



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΝΟΜΙΚΗΣ

ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΚΑΙΟ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BLOCKCHAIN: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ
ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΕΝΤΑΞΗ ΣΤΟ ΔΙΚΑΙΟ ΤΩΝ ΙΔΙΩΤΙΚΩΝ ΣΥΜΒΑΣΕΩΝ

Διπλωματική Εργασία

του

Δημητρίου Αθ. Λιούρδη

Θεσσαλονίκη, 9/2022

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BLOCKCHAIN: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ
ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΕΝΤΑΞΗ ΣΤΟ ΔΙΚΑΙΟ ΤΩΝ ΙΔΙΩΤΙΚΩΝ ΣΥΜΒΑΣΕΩΝ

Δημήτριος Αθ. Λιούρδης

Πτυχίο Νομικής, ΔΠΘ (1998)
ΜΔΕ, Β΄ Τομέας Ιδιωτικού Δικαίου, Νομική Σχολή ΕΚΠΑ (2002)

Διπλωματική Εργασία

υποβαλλόμενη για τη μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΑΙΟ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Επιβλέποντες καθηγητές
Χελιδόνης Απόστολος
Ψάννης Κωνσταντίνος

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

.....

.....

.....

Δημήτριος Λιούρδης

Περίληψη

Η διπλωματική εργασία επιχειρεί μια θεωρητική προσέγγιση της τεχνολογίας Blockchain και των νομικών ζητημάτων που θέτουν οι εφαρμογές της στο αστικό δίκαιο και ειδικότερα στο χώρο των ιδιωτικών συμβάσεων. Στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος βρίσκονται οι νεοπαγείς και εξαιρετικά σύνθετες τεχνολογικές μέθοδοι κρυπτογράφησης οι οποίες προσδίδουν στο Blockchain τα βασικά χαρακτηριστικά του. Επίσης, προσεγγίζεται θεωρητικά η αρχιτεκτονική δομή στην οποία βασίζονται τα δίκτυα Blockchain καθώς και ο τρόπος με τον οποίο η εν λόγω τεχνολογία συνυπάρχει και αλληλεπιδρά με τις λοιπές τεχνολογίες αιχμής, όπως την υπολογιστική νέφους, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και την Τεχνητή Νοημοσύνη. Από την άλλη πλευρά, επιχειρείται η σταχυολόγηση των προσπαθειών που γίνονται, κυρίως από την πλευρά των θεσμικών οργάνων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και των κρατών μελών, για σύνταξη ενός κανονιστικού πλαισίου αναφορικά με τις τεχνολογίες καταναμημένου καθολικού και, μεταξύ αυτών, και για το Blockchain. Τέλος, επιχειρείται η διερεύνηση των κρίσιμων νομικών θεμάτων όπως η νομική φύση των μητρώων δεδομένων που βασίζονται στην εν λόγω τεχνολογία, αλλά και η ένταξη των κυριότερων εφαρμογών της, όπως είναι τα «έξυπνα συμβόλαια» και τα κρυπτονομίσματα, στην μεθοδολογία του αστικού δικαίου. Ταυτόχρονα παρουσιάζονται οι σχετικές διατάξεις του νέου Ν 4961/2022 που αφορούν την ένταξη των τεχνολογιών καταναμημένου καθολικού και των «έξυπνων συμβολαίων» στην ελληνική έννομη τάξη. Τέλος, στο πλαίσιο της θεματικής αυτής, παρουσιάζονται ακροθιγώς τα κύρια σημεία της διεθνούς συζήτησης σχετικά με το ερώτημα αν αρκεί το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο για την ρύθμιση των θεμάτων που άπτονται των νέων τεχνολογιών και αν είναι δυνατόν η έννομη τάξη να αναγνωρίσει νομική προσωπικότητα σε φορείς τεχνητής νοημοσύνης, ένας επιστημονικός διάλογος ο οποίος παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον μετά το πρόσφατο Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.

Λέξεις κλειδιά: τεχνολογίες καταναμημένου καθολικού, αλυσίδα συστοιχιών, βάσεις δεδομένων, αποκεντρωμένα δίκτυα, έξυπνες συμβάσεις, δίκαιο συμβάσεων.

