-Κωνσταντίνα. «Έξυπνες Συμβάσεις (Smart Contracts): Νομικά Ζητήματα και Προκλήσεις από τη Σκοπιά του Ιδιωτικού Δικαίου». Διπλωματική Εργασία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2022. <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/2972746>, σελ. 47

¹⁵⁷ Μαυραντωνάκης, Εμμανουήλ. "Η Έξυπνη Διαιτησία". *Διαιτησία*, τεύχος 4 (2018): 492.

όταν κριθεί απαραίτητο. Σε αυτή τη διαδικασία, εάν ένα μέρος θεωρούσε ότι το έτερο μέρος αθετούσε τη σύμβαση, θα μπορούσε να διακόψει την εκτέλεση της έξυπνης σύμβασης χρησιμοποιώντας τη λειτουργία αναστολής που στον κώδικα ονομαζόταν «pauseAndSendToArbitrator». Αυτή η λειτουργία κοινοποιούσε την προσφυγή σε διαιτησία σε μια αρμόδια αρχή, η οποία κατόπιν πρότεινε έναν διαιτητή για να επανεξετάσει την υπόθεση. Ο διαιτητής θα αποφάσιζε εάν θα διέτασσε τη συνέχιση, την τροποποίηση, ή τον τερματισμό της έξυπνης σύμβασης με βάση τα πορίσματά του και θα ελάμβανε αμοιβή από τα κεφάλαια που τα μέρη είχαν ήδη διαθέσει στην επίδικη έξυπνη σύμβαση προς αυτόν τον σκοπό¹⁵⁸.

4.2.5. Τα Smart Contracts στο ευρωπαϊκό δίκαιο

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) δεν έχει ακόμη θεσπίσει ένα ολοκληρωμένο νομικό πλαίσιο ειδικά για τις έξυπνες συμβάσεις, αλλά έχει κάνει κάποια πρώτα βήματα για την αντιμετώπιση των σχετικών ζητημάτων. Η Στρατηγική για την Ενιαία Ψηφιακή Αγορά της ΕΕ¹⁵⁹ προωθεί την ψηφιακή καινοτομία, που συμπεριλαμβάνει την τεχνολογία blockchain και τις έξυπνες συμβάσεις, τονίζοντας την ανάγκη για ένα εναρμονισμένο νομικό περιβάλλον. Ο κανονισμός eIDAS¹⁶⁰ προβλέπει το νομικό πλαίσιο για τις υπηρεσίες ηλεκτρονικής ταυτοποίησης και εμπιστοσύνης, μέσω διατάξεων για τις ηλεκτρονικές υπογραφές, τις σφραγίδες και τις χρονοσφραγίδες, που αποτελούν απαραίτητο συστατικό των smart contracts.

Η ΕΕ έχει δρομολογήσει πρωτοβουλίες όπως η Ευρωπαϊκή Συνεργασία για την Αλυσίδα Συστοιχιών (European Blockchain Partnership, EBP)¹⁶¹ και η Ευρωπαϊκή Υποδομή

¹⁵⁸ Reuter, Michael. «CodeLegit Conducts First Blockchain-based Smart Contract Arbitration Proceeding». DATARELLA, 16 Ιουλίου 2017. Προσπέλαση 27 Ιουλίου 2024. <https://datarella.com/codelegit-conducts-first-blockchain-based-smart-contract-arbitration-proceeding/>.

¹⁵⁹ European Economic and Social Committee. «The Digital Single Market - Trends and Opportunities for SMEs (Own-initiative Opinion)», 28 Σεπτεμβρίου 2020. Προσπέλαση 26 Ιουλίου 2024. <https://www.eesc.europa.eu/en/our-work/opinions-information-reports/opinions/digital-single-market-trends-and-opportunities-smes-own-initiative-opinion>.

¹⁶⁰ Κανονισμός (ΕΕ) 910/2014

¹⁶¹ Shaping Europe's digital future. «European Countries Join Blockchain Partnership». Press Release, 10 Απριλίου 2018. Προσπέλαση 26 Ιουλίου 2024. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/european-countries-join-blockchain-partnership>.

Υπηρεσιών Αλυσίδας Συστοιχιών (European Blockchain Services Infrastructure, EBSI)¹⁶² για τη διερεύνηση και την προώθηση της τεχνολογίας blockchain, διευκολύνοντας τη χρήση έξυπνων συμβάσεων σε διάφορες εφαρμογές. Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει δημιουργήσει δοκιμαστικά περιβάλλοντα (sandboxes), με κυριότερο το European Blockchain Regulatory Sandbox¹⁶³, που επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να δοκιμάζουν καινοτόμες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων συμβολαίων, σε ελεγχόμενο περιβάλλον με ρυθμιστική εποπτεία.

Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2023/2854¹⁶⁴, που θα τεθεί σε ισχύ από τις 12 Σεπτεμβρίου 2025, αποτελεί ένα πρώτο μεγάλο βήμα στη ρύθμιση των έξυπνων συμβάσεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο εν λόγω Κανονισμός είναι σημαντικός, καθώς περιέχει τον πρώτο νομικό ορισμό των έξυπνων συμβολαίων στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού δικαίου. Συγκεκριμένα, στο άρθρ. 2, στοιχ. 39 ορίζεται ότι «έξυπνη σύμβαση» είναι «πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή που χρησιμοποιείται για την αυτοματοποιημένη εκτέλεση μιας συμφωνίας ή μέρους αυτής, το οποίο χρησιμοποιεί αλληλουχία ηλεκτρονικών αρχείων δεδομένων και διασφαλίζει την ακεραιότητά τους και την ακρίβεια της χρονολογικής σειράς τους».

Επιπλέον, κρίσιμο είναι το άρθρο 36 του Κανονισμού, υπό τον τίτλο «Βασικές απαιτήσεις σχετικά με τις έξυπνες συμβάσεις για την εκτέλεση των συμφωνιών για την κοινοχρησία δεδομένων», όπου προβλέπει την ενσωμάτωση ενός μηχανισμού «Διακοπής Σύμβασης» (Stop Contract) σε όλες τις έξυπνες συμβάσεις. Ο μηχανισμός αυτός διασφαλίζει ότι οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να ανασταλούν ή να τερματιστούν άμεσα σε περίπτωση δυσλειτουργίας, απάτης ή άλλων κρίσιμων ζητημάτων, αποσκοπώντας στην ενίσχυση της ασφάλειας και την αξιοπιστίας των αυτοματοποιημένων συναλλαγών. Επομένως κάθε έξυπνη σύμβαση πρέπει να περιλαμβάνει εσωτερικές λειτουργίες που μπορούν να

¹⁶² EBSI. «What Is EBSI». European Blockchain Services Infrastructure. Προσπέλαση 26 Ιουλίου 2024. <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/sites/display/EBSI/What+is+ebsi>.

¹⁶³ European Commission. «Launch of the European Blockchain Regulatory Sandbox». Ανακοίνωση Τύπου. Shaping Europe’s digital future, 14 Φεβρουαρίου 2023. Προσπέλαση 26 Ιουλίου 2024. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/launch-european-blockchain-regulatory-sandbox>.

¹⁶⁴ Κανονισμός (ΕΕ) 2023/2854 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 13ης Δεκεμβρίου 2023, για εναρμονισμένους κανόνες σχετικά με τη δίκαιη πρόσβαση σε δεδομένα και τη δίκαιη χρήση τους και για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) 2017/2394 και της οδηγίας (ΕΕ) 2020/1828 (κανονισμός για τα δεδομένα). <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/2854/oj>, αρθρ. 36 παρ. 1 στ. β.

επαναφέρουν ή να δώσουν εντολή στη σύμβαση να διακόψει τη λειτουργία, ιδίως για την αποφυγή μελλοντικών τυχαίων εκτελέσεων. Η συγκεκριμένη πρόβλεψη έχει επικριθεί ιδιαίτερος ως παρεμβατική, καθώς εκχωρεί εξουσίες εποπτικών αρχών στην Επιτροπή αλλά και στις εθνικές αρχές¹⁶⁵.

4.2.6. Τα Smart Contracts στο εθνικό δίκαιο

Στην ελληνική έννομη τάξη, τα έξυπνα συμβόλαια αναγνωρίστηκαν για πρώτη φορά με τον Ν. 4961/2022¹⁶⁶ και ρυθμίζονται ειδικότερα από τα άρθρα 47-51 του συγκεκριμένου νόμου, με παράλληλη εφαρμογή των διατάξεων του ΑΚ (λχ. για τα ελαττώματα της βούλησης). Ο Ν. 4961/2022, αρθ. 31 στοιχ. 9 ορίζει ως έξυπνο συμβόλαιο (smart contract) ένα «*σύνολο κωδικοποιημένων λειτουργιών υπολογιστή, το οποίο οριστικοποιείται και εκτελείται μέσω τεχνολογίας κατανεμημένου καθολικού σε αυτοματοποιημένη ηλεκτρονική μορφή μέσω οδηγιών για την εκτέλεση ενεργειών, παραλείψεων ή ανοχών, οι οποίες βασίζονται στην ύπαρξη ή μη συγκεκριμένων προϋποθέσεων, σύμφωνα με όρους που καταγράφονται απευθείας σε ηλεκτρονικό κώδικα, προγραμματισμένες εντολές ή προγραμματισμένη γλώσσα*». Σημειωτέον ότι εν αντιθέσει με τον ορισμό που έδωσε η Ευρωπαϊκή Ένωση για τα Smart Contracts¹⁶⁷, ο ορισμός που επέλεξε ο Έλληνας νομοθέτης δεν είναι τεχνολογικά ουδέτερος, υπό την έννοια ότι ταυτίζει τα έξυπνα συμβόλαια με την ΤΚΚ, ουσιαστικά δηλαδή με το blockchain.

Ο Ν. 4961/2022, επιχειρώντας έμμεσα να απαντήσει στο ερώτημα αν τα smart contracts είναι τελικά τα ίδια συμβάσεις ή όχι, προβλέπει στο άρθρο 5 ότι «*οι όροι των έξυπνων συμβολαίων δύνανται: α) να διατυπώνονται από τα συμβαλλόμενα μέρη και να ενσωματώνονται σε κώδικα προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή ή β) να προκαθορίζονται στην αλυσίδα συστοιχιών ή άλλη ΤΚΚ και να επιλέγονται ή να γίνονται αποδεκτοί από τα μέρη*». Συνεπώς, ο νόμος προβλέπει τόσο την περίπτωση της σύμβασης

¹⁶⁵ Κανέλλος, Λεωνίδας. *Smart Contracts: Νομικές Προκλήσεις και Επιχειρηματικές Προοπτικές*. Νομική Βιβλιοθήκη, 2022, σελ. 189.

¹⁶⁶ Ν. 4961/2022. *Αναδυόμενες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών, ενίσχυση της ψηφιακής διακυβέρνησης και άλλες διατάξεις*, ΦΕΚ Τεύχος Α' 146/27 Ιουλίου 2022.
https://www.et.gr/api/Download_Small/?fek_pdf=20220100146.

¹⁶⁷ Κανονισμός (ΕΕ) 2023/2854. <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/2854/oj>, αιτιολογική σκέψη 104: «*Η έννοια της «έξυπνης σύμβασης» στον παρόντα κανονισμό είναι τεχνολογικά ουδέτερη. Οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν, για παράδειγμα, να συνδέονται με ηλεκτρονικό καθολικό*».

«εξωγενούς κώδικα» που απλώς χρησιμοποιεί τους μηχανισμούς του blockchain για την αποτελεσματική εκτέλεσή της, όσο και την περίπτωση της σύμβασης «νομοκώδικα», δηλαδή εκείνης που υπάρχει μόνο στο ψηφιακό περιβάλλον. Πάντως ο νόμος δεν αποκλείει ρητά το ενδεχόμενο μίας υβριδικής έξυπνης σύμβασης κατά τη διάκριση που αναπτύχθηκε προηγουμένως (Κεφ. 4.2.1).

Από το γράμμα του νόμου, προκύπτει ότι με τη χρήση έξυπνου συμβολαίου δύναται να συναφθεί οποιαδήποτε σύμβαση, πλην εκείνων για τις οποίες ο νόμος επιβάλλει την τήρηση τύπου. Συνεπώς, προς το παρόν, το ελληνικό δίκαιο δεν προβλέπει τη χρήση των smart contracts για συμβάσεις όπως η μεταβίβαση κυριότητας ακινήτων, όπου απαιτείται συμβολαιογραφικό έγγραφο και μεταγραφή αυτού (ΑΚ 1033). Και αυτό γιατί δεν υπάρχουν στην ελληνική πραγματικότητα οι τεχνικές δυνατότητες για καταχώρηση των ως άνω ενεργειών στο blockchain και εν γένει για κατάρτιση ενός συμβολαιογραφικού εγγράφου μέσω smart contract¹⁶⁸ (smart notarization) παρότι σε θεωρητικό επίπεδο εξακολουθούν να ισχύουν όσα έχουν λεχθεί περί συμβολαιογραφικών υπηρεσιών στο blockchain (Κεφ. 3.5.3).

Από τον νόμο προκύπτει μία προβληματική σχετικά με τις ηλεκτρονικές υπογραφές. Όπως ήδη λέχθηκε οι ηλεκτρονικές υπογραφές που τίθενται σε περιβάλλον blockchain είναι ορθό να χαρακτηριστούν προηγμένες, πλην όμως, δεν μπορούν να θεωρηθούν εγκεκριμένες ελλείψει κεντρικής αρχής που θα ενεργεί ως Πάροχος Υπηρεσιών Εμπιστοσύνης. Στο άρθρ. 50 προβλέπεται ότι «όπου για τη σύναψη έξυπνου συμβολαίου απαιτείται η θέση υπογραφής ή σφραγίδας, αυτή δύναται να τίθεται με τη μορφή ηλεκτρονικής υπογραφής ή ηλεκτρονικής σφραγίδας, κατά περίπτωση». Ωστόσο ο τίτλος του άρθρου παραπλανητικά αναγράφει «Σύναψη έξυπνου συμβολαίου με τη χρήση εγκεκριμένης ηλεκτρονικής υπογραφής ή σφραγίδας», το οποίο φαίνεται ότι εκ παραδρομής δεν παραλείφθηκε από τη νομοπαρασκευαστική επιτροπή στο τελικό κείμενο του νόμου¹⁶⁹. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι βάσει του Ν. 4961/2022 αρθ. 51, ένα

¹⁶⁸ Βιτωράτος, Στέφανος. «Έξυπνα Συμβόλαια σε Αναζήτηση Ασφάλειας Δικαίου». ΣΥΝΗΓΟΡΟΣ, τεύχος 158 (2023): 50. <https://www.qualex.gr/el-GR/perioxomeno/arthrografia/arthrografia?id=2015076>.

¹⁶⁹ Κανέλλος, Λεωνίδα. *Smart Contracts: Νομικές Προκλήσεις και Επιχειρηματικές Προοπτικές*. Νομική Βιβλιοθήκη, 2022, σελ. 159.

έξυπνο συμβόλαιο αποτελεί έγγραφο κατά την έννοια του ΚΠολΔ 339 και μπορεί να προσκομιστεί ως αποδεικτικό μέσο στο πλαίσιο μιας δίκης.

4.3. Πρακτικές εφαρμογές

Η ιδέα των smart contracts μπορεί να εφαρμοστεί σε αμέτρητες περιπτώσεις καθημερινών συναλλαγών, οι οποίες θα μπορούσαν να βελτιωθούν, ή έστω να εκσυγχρονιστούν επιτρέποντας τη διεύθυνση του blockchain στη λειτουργία τους. Παρακάτω εξετάζονται κυρίως σε θεωρητικό επίπεδο μερικές περιπτώσεις τέτοιων συναλλαγών, οι οποίες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αλλά φέρουν και νεοφυείς προβληματισμούς.

4.3.1. Έξυπνες ασφαλιστικές συμβάσεις

Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να φέρουν επανάσταση στον ασφαλιστικό κλάδο για τους αγρότες, παρέχοντας έγκαιρες και αυτοματοποιημένες αποζημιώσεις σε περίπτωση ζημιογόνου γεγονότος. Οι παραδοσιακές διαδικασίες ασφάλισης μπορεί να είναι αργές και δυσκίνητες, καθώς περιλαμβάνουν εκτεταμένη γραφειοκρατία, χειροκίνητες αξιολογήσεις των αξιώσεων και καθυστερήσεις στις πληρωμές. Με την ενσωμάτωση των έξυπνων συμβάσεων στην ασφαλιστική διαδικασία, αυτές οι ανεπάρκειες μπορούν να αμβλυνθούν σημαντικά, παρέχοντας στους αγρότες ταχύτερη και πιο αξιόπιστη οικονομική στήριξη.

Όταν ένας αγρότης συνάπτει μια ασφαλιστική σύμβαση χρησιμοποιώντας ένα έξυπνο συμβόλαιο που βασίζεται στην τεχνολογία blockchain, όλοι οι όροι και οι προϋποθέσεις, συμπεριλαμβανομένων των λεπτομερειών κάλυψης, της πληρωμής των ασφαλιστρών και των προϋποθέσεων για την ικανοποίηση αξιώσεων, κωδικοποιούνται στη σύμβαση. Αυτό το έξυπνο συμβόλαιο αποθηκεύεται σε ένα block, και οι όροι του είναι φανεροί και αμετάβλητοι. Σε περίπτωση καταστροφικού συμβάντος, όπως σοβαρή ξηρασία ή πλημμύρα, το έξυπνο συμβόλαιο είναι προγραμματισμένο να ενεργοποιεί μια αυτόματη πληρωμή στον ασφαλισμένο αγρότη. Για την επαλήθευση της εκδήλωσης ενός τέτοιου συμβάντος, το έξυπνο συμβόλαιο μπορεί να συνδεθεί με μια εξωτερική πηγή δεδομένων, όπως η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ). Η υπηρεσία αυτή παρέχει δεδομένα καιρού σε πραγματικό χρόνο και πιστοποιεί την εμφάνιση ακραίων καιρικών συνθηκών.

Όταν η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία επιβεβαιώσει ότι έχει συμβεί το καταστροφικό συμβάν, οι πληροφορίες τροφοδοτούνται αυτόματα στο έξυπνο συμβόλαιο. Στη συνέχεια, το συμβόλαιο ελέγχει τα δεδομένα αυτά σε σχέση με τα προκαθορισμένα κριτήρια και, εάν πληρούνται οι προϋποθέσεις, εκταμιεύει την αποζημίωση. Αυτή η αυτοματοποιημένη διαδικασία αίρει την ανάγκη ο αγρότης να υποβάλει δήλωση επέλευσης του ασφαλιστικού κινδύνου ή να περιμένει χειροκίνητη αξιολόγηση της αίτησής του, και αυτό επαληθεύεται από ένα καταναμημένο σύστημα με απόλυτη διαφάνεια¹⁷⁰.

4.3.2. Έξυπνη μίσθωση

Η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε αθόρυβα να αναβαθμίσει την τουριστική εμπειρία χάρη στα smart contracts. Ένα έξυπνο ξενοδοχείο χρησιμοποιεί έξυπνα συμβόλαια μέσω blockchain για την έκδοση καρτών-κλειδιών δωματίου στους επισκέπτες. Όταν ένας επισκέπτης κάνει κράτηση δωματίου μέσω του ιστότοπου του ξενοδοχείου ή μιας συνεργαζόμενης πλατφόρμας, δημιουργείται αυτόματα ένα έξυπνο συμβόλαιο στο blockchain, το οποίο περιλαμβάνει τα στοιχεία της κράτησης του επισκέπτη, την κατάσταση πληρωμής, και τη διάρκεια της διαμονής. Μετά την κράτηση, το έξυπνο συμβόλαιο επαληθεύει την πληρωμή μέσω του αποκεντρωμένου λογιστικού βιβλίου του blockchain και μόλις επιβεβαιωθεί η πληρωμή, το συμβόλαιο μεταβαίνει στο επόμενο στάδιο. Την ημέρα της άφιξης του επισκέπτη, το έξυπνο συμβόλαιο ενεργοποιεί την έκδοση μιας ψηφιακής κάρτας-κλειδί δωματίου, την οποία ο επισκέπτης λαμβάνει μέσω της εφαρμογής στο κινητό του. Αυτή η κάρτα-κλειδί συνδέεται με το δωμάτιό του, επιτρέποντάς στον επισκέπτη να προχωρήσει απευθείας στο δωμάτιό του ανατρέχοντας στο blockchain για να επαληθεύσει την εγκυρότητα της κράτησης και να χορηγήσει πρόσβαση. Η κάρτα-κλειδί παραμένει έγκυρη μόνο για τη διάρκεια της διαμονής του επισκέπτη, μετά την οποία απενεργοποιείται αυτόματα.