Abstract

This dissertation attempts a theoretical approach to Blockchain technology and the legal issues that arise from its application with regard to civil law and more specifically the sector of private contracts. The interest is mainly focused on the new and exceptionally complex encryption technological methods, which give to the Blockchain its main characteristics. Moreover, there is a theoretical approach to the architecture on which Blockchain networks are based, as well as to how this new technology coexists and interacts with other edge technologies, such as cloud computing, the Internet of Things and Artificial Intelligence. On the other side, an analysis is attempted with regard to efforts made, mainly by the institutional bodies of the European Union, as well as of the member-states, to elaborate a regulatory framework for the distributed ledger technologies, which also include the Blockchain. Finally, the crucial legal issues are explored, such as the legal nature of the data registries based on the said technology, but also the integration of its main applications, such as “smart contracts” and “cryptocurrencies” in the civil code methodology. There is also a presentation of the relevant provisions of the new Law 4961/2022 regarding the integration of the distributed ledger technologies and of the “smart contracts” in the Greek legal system. In this context, there is a brief presentation of the main points of the international discussion on the question of whether the existing legal framework is sufficient in order to regulate the issues related to the new technologies and whether the law could actually attribute legal status to artificial intelligence bodies; a scientific dialogue that is vividly interesting after the recent European Parliament resolution.

Keywords: distributed ledger technologies, Blockchain, databases, decentralized networks, smart contracts, contract law

Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία υποβάλλεται σε μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του μεταπτυχιακού προγράμματος «Δίκαιο και Πληροφορική». Κλείνοντας λοιπόν αυτόν τον κύκλο, θα ήθελα, κατ' αρχάς να ευχαριστήσω θερμά τη Διευθύνουσα το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα, καθηγήτρια κ. Αλεξανδροπούλου, και όλους του καθηγητές και εισηγητές που συμμετείχαν σε αυτό.

Επίσης ευχαριστώ θερμά και τους συμμετέχοντες -συμφοιτητές μου, για τις συνεργασίες μας, τις συζητήσεις μας και γενικά για κάθε συνδρομή που μου παρείχαν, κάθε φορά που τη ζήτησα, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών.

Ιδιαίτερη μνεία στον κ. Απόστολο Χελιδόνη και στον κ. Κωνσταντίνο Ψάννη, τους δύο καθηγητές του προγράμματος που επέβλεψαν την πρόοδο της εργασίας μου, τους οποίους επίσης ευχαριστώ θερμά για την ευκαιρία που μου έδωσαν να προσεγγίσω, ο καθένας από το δικό του επιστημονικό πεδίο, ένα τόσο σύγχρονο και ενδιαφέρον θέμα.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου για τη στήριξη και την κατανόησή τους, καθώς και την πολύτιμη αρωγή τους σε κάθε μου βήμα καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών (και όχι μόνο).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 3 |
| ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ | |
| Η ψηφιακή πληροφορία ως έννομο αγαθό | |
| I. Η ψηφιακή πληροφορία ως έννοια | 5 |
| II. Ορισμός του δικαίου της πληροφορικής | 7 |
| III. Χαρακτηριστικά του δικαίου της πληροφορικής | 8 |
| ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ | |
| Εννοιολογική και λειτουργική προσέγγιση της τεχνολογίας Blockchain | |
| I. Η ιστορία πίσω από τη δημιουργία του Blockchain | 13 |
| II. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Blockchain | 19 |
| III. Τεχνολογία blockchain και κοινές βάσεις δεδομένων | 23 |
| IV. Η αρχιτεκτονική της τεχνολογίας Blockchain | 29 |
| V. Τύποι των δικτύων του Blockchain | 41 |
| VI. Αλληλεπίδραση με άλλες τεχνολογίες | 46 |
| 1. Τεχνολογία blockchain και Internet of Things | 46 |
| 2. Τεχνολογία blockchain και Cloud Computing | 50 |
| 3. Τεχνολογία blockchain και Artificial Intelligence (AI) | 53 |
| VII. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Τεχνολογίας Blockchain | 56 |
| 1. Πλεονεκτήματα | 56 |
| 2. Μειονεκτήματα και αδυναμίες του blockchain | 58 |
| ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ | |
| Νομικό και κανονιστικό πλαίσιο τεχνολογιών DLT και Blockchain | |
| I. Έλλειψη ειδικού νομοθετικού πλαισίου | 65 |
| II. Υφιστάμενες διεργασίες σε ευρωπαϊκό επίπεδο | 68 |
| 1. Πρωτοβουλία Ευρωπαϊκή Συνεργασία Τεχνολογίας blockchain ... | 68 |
| 2. Η πρόταση του Ψηφίσματος του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με τις Τεχνολογίες Κατανεμημένου Καθολικού (DLT) και blockchain | 69 |
| 3. Συνεργασίες σε περιφερειακό επίπεδο -Συνεργασία MED 7 | 72 |

| | |
|---|-----|
| 4. Προσωρινή πολιτική συμφωνία της 21 ^{ης} Δεκεμβρίου 2021 | 72 |
| III. Η νομοθετική ρύθμιση με το Ν 4961/2022 | 74 |
| ΤΕΤΑΡΤΟ ΜΕΡΟΣ | |
| Η νομική φύση του μητρώου δεδομένων blockchain | |
| I. Το μητρώο δεδομένων του blockchain ως βάση δεδομένων | 77 |
| II. Το blockchain ως παροχή υπηρεσιών | 79 |
| ΠΕΜΠΤΟ ΜΕΡΟΣ | |
| Η ένταξη του Blockchain στον χώρο του δικαίου των συμβάσεων | |
| I. Οι εγγραφές δεδομένων ως ηλεκτρονικά έγγραφα | 83 |
| II. Οι ρυθμίσεις του Ν 4961/2022 για τις «εγγραφές δεδομένων» | 87 |
| III. Τα «έξυπνα συμβόλαια» -smart contracts | 89 |
| 1. Εννοιολογική προσέγγιση του όρου smart contract | 90 |
| 2. Χαρακτηριστικά, δομή και λειτουργία ενός smart contract | 94 |
| 3. Οι ρυθμίσεις του Ν 4961/2022 για τα «έξυπνα συμβόλαια» | 97 |
| 4. Τα «έξυπνα συμβόλαια» υπό το πρίσμα του αστικού δικαίου | 100 |
| IV. Η προβληματική της «μη αναστρεψιμότητας» των εγγραφών | 102 |
| V. Τα κρυπτονομίσματα ως αντιπαροχή | 107 |
| VI. Smart contracts και Τεχνητή Νοημοσύνη | 110 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 116 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 119 |

Εισαγωγή

Η διπλωματική εργασία επιχειρεί μια θεωρητική προσέγγιση της τεχνολογίας Blockchain και των νομικών ζητημάτων που θέτουν οι εφαρμογές της στο αστικό δίκαιο και ειδικότερα στο χώρο των ιδιωτικών συμβάσεων. Το Blockchain είναι στην ουσία ένα μητρώο στο οποίο αποθηκεύονται και επαληθεύονται πληροφορίες και δεδομένα με τη χρήση σύγχρονων κρυπτογραφικών μεθόδων κατά τρόπο ώστε οι καταγραφές αυτές να καθίστανται αμετάβλητες. Τα μητρώα αυτά βασίζονται και λειτουργούν σε δίκτυα ομότιμων κόμβων (peer to peer network) με αποτέλεσμα τα αρχεία να είναι κατανομημένα στους κόμβους και, επιπλέον, κρυπτογραφημένα και ασφαλή. Το στοιχείο αυτό προσδίδει στην συγκεκριμένη τεχνολογία το κύριο πλεονέκτημά της, την «αποδιαμεσολάβηση», και ήδη γίνεται λόγος για μία τεχνολογία επαναστατική που θα αλλάξει τον τρόπο λειτουργίας του διαδικτύου και τον τρόπο των διαδικτυακών συναλλαγών, καθώς δεν θα απαιτείται πλέον η ύπαρξη ενός τρίτου «έμπιστου» μεσάζοντα. Όμως ήδη έχει ξεκινήσει μία επιστημονική συζήτηση που αφορά την νομοθετική αντιμετώπιση των συγκεκριμένων εφαρμογών της τεχνολογίας του Blockchain, κυρίως δε την νομοθετική ρύθμιση των κρυπτονομισμάτων αλλά και των «έξυπνων συμβάσεων». Μπορούν άραγε οι νεοπαγείς και εξαιρετικά περίπλοκες αυτές εφαρμογές να υπαχθούν μεθοδολογικά στο σύστημα του υπάρχοντος δικαίου ή θα πρέπει να υπάρξει ένας νέος τρόπος νομοθετικής προσέγγισης και εν τέλει ρύθμισής τους;

Η εργασία επιχειρεί να διερευνήσει τα κύρια αυτά θέματα τόσο από την σκοπιά της επιστήμης της πληροφορικής, επιχειρώντας μια θεωρητική προσέγγιση των κύριων χαρακτηριστικών της τεχνολογίας του blockchain, όσο και από τη σκοπιά της νομικής επιστήμης θέτοντας τα ανάλογα ερωτήματα όσον αφορά την επιχειρούμενη ένταξη των εν λόγω εφαρμογών στο σύστημα του αστικού δικαίου.