Η χρήση έξυπνης σύμβασης σε αυτό το παράδειγμα έχει πολλά θετικά. Η αμετάβλητη φύση του blockchain διασφαλίζει ότι τα δεδομένα κρατήσεων και έκδοσης κλειδιών δεν

¹⁷⁰ Thakare, Aparna, Vaibhav Nalawade, Vaibhavi Wayal, Partiksha Hajare, και Tejas Adhalrao. «Blockchain-Based Insurance Claim for Farmers with Smart Contract». *International Conference of Recent Trends in Engineering & Technology (ICRTET-2023)* 7 (Ιούνιος 2023): 173-176. <https://irjiet.com/Volume-7/Special-Issue-of-ICRTET--2023/Blockchain-Based-Insurance-Claim-for-Farmers-with-Smart-Contract/1691>.

μπορούν να αλλοιωθούν, μειώνοντας τον κίνδυνο απάτης και μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης. Η αυτοματοποίηση της επαλήθευσης της κράτησης, της επιβεβαίωσης της πληρωμής και της έκδοσης κλειδιών μειώνει την ανάγκη για χειροκίνητη επεξεργασία, εξοικονομώντας χρόνο και λειτουργικό κόστος. Οι επισκέπτες επωφελούνται από μια απρόσκοπτη διαδικασία check-in χωρίς αναμονή σε μεγάλες ουρές, βελτιώνοντας τη συνολική εμπειρία τους. Επιπλέον, ο αποκεντρωμένος και διαφανής χαρακτήρας του blockchain ενισχύει την εμπιστοσύνη μεταξύ του ξενοδοχείου και των επισκεπτών του, καθώς οι πληροφορίες των σχετικών συναλλαγών είναι δημόσια επαληθεύσιμες.

Αν όμως μεταφέραμε την ίδια λογική στην κλασική μίσθωση του αστικού κώδικα (ΑΚ 574-618), θα γεννιόταν το ζήτημα πόσο συμβατές είναι ορισμένες πτυχές της εκτέλεσης των smart contracts με το ελληνικό αστικό δίκαιο. Μία μίσθωση που έχει συναφθεί με τη χρήση smart contract θα αποτύπωνε στο υπολογιστικό πρωτόκολλο τους βασικούς όρους της. Για παράδειγμα ο βασικός όρος της καταβολής του μηνιαίου μισθώματος θα ελάμβανε σε κώδικα τη μορφή «Για όσο διαρκεί η σύμβαση, έλεγχε αν μέχρι την Χ ημέρα του κάθε μήνα έχει καταβληθεί από τον Μισθωτή στον Εκμισθωτή το συμφωνημένο μίσθωμα (ποσό Π)». Εξαιτίας του απόλυτου τρόπου που λειτουργεί ένα smart contract, αν το μίσθωμα δεν έχει καταβληθεί μέχρι τη συγκεκριμένη ημερομηνία, τότε ο κώδικας θα κρίνει ότι οι όροι της μίσθωσης δεν τηρούνται πια και ότι η έξυπνη σύμβαση απέτυχε και δεν μπορεί να προχωρήσει. Όμως υπάρχει το ενδεχόμενο αυτό να είναι εντελώς εσφαλμένο κατά την ανταπόκρισή του στον φυσικό κόσμο. Ίσως ο εκμισθωτής απάλλαξε τον μισθωτή από το ενοίκιο ενός μήνα, ή ο μισθωτής άσκησε κάποιο νόμιμο δικαίωμά του, όπως συμψηφισμό.

Εφιαλτικότερο, και εξόχως έκνομο, είναι το σενάριο που το διαμέρισμα που έχει μισθωθεί δυνάμει μιας έξυπνης σύμβασης μίσθωσης, ενδεχομένως να διαθέτει ένα ηλεκτρονικό κλειδί, όπως μία κάρτα ή μία εφαρμογή στο κινητό. Αν μέσα στο smart contract προβλέπεται ότι η μη τήρηση των όρων της μίσθωσης συνιστά καταγγελία και λύση, και ως εκ τούτου η μη καταβολή του μισθώματος οδηγήσει σε λύση της μίσθωσης, τότε ο μισθωτής θα κλειδωθεί αυτόματα έξω από το μίσθιο, αφού το blockchain επικυρώσει ότι η μίσθωση δεν έχει πια ισχύ, και εκτελέσει το πρωτόκολλο αφαίρεσης του ηλεκτρονικού κλειδιού του χρήστη/μισθωτή. Κάτι τέτοιο όμως θα συνιστούσε αποβολή από το μίσθιο χωρίς την τήρηση της διαδικασίας αναγκαστικής εκτέλεσης όπως αυτή προβλέπεται στον

Κώδικα Πολιτικής Δικονομίας. Σε αυτήν την περίπτωση, η άμεση εκτέλεση του πρωτοκόλλου ενδέχεται να συνιστά αυτοδικία¹⁷¹.

4.3.3. Crowdfunding

Η αξιοποίηση των smart contracts σε περιπτώσεις συγκέντρωσης χρημάτων για έναν σκοπό (crowdfunding) από πολλούς δωρητές μέσω blockchain επίσης μπορεί να φανεί αποτελεσματική, με τη συγκέντρωση κεφαλαίων να βασίζεται στην ύπαρξη έξυπνης σύμβασης. Σε ένα τέτοιο σενάριο, έχει δημιουργηθεί ένα έξυπνο συμβόλαιο με προκαθορισμένους όρους για την εκστρατεία συγκέντρωσης κεφαλαίων. Οι δωρητές συνεισφέρουν κρυπτονομίσματα στο έργο στέλνοντας τα χρήματά τους σε μια συγκεκριμένη διεύθυνση blockchain που συνδέεται με το έξυπνο συμβόλαιο. Το συμβόλαιο παρακολουθεί συνεχώς τις συνολικές συνεισφορές.

Εάν η εκστρατεία επιτύχει τον οικονομικό της στόχο εντός της προκαθορισμένης περιόδου, το έξυπνο συμβόλαιο μεταφέρει αυτόματα τα κεφάλαια στη διεύθυνση του δικαιούχου. Εάν ο στόχος δεν επιτευχθεί, η έξυπνη σύμβαση ενεργοποιεί μια διαδικασία επιστροφής χρημάτων, επιστρέφοντας τις δωρεές στους αντίστοιχους δωρητές. Αυτή η αυτοματοποιημένη επιστροφή εξασφαλίζει ότι οι συνεισφορές των δωρητών χρησιμοποιούνται μόνο εάν η εκστρατεία επιτύχει τους στόχους της, διαφορετικά τα χρήματά τους επιστρέφονται με ασφάλεια. Για παράδειγμα, μία νέα συσκευή βρίσκεται στο στάδιο της ανάπτυξης και οι δημιουργοί του project αναζητούν χρηματικούς πόρους. Προκαθορίζουν το ύψος του ποσού που επιθυμούν να λάβουν από τους δωρητές και οι δωρητές αναλαμβάνουν να καλύψουν αυτό το ποσό. Το έξυπνο συμβόλαιο παρακολουθεί όλες τις εισερχόμενες δωρεές. Εάν οι συνολικές δωρεές υπολείπονται, το έξυπνο συμβόλαιο επιστρέφει σε κάθε δωρητή την αντίστοιχη συνεισφορά του. Αυτή η διαδικασία διασφαλίζει ότι τα κεφάλαια χρησιμοποιούνται μόνο όταν το έργο έχει επαρκή υποστήριξη, παρέχοντας έναν ισχυρό μηχανισμό για τη διαχείριση των συνεισφορών και τη διασφάλιση της λογοδοσίας του έργου, εφησυχάζοντας τους χορηγούς. Επιπλέον, ο δημόσιος χαρακτήρας του blockchain παρέχει μία επιπλέον εγγύηση ότι ο δικαιούχος των

¹⁷¹ Ζαπριανός, Νικόλαος. «Smart Contracts. Προβληματισμοί Αστικού και Ιδιωτικού Διεθνούς Δικαίου». *Lex & Forum*, τεύχος 2/2022 (Φεβρουάριος 2022): 397-404.

δωρεών θα χρησιμοποιήσει πράγματι τα συγκεντρωμένα κεφάλαια για τον ορισμένο σκοπό¹⁷².

¹⁷² Yadav, Nikhil, και Sarasvathi V. «Venturing Crowdfunding Using Smart Contracts in Blockchain». 2020 *Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, 22 Αυγούστου 2020, 192-197. <https://doi.org/10.1109/icssit48917.2020.9214295>.

5. Νομοθετικό και Κανονιστικό Πλαίσιο για το Blockchain

Η τεχνολογία blockchain, μολονότι αποτελεί επανάσταση ως προς την ενίσχυση τη διαφάνειας, την ασφάλεια, και την αποτελεσματικότητα των συναλλαγών, δημιουργεί πλήθος νομικών και ρυθμιστικών ζητημάτων. Ο αποκεντρωμένος και διεθνής χαρακτήρας του blockchain περιπλέκει την εξεύρεση αρμόδιας δικαιοδοσίας και την εφαρμογή κανόνων δικαίου. Ζητήματα όπως η προστασία της ιδιωτικότητας και των δεδομένων ή η ασφάλεια των συναλλαγών υπαγορεύουν την εφαρμογή του ισχύοντος νομοθετικού πλαισίου και στην συγκεκριμένη τεχνολογία, με τις όποιες συνακόλουθες προκλήσεις. Τα δίκτυα blockchain δουλεύουν με διαφάνεια από τεχνική σκοπιά, χωρίς αυτό να συνεπάγεται και σαφήνεια σε θέματα ευθύνης. Η ανάγκη προστασίας των καταναλωτών αναδύεται σε καίριο αίτημα ενόψει ιδίως της επικράτησης των smart contracts σε εμπορικές συναλλαγές, αλλά και για την αποτελεσματικότερη ρύθμιση των αγορών κρυπτοαγαθών. Στην παρούσα ενότητα διερευνώνται ορισμένες κρίσιμες νομικές διαστάσεις της τεχνολογίας αυτής, με σκοπό την συστηματική αποκρυστάλλωση της νομικής θέσης της τεχνολογίας blockchain και των νομοθετικών πρωτοβουλιών σχετικά με αυτήν.

5.1. Μια παγκόσμια προσπάθεια

5.1.1. Διασυνοριακά ζητήματα

Η χρήση της τεχνολογίας blockchain, είναι και αυτή μέρος του διαδικτύου και ως τέτοια δεν περιορίζεται από εθνικά όρια. Το δίκτυο του blockchain είναι κατανεμημένο έτσι ώστε το καθολικό να ανανεώνεται από όλους τους χρήστες. Το ποιος κόμβος θα αναλάβει την επικύρωση μίας συγκεκριμένης συναλλαγής είναι αδύνατο να προσδιοριστεί εκ των προτέρων και η συμμετοχή είναι τυχαία και βασίζεται σε τεχνικές παραμέτρους και όχι στη γεωγραφική κατανομή των κόμβων. Άλλωστε, στατιστικά, είναι μάλλον απίθανο όλοι οι κόμβοι να εντοπίζονται εντός της ίδιας επικράτειας κα δικαιοδοσίας. Και πέραν αυτού, ο βαθμός συμμετοχής κάθε κόμβου, επίσης είναι απρόβλεπτος, αφού κανένας δεν μπορεί να εμποδιστεί να διενεργήσει συναλλαγές πάνω στο blockchain, δηλαδή να προτείνει ένα νέο block προς καταχώριση στην αλυσίδα. Σε πολλές περιπτώσεις μία συναλλαγή που συμβαίνει πάνω στο blockchain αφορά ταυτόχρονα πολλαπλούς συμμετέχοντες, οι οποίοι μάλιστα δεν μπορούν ούτε να προσδιοριστούν εκ των προτέρων,

ούτε είναι εύκολο να εντοπιστούν εν τη γενέσει της συναλλαγής. Ως εκ τούτου, οι συναλλαγές μέσω blockchain έχουν εκ των πραγμάτων διακρατικό χαρακτήρα, και δεν γίνεται να οριστεί μία αρμόδια έννομη τάξη¹⁷³.

Ανά τον κόσμο, πολλά κράτη έχουν επιχειρήσει σε κάποιον βαθμό να νομοθετήσουν σχετικά με το blockchain, όμως ακόμη απέχουν από την υιοθέτηση ομοιόμορφων νομικών κανόνων. Ασφαλώς, όλα τα ζητήματα που ούτως ή άλλως διέπουν τις έννομες σχέσεις που γεννώνται στο διαδίκτυο, ισχύουν και για τις συναλλαγές μέσω blockchain. Δεδομένης αυτής της έλλειψης ομοιογενών νομικών κανόνων ιδιωτικού δικαίου, μια σκέψη αποτελεί η εφαρμογή του ιδιωτικού διεθνούς δικαίου για τον καθορισμό των εφαρμοστέων κανόνων. Ωστόσο, ο διεθνώς κατανεμημένος χαρακτήρας του blockchain, σε συνδυασμό με την απουσία ενός κεντρικού διακομιστή ή κάποιας αρχής που εποπτεύει την ΤΚΚ και κατ' επέκταση τους συμμετέχοντες κόμβους, γεννά αμφιβολίες για την αποτελεσματικότητά της εφαρμογής του ιδιωτικού διεθνούς δικαίου στην κατανόηση και ρύθμιση των εννόμων σχέσεων που σχετίζονται με το blockchain και στην παροχή ικανοποιητικών λύσεων¹⁷⁴.

5.1.2. Προβλήματα ενιαίας ρύθμισης

Καθίσταται σαφές ότι σε επίπεδο εθνικού δικαίου δεν είναι εφικτό να ρυθμιστούν καίρια ζητήματα που σχετίζονται με την τεχνολογία blockchain. Οποιαδήποτε προσπάθεια κάποιας εθνικής έννομης τάξης δεν μπορεί να εγγυηθεί ασφάλεια δικαίου, αφού ακόμη και σε κράτη με όμοια νομικά συστήματα, οι εσωτερικοί νόμοι διαφέρουν σε κάποιον βαθμό. Ενδεχομένως σε υπερεθνικό επίπεδο θα μπορούσε να επιχειρηθεί η θέσπιση ομοιόμορφων ρυθμίσεων για τις συναλλαγές μέσω blockchain και η παράλληλη δημιουργία διεθνών αρχών που θα επέβλεπαν την τήρηση αυτών των κανόνων.

¹⁷³ Guillaume, Florence. «Chapter 3: Aspects of Private International Law Related to Blockchain Transactions». Σε *Blockchains, Smart Contracts, Decentralised Autonomous Organisations and the Law*, επιμέλεια από Daniel Kraus, Thierry Obrist, και Olivier Hari, 49-82. Edward Elgar Publishing, 2019. <https://doi.org/10.4337/9781788115131>, σελ. 59-60.

¹⁷⁴ Bell, Chloë, και Joshua Cainer. «Decrypting the Situs – Conflicts of Laws Challenges in Cryptoasset Litigation». *Outer Temple Chambers*, 20 Οκτωβρίου 2020. Προσπέλαση 28 Ιουλίου 2024. <https://www.outertemple.com/decrypting-the-situs-conflicts-of-laws-challenges-in-cryptoasset-litigation/>, σελ. 3

Ως πιθανή λύση στον συγκεκριμένο προβληματισμό προτείνεται η επιλογή του εφαρμοστέου δικαίου από τα μέρη μίας συναλλαγής που συμβαίνει πάνω στο blockchain. Εύκολα μπορούμε να φανταστούμε, ένα smart contract όπου περιλαμβάνεται όρος επιλογής από τα μέρη του δικαίου που διέπει τη σύμβαση. Η προσχώρηση στο smart contract θα συνεπάγεται και την αποδοχή των κανόνων ενός μόνο δικαίου. Αν όμως ελλείπει τέτοιος όρος, τότε είναι μάλλον αδύνατο να προσδιοριστεί το εφαρμοστέο δίκαιο, αφού η συναλλαγή δεν εντοπίζεται σε συγκεκριμένη τοποθεσία¹⁷⁵. Το πρόβλημα επιτείνεται δεδομένου του σκεπτικισμού ορισμένων κρατών για την ΤΚΚ, αφού είναι πιθανό κάποιο δίκαιο να μην αναγνωρίζει καθόλου το blockchain ως πλατφόρμα συναλλαγών, ή να αποκλείει τα smart contracts ως έγκυρη μορφή συμβάσεων. Ούτως ή άλλως τα κρυπτονομίσματα δεν αναγνωρίζονται ως χρήμα από σχεδόν καμία έννομη τάξη, και μάλλον θεωρούνται παραστατικά με κάποια αξία αποτιμητή σε χρήμα. Ομοίως, η εξεύρεση της δικαιοδοσίας είναι ιδιαίτερα περίπλοκη. Αν τα μέρη έχουν επιλέξει το εφαρμοστέο δίκαιο λογικά έχουν συμφωνήσει και για τα αρμόδια όργανα απονομής δικαιοσύνης και συνακόλουθα την παρέκταση της αρμοδιότητας των δικαστηρίων/διαιτητών που θα επιληφθούν όποιας διαφοράς ανακύψει¹⁷⁶. Αν δεν ισχύει κάτι τέτοιο, τότε ο προσδιορισμός των αρμόδιων δικαστηρίων μάλλον στερείται πρακτικής σημασίας αφού προέχει ο εντοπισμός των διαδίκων και της τοποθεσίας τους, πράγμα ιδιαίτερα δύσκολο ειδικά σε δημόσια blockchains με μεγάλη κατανομή των κόμβων.

Το ζήτημα γίνεται πιο ευκρινές μέσα από ένα παράδειγμα. Αν υποθέσουμε ότι ένα δάνειο συνάπτεται πάνω στο blockchain και ενδεχομένως ορίζεται η αποπληρωμή του σε κρυπτονόμισμα. Οι συμβαλλόμενοι μπορεί να είναι κάτοικοι διαφορετικών κρατών. Αν η συγκεκριμένη συναλλαγή βασίζεται σε ένα smart contract που προβλέπει περιπτώσεις ανώμαλης εξέλιξης της σύμβασης, τότε προέχουν τα συμφωνηθέντα. Αν όμως, η συναλλαγή εκτελείται πάνω στο blockchain χωρίς τους αυστηρούς τεχνικούς όρους ενός

¹⁷⁵ Bonomi, Andrea, Matthias Lehmann, και Shaheez Lalani. «Introduction: The Blockchain as a Challenge to Traditional Private International Law». Σε *Blockchain and Private International Law*, 1-9. Brill | Nijhoff, 2023. https://doi.org/10.1163/9789004514850_002, σελ.3

¹⁷⁶ Guillaume, Florence. «Chapter 3: Aspects of Private International Law Related to Blockchain Transactions». Σε *Blockchains, Smart Contracts, Decentralised Autonomous Organisations and the Law*, επιμέλεια από Daniel Kraus, Thierry Obrist, και Olivier Hari, 49-82. Edward Elgar Publishing, 2019. <https://doi.org/10.4337/9781788115131>, σελ. 72-73, 76

έξυπνου συμβολαίου, δηλαδή κυριολεκτικά πρόκειται απλώς για μία μεταφορά κρυπτονομισμάτων μέσω του blockchain, και δυνάμει μιας εξωτερικής συμφωνίας όπου ο λήπτης οφείλει το ποσό του δανείου πίσω στον δανειστή, τότε ανακύπτουν πολλαπλά νομικά θέματα: Μπορεί να είναι δεσμευτική μία σύμβαση δανείου όταν το δάνειο χορηγείται σε κρυπτονόμισμα και όχι σε αναγνωρισμένο χρήμα; Ποιος είναι ο τόπος εκτέλεσης της σύμβασης; Μπορεί να εντοπιστεί ο τόπος που τα μέρη έχουν τον στενότερο δεσμό, λχ. ο τόπος συνήθους διαμονής του δανειστή, από τη στιγμή που τα κρυπτονομίσματα υπάρχουν μόνο ως ψηφιακή εγγραφή σε κάποιο block; Και τι συμβαίνει αν στον τόπο συνήθους διαμονής τα κρυπτονομίσματα δεν αναγνωρίζονται ως μέσο πληρωμής, ή το blockchain ως πλατφόρμα εκτέλεσης συναλλαγών;¹⁷⁷ Όλα αυτά παραμένουν ανοιχτά προβλήματα που οι νομικοί σε όλον τον κόσμο θα πρέπει να επιλύσουν.

Περαιτέρω, λαμβάνοντας υπόψη ότι σκοπός αυτής της τεχνολογίας είναι μια εναλλακτική προσέγγιση της οικονομίας με ένα νέο μέσο για ασφαλείς συναλλαγές, χωρίς κρατικές παρεμβάσεις, σίγουρα σε μεγάλο βαθμό οι συμμετέχοντες σε αυτήν την αποκεντρωμένη οικονομία ίσως δεν θα επιθυμούν την επίλυση των διαφορών τους από (κεντρικούς) κρατικούς μηχανισμούς, καταφεύγοντας σε μεθόδους αυτορρύθμισης¹⁷⁸. Άλλωστε, έχει παρατηρηθεί ότι οι επιλογές του εφαρμοστέου δικαίου και των αρμόδιων δικαστηρίων, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων, είναι εξαιρετικά σπάνιες στο πεδίο των συναλλαγών με κρυπτονομίσματα επί του blockchain¹⁷⁹.

5.2. Προστασία δεδομένων και ασφάλεια συναλλαγών

Η τεχνολογία blockchain ως μέσο για τη διεκπεραίωση συναλλαγών διαθέτει μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως περιγράφεται παραπάνω. Ταυτόχρονα όμως, η συμμόρφωση

¹⁷⁷ Villata, Francesca C. «Chapter 11: Cryptocurrencies and Conflict of Laws». eBook. Σε *Blockchain and Private International Law*, 314-347. Brill | Nijhoff, 2023. https://doi.org/10.1163/9789004514850_013, σελ. 334

¹⁷⁸ Guillaume, Florence. «Chapter 3: Aspects of Private International Law Related to Blockchain Transactions». Σε *Blockchains, Smart Contracts, Decentralised Autonomous Organisations and the Law*, επιμέλεια από Daniel Kraus, Thierry Obrist, και Olivier Hari, 49-82. Edward Elgar Publishing, 2019. <https://doi.org/10.4337/9781788115131>, σελ.72-73.

¹⁷⁹ Bonomi, Andrea, Matthias Lehmann, και Shaheez Lalani. «Introduction: The Blockchain as a Challenge to Traditional Private International Law». Σε *Blockchain and Private International Law*, 1-9. Brill | Nijhoff, 2023. https://doi.org/10.1163/9789004514850_002, σελ. 4

με το κανονιστικό πλαίσιο προστασίας προσωπικών δεδομένων δεν είναι εύκολη υπόθεση. Μια πρωταρχική ανησυχία είναι η διάσταση μεταξύ της εγγενούς διαφάνειας του blockchain και της ανάγκης για προστασία των προσωπικών δεδομένων. Σε ένα blockchain, τα δεδομένα είναι αμετάβλητα και καταναμημένα σε πολλαπλούς κόμβους και οι συναλλαγές λαμβάνουν χώρα εντός ενός διαφανούς, και απαραβίαστου δικτύου τήρησης λογιστικών εγγραφών. Αυτό μπορεί να έρθει σε σύγκρουση με τη νομοθεσία περί προστασίας της ιδιωτικής ζωής, όπως ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (ΓΚΠΔ – General Data Protection Regulation, GDPR)¹⁸⁰, οι οποίοι παρέχουν στα υποκείμενα το δικαίωμα να διαγράψουν ή να τροποποιούν τα δεδομένα τους. Η παρούσα ενότητα εμβαθύνει σε αυτά τα ζητήματα, εξετάζει τη συμβατότητα του blockchain με τους κανονισμούς προστασίας των δεδομένων και διερευνά πιθανές λύσεις για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης χωρίς να διακυβεύονται τα οφέλη της τεχνολογίας.

5.2.1. Διαφάνεια ή ιδιωτικότητα;

Το καίριο ερώτημα είναι η εξεύρεση της ισορροπίας μεταξύ των προαναφερθέντων άκαμπτων χαρακτηριστικών του blockchain και των διατάξεων προστασίας δεδομένων. Προφανώς τα κριτήρια για την αξιολόγηση του βαθμού ιδιωτικότητας που προσφέρει ένα blockchain, διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος της αλυσίδας και ανάλογα με τη φύση της συναλλαγής. Σε ένα ιδιωτικό ή σε ένα permissioned blockchain, ο διαχειριστής θα μπορούσε να ορίσει μια πολιτική ελέγχου πρόσβασης για να καλύψει τις απαιτήσεις ιδιωτικότητας του blockchain, χωρίς να αποτελεί πρόβλημα η πλήρης διαφάνεια των δεδομένων του blockchain. Ωστόσο, στην περίπτωση ενός δημόσιου blockchain, όπου ο κάθε κόμβος μπορεί να έχει πρόσβαση χωρίς περιορισμούς, θα πρέπει να διερευνηθεί κατά περίπτωση αν η εκάστοτε ΤΚΚ έχει μηχανισμούς προστασίας της ταυτότητας των συναλλασσόμενων και του περιεχομένου των συναλλαγών¹⁸¹.

¹⁸⁰ Κανονισμός (ΕΕ) 2016/679 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Απριλίου 2016, για την προστασία των φυσικών προσώπων έναντι της επεξεργασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα και για την ελεύθερη κυκλοφορία των δεδομένων αυτών και την κατάργηση της οδηγίας 95/46/ΕΚ (Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων). <http://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>, εφεξής ΓΚΠΔ.

¹⁸¹ Feng, Qi, Debiao He, Sherali Zeadally, Muhammad Khurram Khan, και Neeraj Kumar. «A Survey on Privacy Protection in Blockchain System». *Journal Of Network and Computer Applications* 126 (15 Ιανουαρίου 2019): 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2018.10.020>, σελ. 48.

Στα περισσότερα blockchains οι χρήστες δημιουργούν ψευδώνυμα όταν συνδέονται στο σύστημα. Εντούτοις, εξαιτίας του δημόσιου και ανοικτού χαρακτήρα της τεχνολογίας, μπορούν να εφαρμοστούν τεχνικές μέθοδοι απο-ανωνυμοποίησης, δηλαδή αποκάλυψης της πραγματικής ταυτότητας των χρηστών. Πέραν αυτού, μέσα από εις βάθος ανάλυση του δικτύου των κατανεμημένων εγγραφών, είναι εφικτό να γίνει «ανάλυση δικτύου» η οποία θα φανερώσει κατά στατιστικό τρόπο τους χρήστες, εκτιμώντας συναλλακτικά μοτίβα, συμπεριφορικούς παράγοντες, ή συνδέοντας ήδη γνωστές πληροφορίες με φαινομενικά άγνωστα ως τώρα δεδομένα¹⁸². Προς τούτο έχουν δημιουργηθεί πρωτόκολλα διαφύλαξης της ασφάλειας των συναλλαγών που εκτελούνται για κάθε νέο block, χρησιμοποιώντας αλγορίθμους συναίνεσης όπως το Zero-Knowledge-Proof (βλ. Κεφ. 3.5.1), ή μεθοδολογίες εξελιγμένης κρυπτογράφησης που καλούνται «ομομορφικά κρυπτοσυστήματα»¹⁸³.

5.2.2. Παντοτινές αμετάβλητες εγγραφές ή δικαίωμα στη λήθη;

Η αμεταβλητότητα του blockchain κατ' αρχήν συγκρούεται με το δικαίωμα στη λήθη. Η τεχνολογία blockchain έχει σχεδιαστεί για να είναι ένα μόνιμο, αμετάβλητο λογιστικό βιβλίο όλων των συναλλαγών, επομένως, αφού καταγραφούν τα δεδομένα, δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή να διαγραφούν. Αυτή η μονιμότητα εξασφαλίζει την ασφάλεια και την ακεραιότητα των δεδομένων, αλλά αποτελεί πρόκληση όταν οι χρήστες θέλουν να διαγράψουν τις προσωπικές τους πληροφορίες από το σύστημα.

Το δικαίωμα στη λήθη είναι απόρροια της υπόθεσης Google Spain SL, Google Inc κατά Agencia Española de Protección de Datos, Mario Costeja González¹⁸⁴. Κατοχυρώθηκε στον ΓΚΠΔ αρθ. 17, σύμφωνα με το οποίο, τα υποκείμενα επεξεργασίας έχουν το δικαίωμα να ζητήσουν τη διαγραφή των προσωπικών δεδομένων τους. Ο ΓΚΠΔ, υπό το πνεύμα της

¹⁸² Feng, Qi, Debiao He, Sherali Zeadally, Muhammad Khurram Khan, και Neeraj Kumar. «A Survey on Privacy Protection in Blockchain System». *Journal Of Network and Computer Applications* 126 (15 Ιανουαρίου 2019): 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2018.10.020>, σελ. 48-49.

¹⁸³ Feng, Qi, Debiao He, Sherali Zeadally, Muhammad Khurram Khan, και Neeraj Kumar. «A Survey on Privacy Protection in Blockchain System». *Journal Of Network and Computer Applications* 126 (15 Ιανουαρίου 2019): 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2018.10.020>, σελ. 54.

¹⁸⁴ Court of Justice of the European Union. *Google Spain SL, Google Inc. κατά Agencia Española de Protección de Datos (AEPD), Mario Costeja González*, Case C-131/12, ECLI:EU:C:2014:317 (13 Μαΐου 2014). <https://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?text=&docid=152065&doclang=EL>.

τεχνολογικής ουδετερότητας¹⁸⁵, δεν έλαβε υπόψη αποκεντρωμένες τεχνολογίες όπως το blockchain, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται νομικές και τεχνικές αποκλίσεις και σε μεγάλο βαθμό ασυμβατότητα του Κανονισμού με τη συγκεκριμένη τεχνολογία. Ενδεχομένως βέβαια, η νομοπαρασκευαστική διαδικασία για τον ΓΚΠΔ να μην υπολόγισε τις ΤΚΚ, επειδή δεν ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένες κατά τον χρόνο συζήτησης για τον Κανονισμό. Οι προσπάθειες για την άρση αυτών των συγκρούσεων, περιλαμβάνουν κρυπτογραφικές μεθόδους για την απόκρυψη των δεδομένων, και μάλιστα σε τέτοιο βαθμό που είναι αδύνατη η ανίχνευση μιας συναλλαγής. Μολαταύτα, η κρυπτογράφηση, ούτε από τεχνική, ούτε από νομική άποψη είναι το ίδιο με την πλήρη διαγραφή, αφού τα δεδομένα δεν είναι ορατά στους χρήστες, αλλά εξακολουθούν να υπάρχουν πάνω στο blockchain. Σε ένα blockchain με άδεια (permissioned) θεωρητικά θα μπορούσε να υπάρξει τροποποίηση ή και διαγραφή δεδομένων από παρελθοντικά blocks, όχι όμως και σε ένα permissionless. Αναπόφευκτα, η ευρύτερη υιοθέτηση του blockchain εκτός κρυπτονομισμάτων επιτάσσει όχι μόνο την περεταίρω διερεύνηση τεχνικών λύσεων, αλλά και ενδεχομένως την ευελιξία του κανονιστικού πλαισίου¹⁸⁶.

5.2.3. Blockchain και ρόλοι του GDPR

Νομικά ζητήματα αναδεικνύονται και αναφορικά με τη συμμόρφωση και τον προσδιορισμό κρίσιμων ρόλων στην επεξεργασία των προσωπικών δεδομένων. Ο ΓΚΠΔ προβλέπει διακριτές υποχρεώσεις, ευθύνες αλλά και συνέπειες ανάλογα με το ρόλο κάθε μέρους στην επεξεργασία. Στο άρθρο 4 ορίζονται οι έννοιες του Υπευθύνου και του Εκτελούντος την Επεξεργασία Δεδομένων. Αυτοί αποτελούν κρίσιμους συντελεστές για την κατανομή των υποχρεώσεων συμμόρφωσης, αλλά και των προβλεπόμενων συνεπειών σε περίπτωση μη συμμόρφωσης. Στα αποκεντρωμένα συστήματα που αξιοποιούν τεχνολογία blockchain, ο προσδιορισμός των συγκεκριμένων ρόλων γίνεται ιδιαίτερα δυσχερής ελλείψει μιας οντότητας που διαδραματίζει κεντρικό/ρυθμιστικό

¹⁸⁵ ΓΚΠΔ, σκ. 15.

¹⁸⁶ Politou, Eugenia, Fran Casino, Efthimios Alepis, και Constantinos Patsakis. «Blockchain Mutability: Challenges and Proposed Solutions». *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing* 9, n.o 4 (25 Οκτωβρίου 2021): 1972-1986. <https://doi.org/10.1109/tetc.2019.2949510>, σελ. 1978

ρόλο¹⁸⁷. Ο ρόλος του υπευθύνου επεξεργασίας¹⁸⁸ (data controller) στο blockchain δεν μπορεί να γενικευτεί και απαιτεί κατά περίπτωση ανάλυση που λαμβάνει υπόψη τεχνικούς και συγκυριακούς παράγοντες. Στις ιδιωτικές ή permissioned αλυσίδες, ο προσδιορισμός του υπεύθυνου επεξεργασίας είναι απλός χάρη στην παρουσία μιας συγκεκριμένης κεντρικής οντότητας που υπαγορεύει τα μέσα και τους σκοπούς της επεξεργασίας. Ωστόσο, στις δημόσιες και χωρίς άδεια αλυσίδες, ο προσδιορισμός αυτός είναι πολύπλοκος. Διάφοροι συμμετέχοντες, όπως οι κόμβοι και οι χρήστες, μπορούν να χαρακτηριστούν ως υπεύθυνοι επεξεργασίας, αλλά συχνά έχουν περιορισμένη επιρροή σε όποια επεξεργασία δεδομένων συμβαίνει στο πλαίσιο μιας συναλλαγής. Υπό αυτές τις παραδοχές, έχει προταθεί η ιδέα της από κοινού ανάληψης του συγκεκριμένου ρόλου (joint-controllership), δηλαδή τα μέρη να καθορίζουν από κοινού τους σκοπούς και τα μέσα επεξεργασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα. Στις περιπτώσεις αυτές, όλα τα εμπλεκόμενα μέρη μοιράζονται την ευθύνη για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης και για τον ορθό χειρισμό των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα¹⁸⁹.

Ασφαλώς η αδυναμία εξεύρεσης του υπεύθυνου επεξεργασίας επεκτείνεται και στον ρόλο του εκτελούντος την επεξεργασία¹⁹⁰. Δίχως έναν υπεύθυνο, όχι μόνο δεν μπορεί να προσδιοριστεί ο εκτελών, αλλά ακόμη κι αν κατασταλάξουμε στο πρόσωπό του, γεννάται η απορία, κατ' εντολή ποιου πραγματοποιεί την επεξεργασία¹⁹¹;

5.2.3. Λοιπές προβληματικές από τον GDPR

Προκλήσεις συμμόρφωσης εντοπίζονται και στην ουσιαστική ικανοποίηση ορισμένων δικαιωμάτων που αναγνωρίζει ο ΓΚΠΔ στα υποκείμενα δεδομένων. Έτσι, λόγω της αδυναμίας προσδιορισμού ρόλων στην επεξεργασία, τίθεται ουσιαστικός

¹⁸⁷ Finck, Michèle. «Blockchain and the General Data Protection Regulation – Can Distributed Ledgers Be Squared With European Data Protection Law?» *European Parliament, Directorate-General for Parliamentary Research Services*. Publications Office of the European Union, 6 Αυγούστου 2019. <https://data.europa.eu/doi/10.2861/535>, σελ. 40-59.

¹⁸⁸ ΓΚΠΔ, αρθ. 4 §7, 6, 24

¹⁸⁹ Finck, Michèle. «Blockchain and the General Data Protection Regulation – Can Distributed Ledgers Be Squared With European Data Protection Law?» *European Parliament, Directorate-General for Parliamentary Research Services*. Publications Office of the European Union, 6 Αυγούστου 2019. <https://data.europa.eu/doi/10.2861/535>, σελ. 54-55

¹⁹⁰ ΓΚΠΔ αρθ. 4 §8, 28.

¹⁹¹ ΓΚΠΔ αρθ. 4 §8, 28, 29.

προβληματισμός κατά πόσο μπορεί να ικανοποιηθεί επαρκώς το δικαίωμα ενημέρωσης των υποκειμένων (ΓΚΠΔ αρθ.13-14) και συναφώς του δικαιώματος πρόσβασης (ΓΚΠΔ αρθ.15). Εκτός από το δύσκολα εφαρμοζόμενο δικαίωμα στη λήθη, η αμετάβλητη φύση του blockchain, ήτοι το σύστημα μη ανατρέψιμων καταγραφών των συναλλαγών, καθιστά δυσχερή έως αδύνατη την εμπέδωση του δικαιώματος διόρθωσης (ΓΚΠΔ αρθ. 16) και του δικαιώματος εναντίωσης (ΓΚΠΔ αρθ. 21)¹⁹².

Το blockchain, όπως έχει επαναληφθεί αρκετές φορές, έχει απόλυτη διαφάνεια στον τρόπο εκτέλεσης των συναλλαγών. Παραμένει όμως αμφίβολο αν ο διαφανής χαρακτήρας των καταγραφών ευθυγραμμίζεται με την προβλεπόμενη στον ΓΚΠΔ αρχή της διαφάνειας (ΓΚΠΔ αρθ. 5§1). Όλες οι συναλλαγές επί του blockchain συμβαίνουν ακριβώς με τον ίδιο τρόπο και δεν υπάρχει δυνατότητα παραλλαγής του τρόπου εκτέλεσης μίας συναλλαγής. Τα ίδια δεδομένα υπόκεινται σε επεξεργασία κάθε φορά που γεννιέται ένα block. Άρα, αυτομάτως παραβιάζονται οι αρχές του περιορισμού του σκοπού (άρθρο 5 § 1β) και της ελαχιστοποίησης (άρθρο 5 § 1γ), καθώς ενώ οι εν λόγω αρχές απαιτούν η επεξεργασία των απολύτως απαραίτητων προσωπικών δεδομένων να περιορίζεται σε συγκεκριμένο σκοπό, με την επίτευξη του οποίου παύει η δυνατότητα οποιαδήποτε περαιτέρω επεξεργασίας. Αντίθετα, τα προσωπικά δεδομένα συνεχίζουν να είναι καταχωρισμένα στα μητρώα του blockchain ακόμα και μετά την ολοκλήρωση της συναλλαγής για την οποία δημιουργήθηκαν¹⁹³.

5.3. Προστασία καταναλωτών

5.3.2. Εμπορικές συναλλαγές στο blockchain και καταναλωτικά smart contracts

Όπως έχει ήδη αναπτυχθεί εκτενώς, η τεχνολογία blockchain αρχικώς δημιουργήθηκε ως υποδομή ΤΚΚ για συναλλαγές με κρυπτονομίσματα, και σταδιακά άρχισε να αξιοποιείται για πλήθος εφαρμογών. Ορισμένες από αυτές, όπως η διείσδυση του blockchain στον χώρο της υγείας, ή οι λύσεις διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, σχετίζονται με την

¹⁹² Ταμβάκης, Νικόλαος. «Η Τεχνολογία Blockchain και το Επαναστατικό της Αποτύπωμα σε Παραδοσιακούς Κλάδους του Δικαίου». Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2019. <https://apothesis.eap.gr/archive/item/6192>, σελ. 45-47.

¹⁹³ Ξυλά, Μαρία-Ελένη. «Η Τεχνολογία Blockchain και οι Νομικές Πτυχές της». Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2023. <https://apothesis.eap.gr/archive/item/193011>, σελ. 53-55.

οργάνωση και τη διοίκηση εσωτερικών συστημάτων. Υπάρχουν όμως και πολλές εφαρμογές που αφορούν την συναλλακτική ζωή. Κατ' ουσίαν, το σύνολο της επιχειρηματικής δραστηριότητας που λαμβάνει χώρα στο blockchain, είτε πρόκειται για διακίνηση κρυπτοπαραστατικών και κρυπτονομισμάτων (βλ. Κεφ. 3.4), είτε για εμπορικά smart contracts (βλ. Κεφ. 4), δημιουργεί το αίτημα για την προστασία των καταναλωτών.

Ένα αρχικό ζήτημα προς εξέταση είναι η ανωνυμία που επιτρέπουν οι συναλλαγές πάνω στο blockchain. Η απόκρυψη των πραγματικών στοιχείων των χρηστών και η δραστηριοποίηση με ψευδώνυμο, επιτρέπει στους καταναλωτές να πραγματοποιούν συναλλαγές χωρίς να αποκαλύπτουν τα προσωπικά τους στοιχεία, μειώνοντας τον κίνδυνο της κλοπής ταυτότητας και της μη εξουσιοδοτημένης συλλογής δεδομένων και γενικότερα οι συναλλαγές με ψευδώνυμο μειώνουν τον κίνδυνο στοχευμένων επιθέσεων, όπως το phishing ή το hacking. Παράλληλα όμως, το χαρακτηριστικό της ανωνυμίας εμποδίζει την ταυτοποίηση των συναλλασσόμενων σε περίπτωση απάτης ή αμφισβήτησης και καθιστά δύσκολο για τους καταναλωτές να επαληθεύσουν την ταυτότητα των προσώπων με τα οποία συναλλάσσονται. Βέβαια, αυτά τα ζητήματα επιδέχονται τεχνικές λύσεις που έχουν ήδη αναφερθεί παραπάνω (πχ. ταυτοποίηση μέσω blockchain, ισχυρή κρυπτογράφηση με δομή δημοσίου-ιδιωτικού κλειδιού).

Οι έξυπνες συμβάσεις επίσης μπορεί να έχουν εμπορικό χαρακτήρα εφόσον οι συμβαλλόμενοι έχουν σχέση εμπόρου-καταναλωτή. Τα επίπεδα αυτοματισμού της σύμβασης που επιτρέπει ένα smart contract παρέχουν στους καταναλωτές αυξημένη ασφάλεια. Οι καταναλωτές επωφελούνται από την αυτόματη εκτέλεση και αποκτούν ένα αποτελεσματικό εργαλείο ακριβούς απόδειξης μίας συναλλαγής¹⁹⁴. Η αποτελεσματική ενάσκηση των δικαιωμάτων του καταναλωτή όμως, προϋποθέτει ότι μία έξυπνη σύμβαση θα έχει εκ των προτέρων χαρακτηριστεί ως τέτοια επί του blockchain, και στον κώδικά της θα περιλαμβάνονται πρωτόκολλα που αντιστοιχούν στα δικαιώματα και στους τρόπους προστασίας του καταναλωτή. Για παράδειγμα, στις καταναλωτικές συμβάσεις από απόσταση ο καταναλωτής έχει δικαίωμα ανατιολόγητης υπαναχώρησης εντός

¹⁹⁴ Molinaro, Dott. Leonardo. «Smart Contract: Opportunities for Consumer Protection». *Affidaty Blog*, 22 Ιανουαρίου 2024. Προσπέλαση 29 Ιουλίου 2024. <https://affidaty.io/blog/en/2024/01/smart-contract-consumer-protection/>.

δεκατεσσάρων ημερών από την παραλαβή του προϊόντος/αγαθού. Το ίδιο ισχύει και αν πρόκειται για εξ ολοκλήρου ψηφιακό αγαθό. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να προβλέπεται ένας μηχανισμός αναστολής της συναλλαγής ή η επιφύλαξη του δικαιώματος υπαναχώρησης, μέσω σχετικών ρητρών, ώστε να μην καταλείπεται ως μόνη λύση εκ των υστέρων προστασία¹⁹⁵. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ένας μηχανισμός Stop Contract μοιάζει αναγκαίος (βλ. Κεφ. 4.2.5).

5.3.2. Ο Κανονισμός MiCA

Περισσότερο κρίσιμη είναι η προστασία των καταναλωτών στο πλαίσιο των κρυπτονομισμάτων και άλλων δικαιωμάτων και αγαθών με αξία επί του blockchain, όπως είναι τα διάφορα κρυπτοστοιχεία. Μέχρι το 2020, στην Ευρωπαϊκή Ένωση δεν υπήρχε ενιαία ρύθμιση για τα κρυπτονομίσματα και κρυπτοστοιχεία, παρόλο που αυτά όχι μόνο κερδίζουν έδαφος διαρκώς, αλλά αποτελούν και μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές της τεχνολογίας blockchain στον χρηματοοικονομικό τομέα. Ως εκ τούτου, οι μεν αγοραστές των κρυπτοαγαθών παρέμεναν σε μεγάλο βαθμό απροστάτευτοι, οι δε έμποροι υστερούσαν στην οργάνωση της επιχειρηματικής τους δραστηριότητας¹⁹⁶.

Τον Σεπτέμβριο του 2020 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στο πλαίσιο μιας δέσμης μέτρων για την περαιτέρω διευκόλυνση και στήριξη των δυνατοτήτων του ψηφιακού χρηματοοικονομικού τομέα παρουσίασε την πρόταση κανονισμού για τις αγορές κρυπτοστοιχείων¹⁹⁷. Εντέλει στις 9 Ιουνίου 2023, δημοσιεύθηκε ο Κανονισμός (ΕΕ) 2023/1114¹⁹⁸ «για τις αγορές κρυπτοστοιχείων» (Markets in crypto-assets – MiCA), ο οποίος

¹⁹⁵ Marino, Bill, και Ari Juels. «Setting Standards for Altering and Undoing Smart Contracts». En *Lecture Notes in Computer Science*, 151-166, 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42019-6_10, σελ. 153-154.

¹⁹⁶ Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. «Γιατί Είναι Σημαντική η Νομοθετική Ρύθμιση των Κρυπτονομισμάτων»; Θέματα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 1 Απριλίου 2022. Προσπέλαση 29 Ιουλίου 2024. <https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20220324STO26154/giati-einai-simantiki-i-nomothetiki-ruthmisi-ton-kruptonomismaton>.

¹⁹⁷ ΠΡΟΤΑΣΗ Κανονισμός του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τις αγορές κρυπτοστοιχείων και για την τροποποίηση της οδηγίας (ΕΕ) 2019/1937, COM/2020/593 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A52020PC0593>.

¹⁹⁸ Κανονισμός (ΕΕ) 2023/1114 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 31ης Μαΐου 2023, για τις αγορές κρυπτοστοιχείων και για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΕ) αριθ. 1093/2010 και (ΕΕ) αριθ. 1095/2010 και των οδηγιών 2013/36/ΕΕ και (ΕΕ) 2019/1937. <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1114/oj>.

Ο Κανονισμός 2023/1114 είναι πιο ευρέως γνωστός ως MiCA Regulation.

αποτελεί την πρώτη προσπάθεια ρύθμισης της αγοράς των κρυπτονομισμάτων και των κρυπτοστοιχείων γενικότερα, με ημερομηνία ισχύος από τις 30 Δεκεμβρίου 2024. Μεταξύ των στόχων του Κανονισμού MiCA είναι η σύγκλιση του ενωσιακού δικαίου με την πραγματικότητα των ψηφιακών αγορών κρυπτοστοιχείων, η ενίσχυση της καινοτομίας και της ανταγωνιστικότητας, και ασφαλώς η προστασία καταναλωτών και επενδυτών¹⁹⁹.

Μεταξύ των ρυθμίσεων που προβλέπονται στον Κανονισμό MiCA, αξίζει να σταθούμε σε ορισμένες που αφορούν στα δικαιώματα των καταναλωτών. Συνολικά το πνεύμα του Κανονισμού προτάσσει τη διαφάνεια και εισάγει απαιτήσεις από τους εκδότες κρυπτοπεριουσιακών στοιχείων. Οι πάροχοι υπηρεσιών κρυπτοστοιχείων στην ΕΕ υπόκεινται σε αδειοδότηση και εποπτεία. Αυτό επιτρέπει στους καταναλωτές να λαμβάνουν διαρκή ενημέρωση για τους παρόχους, προστατεύοντάς τους από πιθανούς κινδύνους επενδυτικής φύσεως, καθώς και να παρακολουθούν τη συμμόρφωση των παρόχων με τις επιταγές αποκάλυψης πληροφοριών σχετικών με τη δραστηριότητά τους. Οι αγοραστές κρυπτοστοιχείων αντιμετωπίζονται ισότιμα με τους καταναλωτές ψηφιακών αγαθών, αφού τους παρέχεται το δικαίωμα υποβολής καταγγελιών, είτε ατομικά, είτε από ενώσεις. Ειδικά οι κάτοχοι κρυπτοστοιχείων που δεν είναι asset-referenced tokens και e-money tokens, έχουν δικαίωμα υπαναχώρησης εντός 14 ημερών από την ημερομηνία της αγοράς των ψηφιακών αγαθών, και μάλιστα δίχως υποχρέωση αιτιολόγησης²⁰⁰. Επίσης, μπορούν να εξαργυρώσουν τα tokens τους, αξιώνοντας την αξία τους από τους αρχικούς εκδότες, οι οποίοι δεν μπορούν να αρνηθούν και θα πρέπει να διαθέτουν αποθεματικά προς επιστροφή. Ειδικά οι εκδότες σταθερών κρυπτονομισμάτων (stablecoins) υποχρεούνται να διατηρούν επαρκώς ρευστοποιήσιμο αποθεματικό²⁰¹, ακόμη και υπό μορφή καταθέσεων, τόσα ώστε κάθε κάτοχος του stablecoin, που έχει απαίτηση

¹⁹⁹ Ταμβάκης, Νικόλαος. «Η Πρόταση Κανονισμού για τη Ρύθμιση των Αγορών Κρυπτοστοιχείων, EU Regulation Proposal of Markets in Crypto Assets (MiCA). Πρώτες Σκέψεις, Ζητήματα και Πεδίο Εφαρμογής». *Επιθεώρηση Δικαίου Πληροφορικής* Τεύχος 1, αρ. 2 (2020). <https://doi.org/10.26262/infolawj.v1i2.7993>.

²⁰⁰ MiCA [Κανονισμός (ΕΕ) 2023/1114], άρθρο 13

²⁰¹ Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. «Ψηφιακός χρηματοοικονομικός τομέας: Επίτευξη συμφωνίας σχετικά με ευρωπαϊκό κανονισμό για τα κρυπτοστοιχεία (MiCA)». Δελτίο Τύπου, 30 Ιουνίου 2022. Προσπέλαση 29 Ιουλίου 2024. <https://www.consilium.europa.eu/el/press/press-releases/2022/06/30/digital-finance-agreement-reached-on-european-crypto-assets-regulation-mica/>.

έναντι του εκδότη, να μπορεί να λάβει την αξία των σταθερών κρυπτονομισμάτων του δωρεάν, ανά πάσα στιγμή²⁰².

Παρότι ο Κανονισμός MiCA κινείται προς τη σωστή κατεύθυνση, περιέχει και ασάφειες και κενά που εμποδίζουν την απρόσκοπτη εφαρμογή του στο πεδίο της προστασίας καταναλωτών. Ο Κανονισμός αναφέρεται με μεγάλη ευρύτητα σε κρυπτοστοιχεία που θεωρούνται tokens ηλεκτρονικού χρήματος, όμως δεν καθιστά ευκρινές ποια tokens υπάγονται σε αυτήν την κατηγορία, και άρα στο πεδίο εφαρμογής του. Επιπλέον, ο MiCA διατυπώνει κάπως αόριστα την απαίτηση για διαφάνεια εκ μέρους του εκδότη ενός κρυπτοστοιχείου, ωστόσο, μοιάζει να μην υπολογίζει το ενδεχόμενο ένα κρυπτοστοιχείο να εκδίδεται χωρίς στοιχεία εκδότη. Προφανώς, στο αποκεντρωμένο δίκτυο blockchain, και δεδομένων των χαμηλών απαιτήσεων από άποψη υποδομής αυτό είναι πραγματικό φαινόμενο, και εν προκειμένω ο κάτοχος αδυνατεί να ενημερωθεί κατάλληλα. Ο κίνδυνος αυτός επιτείνεται εξαιτίας της κατανεμημένης φύσης της ΤΚΚ που επιτρέπει την εμπλοκή κόμβων από τρίτες χώρες, εκτός δικαιοδοσίας του Κανονισμού. Παρά τις υποχρεώσεις τους, οι πάροχοι κρυπτοστοιχείων, όπως τα ανταλλακτήρια κρυπτονομισμάτων, δεν παρέχουν το ίδιο επίπεδο προστασίας με τις τράπεζες. Ο πολύ ρεαλιστικός κίνδυνος κατάρρευσής τους, όπως συνέβη με το ανταλλακτήριο «FTX»²⁰³, ή μια κυβερνοεπίθεση, συνεπάγεται και απώλεια των περιουσιακών κρυπτοαγαθών, αφού δεν υπάρχει κάποια εξασφάλιση ή εγγύηση²⁰⁴.

5.3.3. Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2022/858

Τέλος, πρέπει να γίνει μνεία στον Κανονισμό (ΕΕ) 2022/858²⁰⁵. Ο συγκεκριμένος κανονισμός, που εγκρίθηκε στις 30 Μαΐου 2022 και ισχύει από τις 23 Μαρτίου 2023,

²⁰² Θεοδωρίδης, Κωνσταντίνος, «II. e-πίκαιρα νομικής πληροφορικής», *Ελληνική Επιθεώρηση Ευρωπαϊκού Δικαίου*, τεύχος 3 (2022): 345-351.

²⁰³ Reiff, Nathan. «The Collapse of FTX: What Went Wrong With the Crypto Exchange?» Investopedia, 6 Ιουνίου 2024. <https://www.investopedia.com/what-went-wrong-with-ftx-6828447>.

²⁰⁴ Παπαδημητροπούλου-Κόλλια, Νατάσας. «MiCA Regulation: Η ΕΕ 'Νοικοκυρεύει' την Αγορά της Κρυπτογράφησης αλλά... με Κενά.» *Reporter Magazine*, 20 Ιουλίου 2023. https://issuu.com/oikonomikanautiliakanea/docs/reporter_mag_july_2023.

²⁰⁵ Κανονισμός (ΕΕ) 2022/858 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 30ής Μαΐου 2022 σχετικά με ένα πιλοτικό καθεστώς για υποδομές της αγοράς που βασίζονται σε τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού και την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΕ) αριθ. 600/2014 και (ΕΕ) αριθ. 909/2014 και της οδηγίας 2014/65/ΕΕ. <http://data.europa.eu/eli/reg/2022/858/oj>.

θεσπίζει ένα πιλοτικό καθεστώς για τις υποδομές της αγοράς που βασίζονται στην τεχνολογία κατακευματισμένου καθολικού (TKK). Στόχος του είναι η ενσωμάτωση των TKK στις χρηματοπιστωτικές αγορές, διασφαλίζοντας παράλληλα την προστασία των επενδυτών, την ακεραιότητα της αγοράς και τη χρηματοπιστωτική σταθερότητα. Ο κανονισμός αυτός επιτρέπει στις υποδομές αγοράς που βασίζονται σε TKK να λειτουργούν υπό ορισμένες εξαιρέσεις από την ισχύουσα χρηματοπιστωτική νομοθεσία, διευκολύνοντας την καινοτομία και τη δοκιμή νέων τεχνολογικών λύσεων στη διαπραγμάτευση και το διακανονισμό χρηματοπιστωτικών μέσων. Επιπλέον, δίνει έμφαση στην τεχνολογική ουδετερότητα και επιβάλλει κατάλληλες εγγυήσεις για την προστασία των επενδυτών.

6. Προοπτική Εξέλιξης και Προκλήσεις

Η τεχνολογία blockchain συνεχίζει να εξελίσσεται, παρουσιάζοντας αφενός ενδιαφέρουσες δυνατότητες και αφετέρου σημαντικές προκλήσεις. Οι τρέχουσες και ανερχόμενες τάσεις αναδεικνύουν καινοτόμες εφαρμογές σε πολλούς κλάδους της οικονομίας. Τα ζητήματα της επεκτασιμότητας, της διαλειτουργικότητας, της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας, και του συνολικού κόστους αποτελούν σημαντικά τεχνικά εμπόδια. Επίσης, η συζήτηση των αβέβαιων νομικών πτυχών και η πρόταση ρεαλιστικών λύσεων δεν έχει ολοκληρωθεί. Πάντως, η διεπαφή με αναδυόμενες τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη (TN) θα μπορούσε να ενισχύσει τη σημασία του blockchain και να οδηγήσει σε μια πιο εκτεταμένη υιοθέτηση, παρά τις υπάρχουσες δυσκολίες.

6.1. Οι τάσεις στον κόσμο του blockchain και δυνητικές εφαρμογές

Οι πρόσφατες τάσεις στον κόσμο της τεχνολογίας blockchain φανερώνουν ένα πεδίο που εξελίσσεται δυναμικά, με ταχείς ρυθμούς, και προοπτική για το μέλλον.

6.1.1. Διαλειτουργικότητα

Το σημερινό τοπίο του blockchain χαρακτηρίζεται από πολυάριθμες εξειδικευμένες αλυσίδες, κατάλληλες για πληρωμές, αποθήκευση δεδομένων, έξυπνες συμβάσεις, και άλλους σκοπούς, καθεμία από τις οποίες λειτουργεί ανεξάρτητα και με τους δικούς της κανόνες. Αυτός ο κατακερματισμός δημιουργεί σημαντικές ανακολουθίες που δεν επιτρέπουν τη δημιουργία ενός συνεκτικού και αποτελεσματικού οικοσυστήματος. Η έννοια της **διαλειτουργικότητας**²⁰⁶ των αλυσίδων blockchain αναφέρεται στη δυνατότητα διαφορετικών συστημάτων δικτύων κατανεμημένου καθολικού να επικοινωνούν, να μοιράζονται δεδομένα, και να αλληλεπιδρούν απρόσκοπτα μεταξύ τους²⁰⁷.

²⁰⁶ Η έννοια της διαλειτουργικότητας απαντάται και στη δημόσια διοίκηση ως η δυνατότητα δύο ανεξάρτητων συστημάτων να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Για την έννοια της διαλειτουργικότητας στην ελληνική δημόσια διοίκηση βλ. ΚΨΔ (Ν. 4727/2020) κεφ. ΙΒ'.

²⁰⁷ GeeksforGeeks, «Top 10 Trends in Blockchain Technology In 2024», GeeksforGeeks, 5 Ιουλίου 2024, Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024, <https://www.geeksforgeeks.org/blockchain-technology-trends/>.

Προκειμένου να επιτευχθεί η διαλειτουργικότητα, έχουν διαμορφωθεί πρωτόκολλα που επιτρέπουν την ψηφιακή γεφύρωση μεταξύ αλυσίδων blockchain και την επικοινωνία των διαφορετικών δικτύων. Για παράδειγμα, το Cosmos Network χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ blockchain (Interblockchain Communication Protocol, IBC) για να επιτρέψει την αλληλεπίδραση διαφορετικών blockchains με τη δημιουργία πιστοποιητικών που επικυρώνουν την επικοινωνία μεταξύ των αλυσίδων. Ομοίως, η τεχνολογία Parachain της Polkadot και η πρόταση γέφυρας της Cardano προσφέρουν εναλλακτικές μεθόδους για την επίτευξη επικοινωνίας μεταξύ αλυσίδων. Αυτές οι τεχνολογίες συμβάλλουν στη δημιουργία διαύλων μεταξύ διαφορετικών δικτύων blockchain, δημιουργώντας ένα πιο συνδεδεμένο και λειτουργικό οικοσύστημα των ΤΚΚ. Η απρόσκοπτη επικοινωνία επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν πιο σύνθετες εφαρμογές, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα πολλαπλών αλυσίδων μπλοκ για τη δημιουργία καινοτόμων λύσεων²⁰⁸.

Η διαλειτουργικότητα είναι απαραίτητη για το μέλλον της τεχνολογίας blockchain και κρίσιμη για την ευρύτερη υιοθέτηση της, καθώς επιτρέπει τη δημιουργία ενός πιο κλιμακούμενου, ευέλικτου, και χωρίς αποκλεισμούς περιβάλλοντος blockchain. Παρά την εμφανή πρόοδο, η επίτευξη πλήρους διαλειτουργικότητας παραμένει δύσκολη υπόθεση²⁰⁹. Η πολυδιάστατη φύση των blockchains σημαίνει ότι τα διάφορα συστήματα πρέπει να είναι σε θέση να επικυρώνουν και να εμπιστεύονται το ένα τα δεδομένα του άλλου, απαίτηση που προϋποθέτει ισχυρά μέτρα ασφαλείας και τυποποιημένα πρωτόκολλα.

6.1.2. Αποκεντρωμένα χρηματοοικονομικά (DeFi)

Παρά τις πολλές και ποικίλες πρακτικές εφαρμογές της, η τεχνολογία blockchain δεν παύει να χρησιμοποιείται για τη λειτουργία που αρχικώς επινοήθηκε, δηλαδή ως ένα μέσο αποκεντρωμένης οικονομίας. Η έννοια των αποκεντρωμένων χρηματοοικονομικών (Decentralized Finance, DeFi) αναφέρεται στο αρχικό όραμα του Bitcoin για τη δημιουργία

²⁰⁸ Brezitska, Maryana. «Top 6 Blockchain Technology Trends in Various Industries». *Binariks* (blog), 30 Οκτωβρίου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://binariks.com/blog/emerging-blockchain-technology-trends/>.

²⁰⁹ Codex, Arthur C. «The Challenge of Blockchain Interoperability». *Reintech*, 14 Δεκεμβρίου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://reintech.io/blog/blockchain-interoperability-challenges#>.

ενός οικονομικού συστήματος που βασίζεται στην τεχνολογία blockchain και επιτρέπει στους χρήστες να πραγματοποιούν χρηματικές συναλλαγές χωρίς την ανάγκη παραδοσιακών τραπεζών ή μεσαζόντων. Στο DeFi, υπηρεσίες όπως ο δανεισμός, οι πιστωτικές συμβάσεις, η διαπραγμάτευση, και η είσπραξη τόκων πραγματοποιούνται μέσω αποκεντρωμένων εφαρμογών (dApps) και έξυπνων συμβολαίων σε πλατφόρμες blockchain²¹⁰.

Πλέον, το DeFi ξεφεύγει από τα βασικά πρωτόκολλα πιστώσεων και δανεισμού, και επεκτείνεται ώστε να περιλαμβάνει πιο σύνθετα χρηματοπιστωτικά μέσα, όπως αποκεντρωμένα παράγωγα και συναλλαγές δικαιωμάτων προαίρεσης (decentralizes derivatives and futures). Ένας νέος οικονομικός τομέας γεννιέται και ζει μέσα στο blockchain, με αποκεντρωμένα χρηματιστήρια (decentralized exchanges, DEX)²¹¹, αυτοματοποιημένες μεθόδους αγοράς προϊόντων (automated market makers, AMM)²¹², και αποκεντρωμένες ασφάλειες (DeFi insurance)²¹³. Πρόκειται για εξελιγμένες πλατφόρμες πάνω σε ένα δίκτυο blockchain που λειτουργούν στο κατακευματισμένο δίκτυο ως dApps, χαρίζοντας διαφάνεια και μεγαλύτερο έλεγχο στους χρήστες επί των χρηματοπιστωτικών τους δραστηριοτήτων.

6.1.3. Ψηφιακά Νομίσματα Κεντρικής Τράπεζας (CBDCs)

Όπως είναι πλέον γνωστό, η τεχνολογία blockchain οραματίζεται μία αποκεντρωμένη οικονομία, όπου οι συναλλαγές ολοκληρώνονται δίχως τη μεσολάβηση ενδιάμεσων και παρακάμπτοντας μίας εποπτεύουσας αρχής. Προφανώς η συνθήκη αυτή προκαλεί ανησυχία σε κρατικούς φορείς και σε κεντρικές τράπεζες, οι οποίες αντιμετωπίζουν με

²¹⁰ Sharma, Rakesh. «What Is Decentralized Finance (DeFi) and How Does It Work?» Investopedia, 25 Ιουλίου 2024. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/decentralized-finance-defi-5113835>.

²¹¹ Kaur, Guneet, ed. «What Are Decentralized Exchanges, and How Do DEXs Work?» Cointelegraph, 11 Αυγούστου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://cointelegraph.com/learn/what-are-decentralized-exchanges-and-how-do-dexs-work>.

²¹² Cryptopedia Staff. «What Is an Automated Market Maker (AMM)?». Gemini, 2 Οκτωβρίου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.gemini.com/cryptopedia/amm-what-are-automated-market-makers#section-automated-market-makers-101>.

²¹³ Castelluccio, Joseph. «Decentralized Insurance – A New Frontier». Mayer Brown, 15 Μαρτίου 2022. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.mayerbrown.com/en/insights/publications/2022/03/decentralized-insurance-a-new-frontier>.

σκεπτικισμό τις καινοτομίες του blockchain και επιθυμούν να μεταφέρουν κάποια από τα πλεονεκτήματά του σε συστημικό επίπεδο. Υπό αυτές τις συνθήκες, πολλές Κεντρικές Τράπεζες ανά τον κόσμο, μεταξύ αυτών και η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ΕΚΤ), έχουν αρχίσει να διερευνούν τα Ψηφιακά Νομίσματα Κεντρικής Τράπεζας (Central Bank Digital Currency, CBDC). Συγκεκριμένα, μέχρι το 2023 τουλάχιστον 120 χώρες εξέταζαν την εφαρμογή ψηφιακών νομισμάτων²¹⁴, ενώ μέχρι τον Μάρτιο 2024, συνολικά 135 Κεντρικές Τράπεζες, που συνολικά απαρτίζουν το 98% του παγκοσμίου ΑΕΠ βρίσκονταν σε κάποια φάση υιοθέτησης ψηφιακού νομίσματος²¹⁵.

Τα CBDCs αποτελούν ψηφιακές αναπαραστάσεις του χρήματος όπως αυτό εκδίδεται από μία Κεντρική Τράπεζα²¹⁶. Η ιδέα είναι επηρεασμένη από τον τρόπο λειτουργίας των κρυπτονομισμάτων και τα οφέλη τους ως μέθοδο πληρωμών, προσπαθώντας να συγκεράσει αυτά τα χαρακτηριστικά με ένα πιο κεντρικό και ελεγχόμενο σύστημα. Μολονότι ένα CBDC ομοιάζει με ένα κρυπτονόμισμα, αφού αποτελεί ψηφιακό χρήμα, εντούτοις, παρουσιάζει δύο καιρίες διαφορές. Πρώτον, δεν είναι αποκεντρωμένο, δηλαδή μη ελεγχόμενο και ρυθμιζόμενο από κάποια κεντρική αρχή. Δεύτερον, η κατοχή και χρήση του χρειάζεται μεν ένα ψηφιακό πορτοφόλι, ανάλογο με εκείνο των κρυπτονομισμάτων, πλην όμως, αυτό το πορτοφόλι δεν ζει στο blockchain, ούτε χρειάζεται απαραίτητα ΤΚΚ για τη διεκπεραίωση συναλλαγών²¹⁷. Το μητρώο εγγραφών κάθε συναλλαγής με CBDC, επίσης ομοιάζει με το blockchain, αφού μεταξύ άλλων επιδιώκεται η ιχνηλασιμότητα της ροής του χρήματος και η ασφάλεια των συναλλαγών²¹⁸, ενώ είναι τεχνικά εφικτό το προγραμματιζόμενο χρήμα, δηλαδή η

²¹⁴ Human Rights Foundation. «CBDC 101». CBDC Tracker. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://cbdctracker.hrf.org/cbdc-101>.

²¹⁵ Atlantic Council. «Central Bank Digital Currency Tracker», 20 Μαΐου 2024. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.atlanticcouncil.org/%20cbdctracker/>.

²¹⁶ Mooij, Annelieke. «European Central Bank Digital Currency: The Digital Euro. What Design of the Digital Euro Is Possible Within the European Central Bank's Legal Framework?» *SSRN Electronic Journal*, 3 Μαΐου 2021. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3838729>, σελ. 3.

²¹⁷ N26 Bank. «What Is the Digital Euro and How Does It Work?», N26, 28 Νοεμβρίου 2022. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://n26.com/en-eu/blog/digital-euro-what-is-it-how-does-it-work>.

²¹⁸ European Central Bank, «Digital euro Privacy options», Eurogroup Slides, 4 Απριλίου 2022, https://www.ecb.europa.eu/euro/digital_euro/timeline/profuse/shared/pdf/ecb.degov220404_privacy.en.pdf, σελ. 4

εφαρμογή κατά κάποιον τρόπο ενός smart contract πάνω στο CBDC, που θα ελέγχει τον τρόπο που το χρήμα μπορεί να ξοδευτεί^{219 220}.

6.1.4. Κρυπτοπαραστατικά για φυσικά περιουσιακά στοιχεία

Η αγορά των κρυπτοστοιχείων και άλλων παραστατικών στο blockchain έχει γεννήσει την ιδέα της δημιουργίας ψηφιακών παραστατικών (tokens) που ενσωματώνουν, ή αποτυπώνουν περιουσιακά δικαιώματα στον φυσικό κόσμο. Η μεταφορά περιουσιακών στοιχείων σε ψηφιακά παραστατικά ονομάζεται tokenization of assets. Αυτά τα tokens, που μπορεί να δημιουργούνται για ακίνητα, έργα τέχνης, εμπορεύματα, ή ακόμη και έργα που προστατεύονται με την πνευματική ιδιοκτησία, αποθηκεύονται και διακινούνται πάνω σε ένα blockchain και μπορούν να αγοραστούν, να πωληθούν ή να μεταφερθούν εύκολα σε ψηφιακές πλατφόρμες. Η εκτέλεση smart contracts με αντικείμενο αυτά τα παραστατικά, αποτελεί την τεχνολογική εξέλιξη σε έναν κλασικό χώρο διαχείρισης φυσικών αγαθών, και προσδίδει όλα τα πλεονεκτήματα του blockchain, όπως διαφάνεια, ασφάλεια, μείωση κόστους, και συνολικά βελτίωση της αποδοτικότητας των παραδοσιακών μηχανισμών. Το μεγάλο πλεονέκτημα των ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων είναι η δυνατότητα αγοράς ενός μεριδίου κάποιου περιουσιακού στοιχείου, δηλαδή η κατάτμηση ενός κατά τα άλλα αδιάσπαστου δικαιώματος, δυνατότητα ιδιαίτερα δελεαστική για επενδυτές που θέλουν να διαφοροποιήσουν το χαρτοφυλάκιό τους²²¹.

6.2. Τεχνικά ζητήματα και εμπόδια περεταίρω υιοθέτησης

Το μέλλον της τεχνολογίας blockchain προδιαγράφεται πολλά υποσχόμενο, με προοπτική να φέρει επανάσταση σε ακόμη περισσότερους κλάδους της οικονομίας. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά εμπόδια που πρέπει να υπερκεραστούν προτού η τεχνολογία blockchain μπορέσει να επικρατήσει ευρέως. Τόσο τεχνικά όσο και κοινωνικά

²¹⁹ Kee Toh, Wee. «Understanding Programmable Payments, Programmable Money and Purpose Bound Money». Onyx by J.P. Morgan. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024.

<https://www.jpmorgan.com/onyx/programmable-payments-purpose-bound-money>.

²²⁰ Walz, Christian. “European Commission - Establishment of the Digital Euro”. *Payment Technology Law* (blog), 10 Ιουλίου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://paytechlaw.com/en/european-commission-establishment-digital-euro/>.

²²¹ Brezitska, Maryana. «Top 6 Blockchain Technology Trends in Various Industries». *Binariks* (blog), 30 Οκτωβρίου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://binariks.com/blog/emerging-blockchain-technology-trends/>.

ζητήματα, σε συνδυασμό με άλλα νομικά προβλήματα, πρέπει να διευθετηθούν προκειμένου να ανοίξει ο δρόμος προς την εκτεταμένη εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας.

Το blockchain είναι στη βάση του ένα δίκτυο ομότιμων κόμβων (P2P), και ως εκ τούτου είναι εκτεθειμένο σε αρκετές από τις απειλές επιθέσεων που αντιμετωπίζουν αυτού του είδους τα δίκτυα. Αυτές οι επιθέσεις μπορεί να στοχεύουν διαφορετικά επίπεδα του δικτύου blockchain, όπως τα δεδομένα, τη δικτυακή υποδομή, τον μηχανισμό συναίνεσης, το επίπεδο παροχής κινήτρων, ή τη δομή έξυπνων συμβολαίων και εφαρμογών. Επίσης, είναι γνωστές περιπτώσεις επίθεσης στην ασφάλεια του Καθολικού, παραβιάσεις της μυστικότητας, της ακεραιότητας και της διαθεσιμότητας, όπου οι δράστες, εμφανιζόμενοι ως κόμβοι στο δίκτυο, ενδέχεται να παρακολουθούν τις συναλλαγές, να τροποποιούν δεδομένα, ή να διαταράσσουν τις υπηρεσίες δικτύου²²².

Οι έξυπνες συμβάσεις και άλλες αποκεντρωμένες εφαρμογές επίσης εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν δυσλειτουργίες, συχνά καθοριστικής σημασίας, εξαιτίας σφαλμάτων (bugs) και τρωτών σημείων (vulnerabilities) στον κώδικά τους²²³. Τα ζητήματα αυτά ενδέχεται να προκαλέσουν απρόβλεπτες συνέπειες, ακόμη και οικονομικές απώλειες ή εκμετάλλευση από κακόβουλους φορείς. Το πιο περιβόητο τέτοιο περιστατικό συνέβη το 2016 στο blockchain του Ethereum, και έγινε γνωστό ως «The DAO Hack». Οι hackers, εκμεταλλεόμενοι μια αδυναμία στον κώδικα της πλατφόρμας «Decentralized Autonomous Organization» που είναι μία αποκεντρωμένη εφαρμογή DeFi στο Ethereum, κατάφεραν να αποσπάσουν περίπου \$60 εκ. από επενδυτές και χρήστες²²⁴.

Δεν είναι άξιο απορίας λοιπόν, γιατί η διάδοση της τεχνολογίας blockchain αντιμετωπίζεται με διστακτικότητα ακόμη και από τους γνώστες αυτής. Ακόμη και σε

²²² Hameed, Khizar, Mutaz Barika, Saurabh Garg, Muhammad Bilal Amin, και Byeong Kang. «A Taxonomy Study on Securing Blockchain-based Industrial Applications: An Overview, Application Perspectives, Requirements, Attacks, Countermeasures, and Open Issues». *Journal Of Industrial Information Integration* 26 (1 Μαρτίου 2022): 100312. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100312>, σελ. 29-38.

²²³ Vacca, Anna, Andrea Di Sorbo, Corrado A. Visaggio, και Gerardo Canfora. «A Systematic Literature Review of Blockchain and Smart Contract Development: Techniques, Tools, And Open Challenges». *Journal Of Systems and Software* 174 (Απρίλιος 2021): 110891. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110891>.

²²⁴ Morris, David Z. «How the DAO Hack Changed Ethereum and Crypto». *CoinDesk*, 15 Μαΐου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.coindesk.com/consensus-magazine/2023/05/09/coindesk-turns-10-how-the-dao-hack-changed-ethereum-and-crypto/>.

περιπτώσεις που συναντάται τεχνολογική ετοιμότητα εκ μέρους των επιχειρήσεων, η αξιοποίηση της τεχνολογίας blockchain δεν αποτελεί προτεραιότητα. Οι βιομηχανίες δεν επιθυμούν να διαθέσουν τα απαιτούμενα κεφάλαια για τη διερεύνηση των πιθανών εφαρμογών της τεχνολογίας, ούτε να μεταφέρουν την υφιστάμενη υποδομή τους σε νέο περιβάλλον. Σύμφωνα με έρευνα, σχεδόν 8 στα 10 εκτελεστικά στελέχη βιομηχανιών δεν ενδιαφέρονται να ενσωματώσουν το blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα τους. Στην πραγματικότητα, μόνο το 1% της βιομηχανίας χρησιμοποιεί ΤΚΚ στη δραστηριότητά του²²⁵.

Σε νομικούς κύκλους εκφράζεται η ανησυχία, ότι μια πιο ευρεία υιοθέτηση του blockchain και ιδίως των smart contracts θα μπορούσε να στερήσει ύλη από το δικηγορικό επάγγελμα. Ωστόσο, αυτή η ανησυχία είναι μάλλον αβάσιμη²²⁶. Οι δικηγόροι εξακολουθούν να είναι χρήσιμοι και απαραίτητοι²²⁷. Το πιθανότερο είναι ότι μία ακόμη μέθοδος ψηφιοποίησης θα βοηθούσε πολύ περισσότερο τη νομική εργασία, και κυρίως θα προσέφερε ισχυρά αποδεικτικά εργαλεία, και χρήσιμες νέες μεθόδους για νομικές ενέργειες²²⁸. Δεν θα έβλαπτε πάντως η εξοικείωση των νομικών με τέτοιες νέες τεχνολογίες. Αλλωστε, η περαιτέρω υιοθέτηση του blockchain είναι συνυφασμένη και με τις νομικές πτυχές που σχετίζονται με αυτήν την τεχνολογία. Η αποδοχή και η αναγνώριση από τον νομικό κόσμο, είναι μόνον το πρώτο βήμα για την επίλυση των ομολογουμένως δισεπίλυτων νομικών ζητημάτων που δημιουργούν οι ΤΚΚ. Ακολούθως, τίθεται το ζήτημα του προγραμματισμού των έξυπνων συμβολαίων. Οι δικηγόροι του blockchain θα χρειάζονται γνώσεις μηχανικού υπολογιστών, ώστε να μεταφράσουν τη νομική γλώσσα σε κώδικα.

²²⁵ Hastig, Gabriella, και ManMohan Sodhi. «Blockchain for Supply Chain Traceability: Business Requirements and Critical Success Factors». *Production and Operations Management* 29, n.o 4 (9 Ιανουαρίου 2020): 935-954. <https://doi.org/10.1111/poms.13147>, σελ. 19-21

²²⁶ Cenkus, Brett. «Will Smart Contracts Finally Rid the World of Lawyers?» HackerNoon, 2 Φεβρουαρίου 2018. <https://hackernoon.com/even-the-best-smart-contracts-wont-put-lawyers-out-of-work-anytime-soon-a224736e0235>.

²²⁷ Giancaspro, Mark. «Is a 'Smart Contract' Really a Smart Idea? Insights From a Legal Perspective». *Computer Law and Security Report/Computer Law & Security Report* 33, n.o 6 (1 Δεκεμβρίου 2017): 825-835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>, σελ. 834-835.

²²⁸ Κανέλλος, Λεωνίδα. *Smart Contracts: Νομικές Προκλήσεις και Επιχειρηματικές Προοπτικές*. Νομική Βιβλιοθήκη, 2022, σελ. 199.

6.3. Σχέση με το μετασύμπαν (metaverse) και με την τεχνητή νοημοσύνη

6.3.1. Μετασύμπαν και blockchain

Το μετασύμπαν (metaverse) είναι ένα εικονικό κοινόχρηστο περιβάλλον, που περιλαμβάνει ψηφιακούς κόσμους (Virtual Reality – VR), επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality – AR), και διαδικτυακές εφαρμογές. Ο όρος αναφέρεται ευρύ φάσμα ψηφιακών εμπειριών και περιβαλλόντων όπου οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν, να συνευρίσκονται σε κοινωνικές εκδηλώσεις, να παίζουν, και να εργάζονται σε εμβυθιστικούς (immersive) τρισδιάστατους χώρους, με τη βοήθεια συσκευών, όπως κάσκες και γυαλιά εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality, VR) και επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality, AR) και κλασικούς υπολογιστές.

Καίριο χαρακτηριστικό του metaverse είναι τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία. Σε αυτά περιλαμβάνονται εικονικά ακίνητα, τα avatars και τα αντικείμενα του παιχνιδιού, αξεσουάρ, και κάθε είδους ψηφιακές αναπαραστάσεις²²⁹. Η ιδιοκτησία τέτοιων ψηφιακών αγαθών καθώς και όλες οι συναλλαγές αυτών διενεργούνται και επαληθεύονται μέσω blockchain. Κρυπτοπαραστατικά όπως τα NFTs διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην απόκτηση πλούτου στο μετασύμπαν. Το blockchain διευκολύνει την αποκεντρωμένη διακυβέρνηση και την οικονομία μέσα στο metaverse, επιτρέποντας στους χρήστες να συμμετέχουν στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και να κερδίζουν κρυπτονομίσματα μέσω διαφόρων δραστηριοτήτων. Το blockchain έχει καθοριστική σημασία για την ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα του metaverse ακριβώς επειδή εξασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων και τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών εικονικών κόσμων^{230 231}.

²²⁹ Τσιμπούκης, Πάνος. «Η Οικονομία Του Metaverse». *Οικονομικός Ταχυδρόμος*, 16 Μαρτίου 2022. <https://www.ot.gr/2022/03/16/tecnologia/i-oikonomia-tou-metaverse/>.

²³⁰ Mahtani, Prerna. «The Role of Blockchain in Shaping The Metaverse». *iTMunch*, 24 Μαρτίου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://itmunch.com/the-role-of-blockchain-in-the-metaverse/>.

²³¹ Κανέλλος, Λεωνίδα. *Smart Contracts: Νομικές Προκλήσεις και Επιχειρηματικές Προοπτικές*. Νομική Βιβλιοθήκη, 2022, σελ. 222.

6.3.2. Τεχνητή νοημοσύνη και blockchain

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (TN – Artificial Intelligence, AI) είναι ευρύτατη έννοια. Εν γένει πρόκειται για οποιοδήποτε υπολογιστικό σύστημα το οποίο προσομοιάζει τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης²³². TN θεωρείται κάθε λογισμικό που εκτελεί συγκεκριμένους αλγορίθμους ώστε να αναγνωρίζει μοτίβα σε μεγάλους όγκους δεδομένων, και ύστερα να καταλήγει σε συμπεράσματα, προβλέψεις, ή να λαμβάνει αποφάσεις. Υπάρχουν πολλά είδη TN, που διακρίνονται ανάλογα με τη λειτουργία και το αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, TN αναγνώρισης φωτογραφιών (image recognition software), προγράμματα λογικής ανάλυσης (logical AI programs), έξυπνοι βοηθοί (smart assistants όπως Siri, Alexa), και ρομπότ διαλόγου (chatbots, όπως ChatGPT)²³³. Οι εξελίξεις στον χώρο της τεχνητής νοημοσύνης τα τελευταία δύο χρόνια, ειδικά ύστερα από την εμπορική διάθεση παραγωγικών αλγορίθμων (generative AI) είναι πρωτοφανείς. Η τεχνητή νοημοσύνη υπόσχεται να διαταράξει ένα πλήθος βιομηχανιών και δραστηριοτήτων, με αντίκτυπο πολύ μεγαλύτερο από εκείνον το blockchain.

Φαινομενικά, οι δύο αυτές τεχνολογίες (AI και blockchain) πρεσβεύουν εκ διαμέτρου αντίθετες φιλοσοφίες²³⁴. Το blockchain οικοδομείται σε ένα κατακεντρωμένο δίκτυο και η λειτουργία του είναι συνυφασμένη με τις έννοιες της αποκεντρωμένης φύσης, και της διαφάνειας. Αντίθετα, η TN αναπτύσσεται από μερικές μεγάλες εταιρείες με εδραιωμένη παρουσία στον χώρο της τεχνολογίας. Τα μοντέλα εκμάθησης της τεχνητής νοημοσύνης συγκεντρώνουν μαζικά και αδιάκριτα πληροφορίες, από όλο το διαδίκτυο, αδιαφορώντας για τη νομιμότητα αυτής της συλλογής. Κι όμως, η συνέργεια μεταξύ τους, θα μπορούσε να αποδειχθεί ωφέλιμη για αμφότερες τις τεχνολογίες. Αφενός, το αποκεντρωμένο και αμετάβλητο καθολικό του blockchain παρέχει ένα αξιόπιστο θεμέλιο για την TN, εξασφαλίζοντας την ακεραιότητα και την ασφάλεια των δεδομένων, κάτι που είναι

²³² Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο . «Τι Είναι Η Τεχνητή Νοημοσύνη Και Πώς Χρησιμοποιείται». Θέματα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 9 Σεπτεμβρίου 2020. Προσπέλαση 28 Ιουλίου 2024. <https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20200827STO85804/ti-einai-i-techniti-noimosuni-kai-pos-chrisimopoiείται>.

²³³ Barsky, Daniel. «Artificial Intelligence Key Legal Issues». LexisNexis. Holland & Knight LLP, 2023. Προσπέλαση 1 Αυγούστου 2024. <https://www.hkllaw.com/-/media/files/insights/publications/2023/06/artificial-intelligence-key-legal-issues.pdf>.

²³⁴ Κανέλλος, Λεωνίδα. *Smart Contracts: Νομικές Προκλήσεις και Επιχειρηματικές Προοπτικές*. Νομική Βιβλιοθήκη, 2022, σελ. 226-227.

ζωτικής σημασίας για την εκπαίδευση των μοντέλων TN. Η επεξεργασία και ανάλυση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων, που έχουν επαληθευτεί για την αξιοπιστία τους μέσα από ένα δίκτυο blockchain θα οδηγούσε σε πιο ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα. Αφετέρου, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να ενδυναμώσει το blockchain βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα και την κλιμάκωσή του μέσω έξυπνων αλγορίθμων που βελτιστοποιούν τη διαδικασία επικύρωσης και διαχειρίζονται αποτελεσματικά τους πόρους του δικτύου. Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στο blockchain δημιουργεί τις προϋποθέσεις για καινοτόμες εφαρμογές, όπου η TN διαχειρίζεται τις έξυπνες συμβάσεις και επεξεργάζεται χωρίς πρόβλημα τα δεδομένα των χρηστών. Η σύγκλιση μεταξύ blockchain και τεχνητής νοημοσύνης, έχει την δυνατότητα να αναδείξει τα ισχυρά σημεία καθεμίας από αυτές τις τεχνολογίες οδηγώντας στη δημιουργία ασφαλέστερων και ευφυέστερων συστημάτων.

7. Επίλογος

7.1. Blockchain: Περισσότερο από μια μόδα

Στη συνείδηση του μέσου ανθρώπου το blockchain έχει αποτυπωθεί ως μία τεχνολογία συναφής με τα κρυπτονομίσματα. Σε περιόδους που η αξία δημοφιλών κρυπτονομισμάτων γνώρισε μεγάλη άνοδο σε σύντομο διάστημα, όπως το καλοκαίρι του 2017 και στα χρόνια έξαρσης της πανδημίας COVID-19, παρατηρήθηκε έντονος δημόσιος διάλογος για θέματα όπως η αποκεντρωμένη οικονομία, χωρίς όμως η συζήτηση να απαλλάσσεται από τη μόδα της επένδυσης σε κρυπτονομίσματα²³⁵. Παρόλο που τα κρυπτονομίσματα βρέθηκαν στο επίκεντρο, η τεχνολογία πίσω από αυτά αφορά πολύ περισσότερα από τα ψηφιακά νομίσματα. Η πραγματική αξία του blockchain έγκειται στις βασικές αρχές της τεχνολογίας καταμετρημένου καθολικού (ΤΚΚ). Αυτή η επινοήση περιλαμβάνει εκτεταμένες εφαρμογές πέρα από το ψηφιακό χρήμα, προσφέροντας εντυπωσιακά οφέλη σε κλάδους όπως το εμπόριο, η υγεία, η πολιτική, αλλά και στον νομικό κόσμο. Μέσω της αποκέντρωσης των δεδομένων και της προώθησης της διαφάνειας και της ασφάλειας, το blockchain έχει ήδη αντίκτυπο σε διάφορους τομείς, καταδεικνύοντας ότι πρόκειται για κάτι σημαντικότερο από μια περαστική τάση ή μέσο για κερδοσκοπικές επενδύσεις.

Οι πρακτικές εφαρμογές του blockchain αναδιαμορφώνουν ήδη τις επιχειρηματικές πρακτικές σε πολλές βιομηχανίες. Το blockchain συμβάλλει στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της διαφάνειας, στη μείωση του κόστους, και στην αναβάθμιση της ασφάλειας και της ταχύτητας των συναλλαγών. Η διείσδυσή του στην σύγχρονη οικονομική δραστηριότητα, περιλαμβάνει την ενσωμάτωσή του στα συστήματα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, την αξιοποίησή του στην αποθήκευση και οργάνωση των δεδομένων υγείας, τη χρήση τους για τη σύναψη έξυπνων συμβάσεων, και την ανάπτυξη μίας εξ ολοκλήρου ψηφιακής οικονομίας. Αυτές οι καινοτομίες όχι μόνο εξορθολογίζουν τις διαδικασίες, αλλά και ενισχύουν την εμπιστοσύνη και τη διαφάνεια στις επιχειρηματικές συναλλαγές, συμβάλλοντας σε πιο δίκαιες και υπεύθυνες

²³⁵ Kollewe, Julia. «Bitcoin Price Surges to Record High of More Than \$68,000». *The Guardian*, 9 Νοεμβρίου 2021. <https://www.theguardian.com/technology/2021/nov/09/bitcoin-price-record-high-cryptocurrencies-ethereum>.

οικονομικές πρακτικές. Η επίδραση της τεχνολογίας στην παγκόσμια οικονομία είναι ουσιαστική, και έχει τη δυνατότητα να επιφέρει μακροχρόνιες αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας πολλών βιομηχανιών.

7.2. Τελικές σκέψεις

Καθώς λοιπόν το blockchain σημειώνει μεγάλα βήματα προόδου, φαίνεται ότι ακόμη δεν έχει γίνει πλήρως αντιληπτή η προοπτική ανάπτυξης που διαθέτει²³⁶. Οι αναδυόμενες τάσεις, όπως οι λύσεις διαλειτουργικότητας, οι εφαρμογές αποκεντρωμένων χρηματοοικονομικών, και η διεπαφή με την τεχνητή νοημοσύνη και με το metaverse, αποτελούν οιωνό για πρωτοποριακές εξελίξεις, που υπόσχονται να δημιουργήσουν περαιτέρω δυνατότητες, οδηγώντας σε ευρύτερη υιοθέτηση της τεχνολογίας.

Βέβαια, η πορεία του blockchain εξακολουθεί να αντιμετωπίζει τεχνικές και νομικές προκλήσεις που εμποδίζουν σημαντικό μερίδιο της αγοράς να εμπιστευτεί την τεχνολογία προς το παρόν. Ζητήματα όπως η συμμόρφωση με τις επιταγές προστασίας των προσωπικών δεδομένων και γενικότερα της ιδιωτικότητας, το κόστος μετασχηματισμού, η υψηλή κατανάλωση ενέργειας, και τα τρωτά σημεία σε επίπεδο λογισμικού, είναι εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν. Επιπλέον, νομικές επισφάλειες, όπως η αναγνώριση και ρύθμιση της αγοράς ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων και η διαμόρφωση κοινού και συνεκτικού ρυθμιστικού πλαισίου δημιουργούν αβεβαιότητα σχετικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain σε μεγάλη κλίμακα. Η αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων είναι απαραίτητη. Η αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων είναι απαραίτητη ώστε το blockchain να πραγματώσει τη μετασχηματιστική δυναμική του.

Με το βλέμμα στραμμένο στο μέλλον, η πορεία της τεχνολογίας blockchain βρίσκεται μάλλον σε ένα κρίσιμο σταυροδρόμι. Οι συνεχείς εξελίξεις και η αυξανόμενη υιοθέτηση σε διάφορους τομείς δείχνουν μια πολλά υποσχόμενη κατεύθυνση. Ωστόσο, η υπέρβαση των τεχνικών και νομικών εμποδίων θα απαιτήσει συντονισμένες προσπάθειες από τις

²³⁶ Giancaspro, Mark. «Is a 'Smart Contract' Really a Smart Idea? Insights From a Legal Perspective». *Computer Law and Security Report/Computer Law & Security Report* 33, n.o 6 (1 Δεκεμβρίου 2017): 825-835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>, σελ. 827.

κυβερνήσεις, τις επιχειρήσεις, και τους ειδικούς της τεχνολογίας. Το μέλλον του blockchain διαγράφεται λαμπρό, αλλά αυτό εξαρτάται από παράγοντες που στην παρούσα φάση δεν σχετίζονται άμεσα με την τεχνολογία καθ' εαυτή, αλλά με τη διάθεση των ενδιαφερόμενων μερών να καλλιεργήσουν ένα περιβάλλον καινοτομίας και συνεργασίας, όχι καχυποψίας και διστακτικότητας.

Πηγές και Αναφορές

(173 πηγές)

Αναφορές (Reports) και Ενημερωτικά Γραφήματα (Infographics)

Barsky, Daniel. «Artificial Intelligence Key Legal Issues». *LexisNexis*. Holland & Knight LLP, 2023.

Προσπέλαση 1 Αυγούστου 2024. <https://www.hklaw.com/-/media/files/insights/publications/2023/06/artificial-intelligence-key-legal-issues.pdf>.

Bell, Chloë, και Joshua Cainer. «Decrypting the Situs – Conflicts of Laws Challenges in Cryptoasset

Litigation». *Outer Temple Chambers*, 20 Οκτωβρίου 2020. Προσπέλαση 28 Ιουλίου 2024. <https://www.outertemple.com/decrypting-the-situs-conflicts-of-laws-challenges-in-cryptoasset-litigation/>.

European Central Bank, «Digital euro Privacy options», Eurogroup Slides, 4 Απριλίου 2022,

https://www.ecb.europa.eu/euro/digital_euro/timeline/profuse/shared/pdf/ecb.degov220404_privacy.en.pdf.

Finck, Michèle. «Blockchain and the General Data Protection Regulation – Can Distributed Ledgers Be

Squared With European Data Protection Law?» *European Parliament, Directorate-General for Parliamentary Research Services*. Publications Office of the European Union, 6 Αυγούστου 2019. <https://data.europa.eu/doi/10.2861/535>.

UK Jurisdiction Taskforce. «Legal Statement on Cryptoassets and Smart Contracts». The LawTech

Delivery Panel, Νοέμβριος 2019. Προσπέλαση 26 Ιουλίου 2024. https://www.blockchain4europe.eu/wp-content/uploads/2021/05/6.6056_JO_Cryptocurrencies_Statement_FINAL_WEB_111119-1.pdf.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. *Κρυπτοστοιχεία - Ενημερωτικό Γράφημα*. 16 Μαΐου 2023. Προσπέλαση 31

Ιουλίου 2024. *Consilium*. <https://www.consilium.europa.eu/el/infographics/crypto-assets/>.

Άρθρα σε Έντυπες Εφημερίδες και Περιοδικά

Παπαδημητροπούλου-Κόλλια, Νατάσα. «MiCA Regulation: Η ΕΕ 'Νουκοκυρεύει' την Αγορά της Κρυπτογράφησης αλλά... με Κενά.» *Reporter Magazine*, 20 Ιουλίου 2023. https://issuu.com/oikonomikanautiliakanea/docs/reporter_mag_july_2023.

Διπλωματικές Εργασίες και Διατριβές

Ανδριγιαννάκη, Εμμανουέλα-Κωνσταντίνα. «Έξυπνες Συμβάσεις (Smart Contracts): Νομικά Ζητήματα και Προκλήσεις από τη Σκοπιά του Ιδιωτικού Δικαίου». Διπλωματική Εργασία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2022. <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/2972746>.

Ντελκογλάνη, Φωτεινή. «Η Τεχνολογία Blockchain και η Εφαρμογή της στην Πνευματική Ιδιοκτησία». Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, 2024. <http://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/30267>.

Ευλά, Μαρία-Ελένη. «Η Τεχνολογία Blockchain και οι Νομικές Πτυχές της». Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2023. <https://apothesis.eap.gr/archive/item/193011>

Ταμβάκης, Νικόλαος. «Η Τεχνολογία Blockchain και το Επαναστατικό της Αποτύπωμα σε Παραδοσιακούς Κλάδους του Δικαίου». Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2019. <https://apothesis.eap.gr/archive/item/6192>.

Άρθρα σε Επιστημονικά Περιοδικά

Βιτωράτος, Στέφανος. «Έξυπνα Συμβόλαια σε Αναζήτηση Ασφάλειας Δικαίου». *ΣΥΝήΓΟΡΟΣ*, τεύχος 158 (2023): 50. <https://www.qualex.gr/el-GR/periexomeno/arthrografia/arthrografia?id=2015076>.

Θεοδωράκης, Νικόλαος, και Γεώργιος Καλογεράκης. «Blockchain: εφαρμογές, προοπτικές και προκλήσεις για το ελληνικό νομικό σύστημα - Ιδίως οι εφαρμογές του στις έννομες σχέσεις ιδιωτικού δικαίου». *Δίκαιο Τεχνολογίας Και Επικοινωνίας (Πρώην ΔΙΜΕΕ)*, τεύχος 1/2019 (31

Μαρτίου 2019): 5-22. <https://www.qualex.gr/el-GR/periexomeno/arthrografia/arthrografia?id=746153>.

Θεοδωρίδης, Κωνσταντίνος, «II. e-πίκαιρα νομικής πληροφορικής», *Ελληνική Επιθεώρηση Ευρωπαϊκού Δικαίου*, τεύχος 3 (2022): 345-351.

Ζαπριανός, Νικόλαος. «Smart Contracts. Προβληματισμοί Αστικού και Ιδιωτικού Διεθνούς Δικαίου». *Lex & Forum*, τεύχος 2/2022 (Φεβρουάριος 2022): 397-404.

Κουρμπέτης, Σταύρος. «Οι Ιδιωτικές Συμβατικές Πρακτικές υπό το Πρίσμα των Ψηφιακών Τεχνολογιών». *Εφαρμογές Αστικού Δικαίου και Πολιτικής Δικονομίας*, τεύχος 7/2020 (Ιούλιος 2020): 692-698. <https://www.qualex.gr/el-GR/periexomeno/arthrografia/arthrografia?id=900344>.

Μαυραντωνάκης, Εμμανουήλ. «Η Έξυπνη Διαιτησία». *Διαιτησία*, τεύχος 4 (2018): 492.

Παπαδημόπουλος, Ιωάννης. «Η Δογματική Ένταξη των Smart Contracts στο Δίκαιο των Συμβάσεων». *Χρονικά Ιδιωτικού Δικαίου*, τεύχος 6/2020 (Ιούνιος-Ιούλιος 2020): 469.

Ρίζος, Ευριπίδης. «Έννομη αξιολόγηση των παθολογιών στην εκτέλεση των «έξυπνων συμβάσεων». *Εφαρμογές Αστικού Δικαίου και Πολιτικής Δικονομίας*, τεύχος 8-9/2022 (Σεπτέμβριος 2022): 958-973. <https://www.qualex.gr/el-GR/periexomeno/arthrografia/arthrografia?id=1789974>.

Ταμβάκης, Νικόλαος. «Η Πρόταση Κανονισμού για τη Ρύθμιση των Αγορών Κρυπτοστοιχειών, EU Regulation Proposal of Markets in Crypto Assets (MiCA). Πρώτες Σκέψεις, Ζητήματα και Πεδίο Εφαρμογής». *Επιθεώρηση Δικαίου Πληροφορικής* Τεύχος 1, αρ. 2 (2020). <https://doi.org/10.26262/infolawj.v1i2.7993>.

Angraal, Suveen, Harlan M. Krumholz, και Wade L. Schulz. «Blockchain Technology: Applications in Health Care». *Circulation. Cardiovascular Quality and Outcomes* 10, n.o 9 (1 Σεπτεμβρίου 2017). <https://doi.org/10.1161/circoutcomes.117.003800>.

Azaria, Asaph, Ariel Ekblaw, Thiago Vieira, και Andrew Lippman. «MedRec: Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management». *2016 2nd International Conference on Open and Big Data (OBD)*, Αύγουστος 2016. <https://doi.org/10.1109/obd.2016.11>.

- Bayer, Dave, Stuart Haber, και W. Scott Stornetta. «Improving The Efficiency and Reliability of Digital Time-Stamping». Σε *Springer eBooks*, 329-334, 1993. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-9323-8_24.
- Careja, Alexandru-Cristian, και Nicolae Tapus. «Digital Identity Using Blockchain Technology». *Procedia Computer Science* 221 (2023): 1074-1082. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.08.090>.
- Clark, Birgit, και Ruth Burstall. «Crypto-Pie in the Sky? How Blockchain Technology Is Impacting Intellectual Property Law». *Stanford Journal of Blockchain Law & Policy*. Stanford Journal of Blockchain Law & Policy, 28 Ιουνίου 2019. <https://stanford-jblp.pubpub.org/pub/blockchain-and-ip-law/release/1>.
- De Filippi, Primavera, Chris Wray, και Giovanni Sileno. «Smart Contracts». *Internet Policy Review* 10, n.o 2 (20 Απριλίου 2021). <https://doi.org/10.14763/2021.2.1549>.
- Dell'Erba, Marco. «Demystifying Technology. Do Smart Contracts Require a New Legal Framework? Regulatory Fragmentation, Self-Regulation, Public Regulation.» *Social Science Research Network*, 1 Ιανουαρίου 2018. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3228445>.
- Di Francesco Maesa, Damiano, και Paolo Mori. «Blockchain 3.0 Applications Survey». *Journal of Parallel and Distributed Computing* 138 (1 Απριλίου 2020): 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019>.
- Dobrovnik, Mario, David Herold, Elmar Fürst, και Sebastian Kummer. «Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start». *Logistics* 2, n.o 3 (3 Σεπτεμβρίου 2018): 18. <https://doi.org/10.3390/logistics2030018>.
- Đurović, Mateja, και Franciszek Lech. «The Enforceability of Smart Contracts». *Revija Kopaonice Skole Prirodno Prava* 1, n.o 1 (14 Δεκεμβρίου 2019): 73-94. <https://doi.org/10.5937/rkspp1901073d>.
- Đurović, Mateja, και Franciszek Lech. «The Enforceability of Smart Contracts». *Italian Law Journal* 5, n.o 2 (2019): 493-511. <http://theitalianlawjournal.it/data/uploads/5-italj-2-2019/493-durovic-lech.pdf>.
- Engelhardt, Mark A. «Hitching Healthcare to the Chain: An Introduction to Blockchain Technology in the Healthcare Sector». *Technology Innovation Management Review* 7, 2017, 22-34. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:56360932>.

- Fang, Weidong, Wei Chen, Wuxiong Zhang, Jun Pei, Weiwei Gao, και Guohui Wang. «Digital Signature Scheme for Information Non-repudiation in Blockchain: A State of the Art Review». *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking* 2020, n.o 1 (4 Μαρτίου 2020). <https://doi.org/10.1186/s13638-020-01665-w>.
- Feng, Qi, Debiao He, Sherali Zeadally, Muhammad Khurram Khan, και Neeraj Kumar. «A Survey on Privacy Protection in Blockchain System». *Journal Of Network and Computer Applications* 126 (15 Ιανουαρίου 2019): 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2018.10.020>.
- Giancaspro, Mark. «Is a 'Smart Contract' Really a Smart Idea? Insights From a Legal Perspective». *Computer Law and Security Report/Computer Law & Security Report* 33, n.o 6 (1 Δεκεμβρίου 2017): 825-835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>.
- Gürkaynak, Gönenç, İlay Yılmaz, Burak Yeşilaltay, και Berk Bengi. «Intellectual Property Law and Practice in the Blockchain Realm». *Computer Law and Security Report/Computer Law & Security Report* 34, n.o 4 (1 Αυγούστου 2018): 847-862. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2018.05.027>.
- Haber, Stuart, και W. Scott Stornetta. «How To Time-stamp A Digital Document». *Journal Of Cryptology* 3, n.o 2 (1 Ιανουαρίου 1991): 99-111. <https://doi.org/10.1007/bf00196791>.
- Haleem, Abid, Mohd Javaid, Ravi Pratap Singh, Rajiv Suman, και Shanay Rab. «Blockchain Technology Applications in Healthcare: An Overview». *International Journal of Intelligent Networks* 2 (1 Ιανουαρίου 2021): 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2021.09.005>.
- Hamdi, Ahlem, Lamia Fourati, και Samiha Ayed. «Vulnerabilities and Attacks Assessments in Blockchain 1.0, 2.0 and 3.0: Tools, Analysis and Countermeasures». *International Journal of Information Security* 23, n.o 2 (14 Οκτωβρίου 2023): 713-757. <https://doi.org/10.1007/s10207-023-00765-0>.
- Hameed, Khizar, Mutaz Barika, Saurabh Garg, Muhammad Bilal Amin, και Byeong Kang. «A Taxonomy Study on Securing Blockchain-based Industrial Applications: An Overview, Application Perspectives, Requirements, Attacks, Countermeasures, and Open Issues». *Journal Of Industrial Information Integration* 26 (1 Μαρτίου 2022): 100312. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100312>.

- Hastig, Gabriella, και ManMohan Sodhi. «Blockchain for Supply Chain Traceability: Business Requirements and Critical Success Factors». *Production And Operations Management* 29, n.o 4 (9 Ιανουαρίου 2020): 935-954. <https://doi.org/10.1111/poms.13147>.
- Jamal, Arshad, Rabab Alayham Abbas Helmi, Ampuan Siti Nurin Syahirah, και Mariam-Aisha Fatima. «Blockchain-Based Identity Verification System». *2019 IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, 7 Οκτωβρίου 2019, 253-257. <https://doi.org/10.1109/icsengt.2019.8906403>.
- Jesse, Norbert. «“Cut Out the Middleman” – Automating Business Processes with Blockchains and Smart Contracts». *IFAC-PapersOnLine* 55, n.o 39 (1 Ιανουαρίου 2022): 352-357. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.12.079>.
- Knirsch, Fabian, Andreas Unterweger, και Dominik Engel. «Implementing a Blockchain from Scratch: Why, How, and What We Learned». *EURASIP Journal on Information Security* 2019, n.o 1 (11 Μαρτίου 2019). <https://doi.org/10.1186/s13635-019-0085-3>.
- Marino, Bill, και Ari Juels. «Setting Standards for Altering and Undoing Smart Contracts». En *Lecture Notes in Computer Science*, 151-166, 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42019-6_10.
- Mejía-Granda, Carlos M., José L. Fernández-Alemán, Juan M. Carrillo-De-Gea, και José A. García-Berná. «Security Vulnerabilities in Healthcare: An Analysis of Medical Devices and Software». *Medical & Biological Engineering & Computing* 62, n.o 1 (4 Οκτωβρίου 2023): 257-273. <https://doi.org/10.1007/s11517-023-02912-0>.
- Mooij, Annelieke. «European Central Bank Digital Currency: The Digital Euro. What Design of the Digital Euro Is Possible Within the European Central Bank’s Legal Framework?» *SSRN Electronic Journal*, 3 Μαΐου 2021. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3838729>.
- Mukherjee, Pratyusa, και Chittaranjan Pradhan. «Blockchain 1.0 To Blockchain 4.0—The Evolutionary Transformation of Blockchain Technology». Σε *Intelligent Systems Reference Library*, 29-49, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69395-4_3.
- Naik, Nitin, και Paul Jenkins. «uPort Open-Source Identity Management System: An Assessment of Self-Sovereign Identity and User-Centric Data Platform Built on Blockchain». *2020 IEEE International Symposium On Systems Engineering (ISSE)*, 4 Δεκεμβρίου 2020. <https://doi.org/10.1109/isse49799.2020.9272223>.

- Narayanan, Arvind, και Jeremy Clark. «Bitcoin’s Academic Pedigree». *Communications Of the ACM* 60, n.o 12 (27 Νοεμβρίου 2017): 36-45. <https://doi.org/10.1145/3132259>.
- Pass, Rafael, Lior Seeman, και Abhi Shelat. «Analysis of the Blockchain Protocol in Asynchronous Networks». *Lecture Notes in Computer Science*, 10 Μαΐου 2016, 643-673. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56614-6_22.
- Peng, Kai, Meijun Li, Haojun Huang, Chen Wang, Shaohua Wan, και Kim-Kwang Raymond Choo. «Security Challenges and Opportunities for Smart Contracts in Internet of Things: A Survey». *IEEE Internet Of Things Journal* 8, n.o 15 (1 Αυγούστου 2021): 12004-12020. <https://doi.org/10.1109/jiot.2021.3074544>.
- Ping Identity. «PingOne Neo». Προσπέλαση 21 Ιουλίου 2024. <https://www.pingidentity.com/en/lp/ac/pingone-neo.html>.
- Politou, Eugenia, Fran Casino, Efthimios Alepis, και Constantinos Patsakis. «Blockchain Mutability: Challenges and Proposed Solutions». *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing* 9, n.o 4 (25 Οκτωβρίου 2021): 1972-1986. <https://doi.org/10.1109/tetc.2019.2949510>.
- Singh, Harikesh, και Amit Sinha. «A Blockchain Framework for E-Voting». *Multimedia Tools and Applications* 83, n.o 20 (27 Δεκεμβρίου 2023): 58875-58889. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17837-x>.
- Song, Zhiming, Enhua Yan, Junrong Song, Rong Jiang, Yimin Yu, και Taowei Chen. «A Blockchain-Based Digital Identity System with Privacy, Controllability, and Auditability». *Arabian Journal for Science and Engineering*, 4 Ιουνίου 2024. <https://doi.org/10.1007/s13369-024-09178-0>.
- Tanwar, Sarvesh, Neelam Gupta, Prashant Kumar, και Yu-Chen Hu. «Implementation of Blockchain-based E-voting System». *Multimedia Tools and Applications* 83, n.o 1 (6 Μαΐου 2023): 1449-1480. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15401-1>.
- Thakare, Aparna, Vaibhav Nalawade, Vaibhavi Wayal, Partiksha Hajare, και Tejas Adhalrao. «Blockchain-Based Insurance Claim for Farmers with Smart Contract». *International Conference of Recent Trends In Engineering & Technology (ICRTET-2023)* 7 (Ιούνιος 2023): 173-176. <https://irjiet.com/Volume-7/Special-Issue-of-ICRTET--2023/Blockchain-Based-Insurance-Claim-for-Farmers-with-Smart-Contract/1691>.

- Tönnissen, Stefan, και Frank Teuteberg. «Analysing the Impact of Blockchain-technology for Operations and Supply Chain Management: An Explanatory Model Drawn from Multiple Case Studies». *International Journal of Information Management* 52 (1 Ιουνίου 2020): 101953. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.009>.
- Vacca, Anna, Andrea Di Sorbo, Corrado A. Visaggio, και Gerardo Canfora. «A Systematic Literature Review of Blockchain and Smart Contract Development: Techniques, Tools, And Open Challenges». *Journal Of Systems and Software* 174 (Απρίλιος 2021): 110891. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110891>.
- Vigliotti, Maria G. «What Do We Mean by Smart Contracts? Open Challenges in Smart Contracts». *Frontiers In Blockchain* 3 (3 Φεβρουαρίου 2021). <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.553671>.
- Windley, Phillip J. «Sovrin: An Identity Metasystem for Self-Sovereign Identity». *Frontiers in Blockchain* 4 (28 Ιουλίου 2021). <https://doi.org/10.3389/fbloc.2021.626726>.
- Yadav, Nikhil, και Sarasvathi V. «Venturing Crowdfunding Using Smart Contracts in Blockchain». *2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, 22 Αυγούστου 2020, 192-197. <https://doi.org/10.1109/icssit48917.2020.9214295>.
- Zyskind, Guy, Oz Nathan, και Alex «Sandy» Pentland. «Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data». *2015 IEEE Security and Privacy Workshops*, Μάιος 2015, 180-184. <https://doi.org/10.1109/spw.2015.27>.

Ανακοινώσεις στον Τύπο

- Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. «Ψηφιακός χρηματοοικονομικός τομέας: Επίτευξη συμφωνίας σχετικά με ευρωπαϊκό κανονισμό για τα κρυπτοστοιχεία (MiCA)». Δελτίο Τύπου, 30 Ιουνίου 2022. Προσπέλαση 29 Ιουλίου 2024. <https://www.consilium.europa.eu/el/press/press-releases/2022/06/30/digital-finance-agreement-reached-on-european-crypto-assets-regulation-mica/>.
- European Commission. «European Countries Join Blockchain Partnership». Ανακοίνωση Τύπου. Shaping Europe’s digital future, 10 Απριλίου 2018. Προσπέλαση 26 Ιουλίου

2024. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/european-countries-join-blockchain-partnership>.

European Commission. «Launch of the European Blockchain Regulatory Sandbox». Ανακοίνωση Τύπου. Shaping Europe’s digital future, 14 Φεβρουαρίου 2023. Προσπέλαση 26 Ιουλίου 2024. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/launch-european-blockchain-regulatory-sandbox>.

Βιβλιογραφία

Γεωργιάδης, Απόστολος. *Γενικές Αρχές Αστικού Δικαίου*. 4^η εκδ. Δίκαιο και Οικονομία - Π.Ν. Σάκκουλας, 2012.

Ιγγλεζάκης, Ιωάννης. *Το Δίκαιο της Ψηφιακής Οικονομίας*. Εκδόσεις Σάκκουλα, 2022.

Κανέλλος, Λεωνίδας. *Smart Contracts: Νομικές Προκλήσεις και Επιχειρηματικές Προοπτικές*. Νομική Βιβλιοθήκη, 2022.

Μικρουλέα, Αλεξάνδρα. *Ανταγωνισμός και Ρύθμιση στην Ψηφιακή Οικονομία*. Νομική Βιβλιοθήκη, 2023.

Σπυριδώνος, Αλέξανδρος, (συν). *Εξυπνα Σύμβολα (Smart Contracts) και Ελευθερία των Συμβάσεων*. ΚΒ’ Επιστημονικό Συμπόσιο - Πανεπιστήμιο Πειραιώς/Ελεγκτικό Συνέδριο, 279-295. Εκδόσεις Σάκκουλα, 2019.

Bonomi, Andrea, Matthias Lehmann, και Shaheez Lalani. «Introduction: The Blockchain as a Challenge to Traditional Private International Law». Σε *Blockchain and Private International Law*, 1-9. Brill | Nijhoff, 2023. https://doi.org/10.1163/9789004514850_002.

Guillaume, Florence. «Chapter 3: Aspects of Private International Law Related to Blockchain Transactions». Σε *Blockchains, Smart Contracts, Decentralised Autonomous Organisations and the Law*, επιμέλεια από Daniel Kraus, Thierry Obrist, και Olivier Hari, 49-82. Edward Elgar Publishing, 2019. <https://doi.org/10.4337/9781788115131>.

Johnsen, Maria. *Blockchain In Digital Marketing: A New Paradigm of Trust*. Maria Johnsen, 2020. <https://books.google.gr/books?id=uVbjDwAAQBAJ&pg=PA8>.

Villata, Francesca C. «Chapter 11: Cryptocurrencies and Conflict of Laws». eBook. Σε *Blockchain and Private International Law*, 314-347. Brill | Nijhoff, 2023. https://doi.org/10.1163/9789004514850_013.

Ιστότοποι και Ηλεκτρονική Ειδησεογραφία

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. «Γιατί Είναι Σημαντική η Νομοθετική Ρύθμιση των Κρυπτονομισμάτων»; Θέματα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 1 Απριλίου 2022. Προσπέλαση 29 Ιουλίου 2024. <https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20220324STO26154/giati-einai-simantiki-i-nomothetiki-ruthmisi-ton-kruptonomismaton>.

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο . «Τι Είναι Η Τεχνητή Νοημοσύνη Και Πώς Χρησιμοποιείται;». Θέματα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 9 Σεπτεμβρίου 2020. Προσπέλαση 28 Ιουλίου 2024. <https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20200827STO85804/ti-einai-i-techniti-noimosuni-kai-pos-chrisimopoeitai>.

Τσιμπούκης, Πάνος. «Η Οικονομία Του Metaverse». *Οικονομικός Ταχυδρόμος*, 16 Μαρτίου 2022. <https://www.ot.gr/2022/03/16/tecnologia/i-oikonomia-tou-metaverse/>.

Φυτίλης, Γιάννης. «Τι Είναι το Bitcoin Cash και τι Σημαίνει το Hard Fork του Bitcoin» *PCsteps.gr*, 8 Φεβρουαρίου 2022. <https://www.pcsteps.gr/216861-τι-είναι-το-bitcoin-cash-bitcoin-hard-fork/>.

Allen, Christopher. «The Path to Self-Sovereign Identity». *Life With Alacrity* (blog), 26 Απριλίου 2016. Προσπέλαση 21 Ιουλίου 2024. <https://www.lifewithalacrity.com/article/the-path-to-self-sovereign-identity/>.

Amazon Web Services, Inc. «What Is Blockchain? - Blockchain Technology Explained». Amazon Web Services. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://aws.amazon.com/what-is/blockchain/>.

Atlantic Council. «Central Bank Digital Currency Tracker», 20 Μαΐου 2024. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.atlanticcouncil.org/%20cbdctracker/>.

Avaneer Health. «Avaneer Health Launches its Decentralized Network and Platform to Transform Healthcare Administration», 26 Μαρτίου 2024. Προσπέλαση 20 Ιουλίου 2024. <https://avaneerhealth.com/press/avaneer-health-launches-its-decentralized-network-and-platform-to-transform-healthcare-administration/>.

- Bärtschi, Harald, και Jörg Osterrieder. «First-ever Qualified Electronic Signature for Blockchain». *ZHAW School Of Management and Law*, 29 Ιανουαρίου 2019. <https://www.zhaw.ch/en/sml/about-us/press-news/newsdetail/event-news/first-ever-qualified-electronic-signature-for-blockchain/>.
- Barwikowski, Bartosz. «51% Attack: The Concept, Risks & Prevention». Hacken, 29 Ιουνίου 2023. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://hacken.io/discover/51-percent-attack/>.
- Bernstein.io. «How It Works - Blockchain for Intellectual Property». Προσπέλαση 23 Ιουλίου 2024. <https://www.bernstein.io/how-it-works>.
- Brezitska, Maryana. «Top 6 Blockchain Technology Trends in Various Industries». *Binariks (blog)*, 30 Οκτωβρίου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://binariks.com/blog/emerging-blockchain-technology-trends/>.
- Carlyle, James. «How “Public-permissioned” Blockchains Are Not an Oxymoron.» *Medium*, 13 Δεκεμβρίου 2021. <https://medium.com/inside-r3/how-public-permissioned-blockchains-are-not-an-oxymoron-6536c95f957f>.
- Castelluccio, Joseph. «Decentralized Insurance – A New Frontier». Mayer Brown, 15 Μαρτίου 2022. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.mayerbrown.com/en/insights/publications/2022/03/decentralized-insurance-a-new-frontier>.
- Cenkus, Brett. «Will Smart Contracts Finally Rid the World of Lawyers?» HackerNoon, 2 Φεβρουαρίου 2018. <https://hackernoon.com/even-the-best-smart-contracts-wont-put-lawyers-out-of-work-anytime-soon-a224736e0235>.
- Christies. «Beeple (B. 1981)». Christies.com. Προσπέλαση 24 Ιουλίου 2024. <https://onlineonly.christies.com/s/beeple-first-5000-days/beeple-b-1981-1/112924>.
- Clark, Mitchell. «NFTs, Explained: What They are and Why they’re Suddenly Worth Millions». *The Verge*, 6 Ιουνίου 2022. <https://www.theverge.com/22310188/nft-explainer-what-is-blockchain-crypto-art-faq>.
- Codex, Arthur C. «The Challenge of Blockchain Interoperability». Reintech, 14 Δεκεμβρίου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://reintech.io/blog/blockchain-interoperability-challenges#>.

- Cope, James. «What's a Peer-to-Peer (P2P) Network?» Computerworld, 8 Απριλίου 2002.
Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.computerworld.com/article/1355655/networking-peer-to-peer-network.html>.
- Criddle, Cristina. «Bitcoin Consumes “more Electricity Than Argentina”». BBC, 10 Φεβρουαρίου 2021.
Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.bbc.com/news/technology-56012952>.
- Cryptopedia Staff. «The Axie Infinity Game & Axie Marketplace for NFTs». Gemini, 3 Νοεμβρίου 2023. Προσπέλαση 24 Ιουλίου 2024. <https://www.gemini.com/cryptopedia/axie-infinity-game-axie-marketplace-axie-nft>.
- Cryptopedia Staff. «What Is an Automated Market Maker (AMM)?». Gemini, 2 Οκτωβρίου 2023.
Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.gemini.com/cryptopedia/amm-what-are-automated-market-makers#section-automated-market-makers-101>.
- Daly, Lyle. «How Many Cryptocurrencies Are There?» The Motley Fool, 20 Νοεμβρίου 2023.
Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/financials/cryptocurrency-stocks/how-many-cryptocurrencies-are-there/>.
- Democracy Earth Foundation. «Democracy Earth». Προσπέλαση 22 Ιουλίου 2024. <https://democracy.earth/>.
- Dock. «Public vs. Private Blockchains: Which Is Better?», 11 Ιουλίου 2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.dock.io/post/public-vs-private-blockchains>.
- DoxyChain. «Anyone Can Secure Their Signed Documents and Agreements with Blockchain. Just Try DoxyChain.» Προσπέλαση 23 Ιουλίου 2024. <https://www.doxychain.com/products/esign>.
- Du Toit, Danielle. «How Many Blockchains Are There: Unveiling the Ecosystem's Diversity». Coinpaper, 5 Ιανουαρίου 2024. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://coinpaper.com/2977/how-many-blockchains-are-there-unveiling-the-ecosystem-s-diversity>.
- European Blockchain Services Infrastructure. «What Is EBSI». EBSI. Προσπέλαση 26 Ιουλίου 2024. <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/sites/display/EBSI/What-is+ebsi>.
- European Economic and Social Committee. «The Digital Single Market - Trends and Opportunities for SMEs (Own-initiative Opinion)», 28 Σεπτεμβρίου 2020. Προσπέλαση 26 Ιουλίου

2024. <https://www.eesc.europa.eu/en/our-work/opinions-information-reports/opinions/digital-single-market-trends-and-opportunities-smes-own-initiative-opinion>.

Everledger. «About Us», 18 Απριλίου 2023. Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://everledger.io/about-us/>.

Finley, Klint. «Satoshi Nakamoto Introduced Bitcoin 10 Years Ago. Everything—and Nothing—Has Changed». *WIRED*, 31 Οκτωβρίου 2018. <https://www.wired.com/story/after-10-years-bitcoin-changed-everything-nothing/>.

Follow My Vote. «Secure Decentralized Application Development - Follow My Vote». Προσπέλαση 21 Ιουλίου 2024. <https://followmyvote.com/>.

Gaur, Vishal. «Building a Transparent Supply Chain». *Harvard Business Review*, 14 Απριλίου 2020. Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://hbr.org/2020/05/building-a-transparent-supply-chain>.

GeeksforGeeks. «Blockchain Structure». *GeeksforGeeks*, 16 Νοεμβρίου 2022. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://www.geeksforgeeks.org/blockchain-structure/>.

GeeksforGeeks, «Candidate Block in Blockchain», *GeeksforGeeks*, 11 Μαΐου 2022, Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024, <https://www.geeksforgeeks.org/candidate-block-in-blockchain/>.

GeeksforGeeks, «Top 10 Trends in Blockchain Technology In 2024», *GeeksforGeeks*, 5 Ιουλίου 2024, Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024, <https://www.geeksforgeeks.org/blockchain-technology-trends/>.

Hayes, Adam. «Blockchain Facts: What Is It, How It Works, and How It Can Be Used». *Investopedia*, 29 Ιουνίου 2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>.

Hill, Brett. «Trump’s Digital Cards Sell Out Within a Day». *The Hill*, 16 Δεκεμβρίου 2022. Προσπέλαση 24 Ιουλίου 2024. <https://thehill.com/policy/technology/3777969-trumps-digital-cards-sell-out-within-a-day/>.

Hissong, Samantha. «Kings of Leon Will Be the First Band to Release an Album as an NFT». *Rolling Stone*, 11 Μαρτίου 2021. <https://www.rollingstone.com/pro/news/kings-of-leon-when-you-see-yourself-album-nft-crypto-1135192/>.

Human Rights Foundation. «CBDC 101». CBDC Tracker. Προσπέλαση 30 Ιουλίου

2024. <https://cbdctracker.hrf.org/cbdc-101>.

IBM. «What Is Blockchain?» Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://www.ibm.com/topics/blockchain>.

IBM Blockchain. «Blockchain For Supply Chain». Προσπέλαση 19 Ιουλίου

2024. <https://www.ibm.com/blockchain-supply-chain>.

IBM Blockchain. «Home Depot». Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <http://www.ibm.com/case-studies/the-home-depot>.

IBM Blockchain. «Renault». Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://www.ibm.com/case-studies/renault>.

Investopedia Team. «What Does Proof-of-Stake (PoS) Mean in Crypto?» Investopedia, 13 Ιουνίου 2024.

Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/terms/p/proof-stake-pos.asp>.

Jones, Jonathan Spencer. «Proof-of-stake Blockchains – Not All Are Equal». Smart Energy

International, 13 Σεπτεμβρίου 2021. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/new-technology/proof-of-stake-blockchains-not-all-are-equal/>.

Kaur, Guneet, ed. «What Are Decentralized Exchanges, and How Do DEXs Work?» Cointelegraph, 11

Αυγούστου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://cointelegraph.com/learn/what-are-decentralized-exchanges-and-how-do-dexs-work>.

Kee Toh, Wee. «Understanding Programmable Payments, Programmable Money and Purpose Bound

Money». Onyx by J.P. Morgan. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024.

<https://www.jpmorgan.com/onyx/programmable-payments-purpose-bound-money>.

Kollewe, Julia. «Bitcoin Price Surges to Record High of More Than \$68,000». *The Guardian*, 9

Νοεμβρίου 2021. <https://www.theguardian.com/technology/2021/nov/09/bitcoin-price-record-high-cryptocurrencies-ethereum>.

Lands, Nathan. «Introducing Binded». *Medium*, 9 Ιουνίου 2017. [https://blog.binded.com/introducing-](https://blog.binded.com/introducing-binded-dab7163e3f47)

[binded-dab7163e3f47](https://blog.binded.com/introducing-binded-dab7163e3f47).

- LawNet. «ΣΤΕ Γ' 2112, 2114/2022: Νόμιμη η ηλεκτρονική ψηφοφορία στις εκλογές των εκπαιδευτικών για την ανάδειξη αιρετών εκπροσώπων στα υπηρεσιακά τους συμβούλια», 27 Οκτωβρίου 2022. Προσπέλαση 1 Αυγούστου 2024. <https://lawnet.gr/law-news/ste-g'-2112-2114-2022-nomimi-i-ilektroniki-psifoforia-stis-ekloges-ton-ekpaideftikon-gia-tin-anadeixi-aireton-ekprosopon-sta-ypiresiaka-tous-symvoulia/>.
- Lutkevich, Ben. «Supply Chain». TechTarget WhatIs, 2 Ιουνίου 2021. Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/supply-chain>.
- Luthra, Evan Singh. «What the Emergence of Blockchain 5.0 Means for Business Managers and Entrepreneurs». *Forbes*, 24 Φεβρουαρίου 2020. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2019/11/14/what-the-emergence-of-blockchain-5-0-means-for-business-managers-and-entrepreneurs/>.
- Mahtani, Perna. «The Role of Blockchain in Shaping The Metaverse». iTMunch, 24 Μαρτίου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://itmunch.com/the-role-of-blockchain-in-the-metaverse/>.
- Majaski, Christina. «Distributed Ledgers: Definition, How They're Used, and Potential». Investopedia, 15 Ιουνίου 2023. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/terms/d/distributed-ledgers.asp>.
- Miller, Hayley. «BurstIQ Recognized as A Sample Vendor In The 2024 Gartner® Market Guide For Health Data Management Platforms Report». BurstIQ, 4 Ιουνίου 2024. Προσπέλαση 20 Ιουλίου 2024. <https://burstiq.com/burstiq-recognized-as-a-sample-vendor-in-the-2024-gartner-market-guide/>.
- Molinaro, Dott. Leonardo. «Smart Contract: Opportunities for Consumer Protection». *Affidaty Blog*, 22 Ιανουαρίου 2024. Προσπέλαση 29 Ιουλίου 2024. <https://affidaty.io/blog/en/2024/01/smart-contract-consumer-protection/>.
- Montevirgen, Karl. «Stability Amid the Volatility of Crypto: Stablecoins Explained» Encyclopedia Britannica, 13 Σεπτεμβρίου 2022. Προσπέλαση 24 Ιουλίου 2024. <https://www.britannica.com/money/what-are-stablecoins>.
- Morris, David Z. «How the DAO Hack Changed Ethereum and Crypto». *CoinDesk*, 15 Μαΐου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.coindesk.com/consensus-magazine/2023/05/09/coindesk-turns-10-how-the-dao-hack-changed-ethereum-and-crypto/>.

Nevil, Scott. «What Is Proof of Work (PoW) in Blockchain?» Investopedia, 17 Μαΐου 2024.

Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/terms/p/proof-work.asp>.

Nõmmik, Sander. «Estonian e-Health Records». e-Estonia, 2 Ιουλίου 2024. Προσπέλαση 20 Ιουλίου

2024. <https://e-estonia.com/solutions/e-health/e-health-records/>.

N26 Bank. «What Is the Digital Euro and How Does It Work?», N26, 28 Νοεμβρίου 2022.

Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://n26.com/en-eu/blog/digital-euro-what-is-it-how-does-it-work>.

Oustry, Francois. «Blockchain Based Solutions for Intellectual Property Management». *Medium*, 21

Μαΐου 2017. <https://medium.com/@foustry/blockchain-based-solutions-for-intellectual-property-management-2ba14b51d5f6>.

Ponciano, Jonathan. «Bill Gates Sounds Alarm on Bitcoin’s Energy Consumption—Here’s Why Crypto Is Bad for Climate Change». *Forbes*, 1 Μαΐου

2021. <https://www.forbes.com/sites/jonathanponciano/2021/03/09/bill-gates-bitcoin-crypto-climate-change/>.

Radocchia, Samantha. «3 Innovative Ways Blockchain Will Build Trust in the Food Industry». *Forbes*,

26 Απριλίου 2018. <https://www.forbes.com/sites/samantharadocchia/2018/04/26/3-innovative-ways-blockchain-will-build-trust-in-the-food-industry/>.

Reiff, Nathan. «The Collapse of FTX: What Went Wrong With the Crypto Exchange?» Investopedia, 6

Ιουνίου 2024. <https://www.investopedia.com/what-went-wrong-with-ftx-6828447>.

Reuter, Michael. «CodeLegit Conducts First Blockchain-based Smart Contract Arbitration

Proceeding». DATARELLA, 16 Ιουλίου 2017. Προσπέλαση 27 Ιουλίου

2024. <https://datarella.com/codelegit-conducts-first-blockchain-based-smart-contract-arbitration-proceeding/>.

Seth, Shobhit. «Public, Private, and Permissioned Blockchains Compared». Investopedia, 11 Μαΐου

2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/news/public-private-permissioned-blockchains-compared/>.

- Sharma, Rakesh. «Non-Fungible Token (NFT): What It Means and How It Works». Investopedia, 12 Ιουνίου 2024. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/non-fungible-tokens-nft-5115211>.
- Sharma, Rakesh. «What Is Decentralized Finance (DeFi) and How Does It Work?». Investopedia, 25 Ιουλίου 2024. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/decentralized-finance-defi-5113835>.
- Statista. «Global Bitcoin (BTC) Energy Consumption up to June 20, 2024», 21 Ιουνίου 2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.statista.com/statistics/881472/worldwide-bitcoin-energy-consumption/>.
- Tardi, Carla. «Genesis Block: Bitcoin Definition, Mysteries, and Secret Message». Investopedia, 8 Μαΐου 2024. Προσπέλαση 12 Ιουλίου 2024. <https://www.investopedia.com/terms/g/genesis-block.asp>.
- Treat, David και Michael Klein. «How Immersive Technology, Blockchain and AI Are Converging», 21 Ιουνίου, 2024. Προσπέλαση 13 Ιουλίου, 2024. <https://www.weforum.org/stories/2024/06/the-technology-trio-of-immersive-technology-blockchain-and-ai-are-converging-and-reshaping-our-world/>.
- The Economist. «Who Is Satoshi Nakamoto?» The Economist, 3 Νοεμβρίου 2015. <https://www.economist.com/the-economist-explains/2015/11/02/who-is-satoshi-nakamoto>.
- The Library of Congress. «Italy: Measures For Simplification Of Companies And Public Administration Take Effect», 5 Φεβρουαρίου 2019. <https://www.loc.gov/item/global-legal-monitor/2019-02-05/italy-measures-for-simplification-of-companies-and-public-administration-take-effect/>.
- Vertrax. «Blockchain Technology for Oil Trucking Industry», 6 Οκτωβρίου 2020. Προσπέλαση 19 Ιουλίου 2024. <https://vertrax.com/blockchain/>.
- Votem Corp. «Votem® | Elections Made Easy». Votem. Προσπέλαση 22 Ιουλίου 2024. <https://votem.com/>.

Walz, Christian. “European Commission - Establishment of the Digital Euro”. *Payment Technology Law* (blog), 10 Ιουλίου 2023. Προσπέλαση 31 Ιουλίου 2024. <https://paytechlaw.com/en/european-commission-establishment-digital-euro/>.

Zakari, Nazik, Muna Al-Razgan, Amani Alsaadi, Haya Alshareef, Heba Al Saigh, Lamia Alashaikh, Mala Alharbi, Rana Alomar, και Seham Alotaibi. «Blockchain Technology in the Pharmaceutical Industry: A Systematic Review». *PeerJ. Computer Science* 8 (11 Μαρτίου 2022): e840. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.840>.

Λευκές Βίβλοι (White Papers)

Buterin, Vitalik. «Ethereum Whitepaper». *ethereum.org*, Δεκέμβριος 2014. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://ethereum.org/el/whitepaper/>.

Medicalchain SA. «Medicalchain Whitepaper», 19 Δεκεμβρίου 2019. Προσπέλαση 20 Ιουλίου 2024. <https://medicalchain.com/en/whitepaper>.

Nakamoto, Satoshi. «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System». *Bitcoin.Org*, 31 Οκτωβρίου 2008. Προσπέλαση 11 Ιουλίου 2024. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

Szabo, Nick. «Smart Contracts», 1994. https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOT_winterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html.

World Intellectual Property Organization. «Blockchain Technologies and IP Ecosystems: A WIPO White Paper». WIPO Publications, 2022. <https://doi.org/10.34667/tind.44950>.

Νομοθετήματα, Ψηφίσματα, και Αποφάσεις

Αστικός Κώδικας (Ελληνικός)

Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 910/2014/910 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Ιουλίου 2014, σχετικά με την ηλεκτρονική ταυτοποίηση και τις υπηρεσίες εμπιστοσύνης

για τις ηλεκτρονικές συναλλαγές στην εσωτερική αγορά και την κατάργηση της οδηγίας 1999/93/EK. <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/910/oj>.

Κανονισμός (ΕΕ) 2016/679 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Απριλίου 2016, για την προστασία των φυσικών προσώπων έναντι της επεξεργασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα και για την ελεύθερη κυκλοφορία των δεδομένων αυτών και την κατάργηση της οδηγίας 95/46/EK (Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων).
<http://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>.

Κανονισμός (ΕΕ) 2022/858 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 30ής Μαΐου 2022 σχετικά με ένα πιλοτικό καθεστώς για υποδομές της αγοράς που βασίζονται σε τεχνολογία καταμεμημένου καθολικού και την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΕ) αριθ. 600/2014 και (ΕΕ) αριθ. 909/2014 και της οδηγίας 2014/65/ΕΕ.
<http://data.europa.eu/eli/reg/2022/858/oj>.

Κανονισμός (ΕΕ) 2023/1114 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 31ης Μαΐου 2023, για τις αγορές κρυπτοστοιχείων και για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΕ) αριθ. 1093/2010 και (ΕΕ) αριθ. 1095/2010 και των οδηγιών 2013/36/ΕΕ και (ΕΕ) 2019/1937.
<http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1114/oj>.

Κανονισμός (ΕΕ) 2023/2854 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 13ης Δεκεμβρίου 2023, για εναρμονισμένους κανόνες σχετικά με τη δίκαιη πρόσβαση σε δεδομένα και τη δίκαιη χρήση τους και για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) 2017/2394 και της οδηγίας (ΕΕ) 2020/1828 (κανονισμός για τα δεδομένα).
<http://data.europa.eu/eli/reg/2023/2854/oj>

ΠΡΟΤΑΣΗ Κανονισμός του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τις αγορές κρυπτοστοιχείων και για την τροποποίηση της οδηγίας (ΕΕ) 2019/1937, COM/2020/593
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A52020PC0593>.

N. 4961/2022. *Αναδυόμενες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών, ενίσχυση της ψηφιακής διακυβέρνησης και άλλες διατάξεις*, ΦΕΚ Τεύχος Α' 146/27 Ιουλίου 2022.
https://www.et.gr/api/Download_Small?fek_pdf=20220100146.

ACT No. XXXI of 2018. *Malta Digital Innovation Authority Act*, Government Gazette of Malta n.o 20.028 – 20.07.2018. <https://legislation.mt/eli/act/2018/31/eng>

Court of Justice of the European Union. *Google Spain SL, Google Inc. κατά Agencia Española de Protección de Datos (AEPD), Mario Costeja González*, Case C-131/12, ECLI:EU:C:2014:317 (13 Μαΐου 2014).
<https://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?text=&docid=152065&doclang=EL>.

Decreto Legge 135 14 dicembre 2018, Disposizioni urgenti in materia di sostegno e semplificazione per le imprese e per la pubblica amministrazione (D.L. No. 135), GAZZETTA UFFICIALE (G.U.), 14 Δεκεμβρίου 2018, <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/12/14/18G00163/sg>.

Office of the Federal Register, National Archives and Records Administration. "Public Law 106 - 229 - Electronic Signatures in Global and National Commerce Act". Government. U.S. Government Printing Office, June 29, 2000. <https://www.govinfo.gov/app/details/PLAW-106publ229>.

Online Οπτικοακουστικά Μέσα

Techquickie. «How Does Bitcoin Work?», 30 Ιανουαρίου 2018. <https://youtu.be/L-Qhv8kLESY>.