Η έρευνα έχει διαρθρωθεί σε πέντε μέρη: Στο πρώτο μέρος αναφερόμαστε στην έννοια της ψηφιακής πληροφορίας, στις βάσεις δεδομένων που αποθηκεύονται οι πληροφορίες αυτές, και στον νέο τομέα του δικαίου της πληροφορικής ο οποίος πραγματεύεται την αντιμετώπιση των προβλημάτων που

προκύπτουν από τη χρήση των νέων τεχνολογιών της πληροφορικής και των επικοινωνιών. Στο δεύτερο μέρος εξετάζεται, σε θεωρητικό επίπεδο, η τεχνολογία Blockchain, περιγράφεται τόσο η ιστορία της δημιουργίας της όσο και οι προοπτικές της, επίσης περιγράφονται οι τεχνολογικές μέθοδοι κρυπτογράφησης οι οποίες προσδίδουν στο Blockchain τα βασικά χαρακτηριστικά του, η αρχιτεκτονική δομή στην οποία βασίζονται τα δίκτυα Blockchain καθώς και ο τρόπος με τον οποίο η εν λόγω τεχνολογία συνυπάρχει και αλληλεπιδρά με τις λοιπές τεχνολογίες αιχμής, όπως την υπολογιστική νέφους, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και την Τεχνητή Νοημοσύνη. Στην συνέχεια, στο τρίτο μέρος επιχειρείται η σταχυολόγηση των προσπαθειών που γίνονται, κυρίως από την πλευρά των θεσμικών οργάνων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και των κρατών μελών, για σύνταξη ενός κανονιστικού πλαισίου αναφορικά με τις τεχνολογίες κατανεμημένου καθολικού και, μεταξύ αυτών, και για το Blockchain. Έπειτα, στο τέταρτο μέρος, αναζητείται η νομική φύση των μητρώων δεδομένων του Blockchain τόσο ως βάσεων δεδομένων όσο και ως υπηρεσιών της «Κοινωνίας της Πληροφορίας». Τέλος, στο πέμπτο μέρος επιχειρείται η διερεύνηση των κρίσιμων νομικών θεμάτων όπως η νομική φύση των μητρώων δεδομένων που βασίζονται στην εν λόγω τεχνολογία, αλλά και η ένταξη των κυριότερων εφαρμογών της, όπως είναι τα «έξυπνα συμβόλαια» και τα κρυπτονομίσματα, στην μεθοδολογία του αστικού δικαίου. Ταυτόχρονα παρουσιάζονται οι σχετικές διατάξεις του νέου Ν 4961/2022 που αφορούν την ένταξη των τεχνολογιών κατανεμημένου καθολικού και των «έξυπνων συμβολαίων» στην ελληνική έννομη τάξη. Τέλος, στο πλαίσιο της θεματικής αυτής, παρουσιάζονται ακροθιγώς τα κύρια σημεία της διεθνούς συζήτησης σχετικά με το ερώτημα αν αρκεί το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο για την ρύθμιση των θεμάτων που άπτονται των νέων τεχνολογιών και αν είναι δυνατόν η έννομη τάξη να αναγνωρίσει νομική προσωπικότητα σε φορείς τεχνητής νοημοσύνης, ένας επιστημονικός διάλογος ο οποίος παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον μετά το πρόσφατο Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

Η ψηφιακή πληροφορία ως έννομο αγαθό

I. Η ψηφιακή πληροφορία ως έννοια

Κύριο ερευνητικό αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελούν οι βάσεις δεδομένων¹ που βασίζονται σε ένα συγκεκριμένο είδος τεχνολογίας (blockchain) και η νομική προσέγγιση, κυρίως από τη σκοπιά του ιδιωτικού δικαίου, τόσο της αρχιτεκτονικής με βάση την οποία είναι δομημένες όσο και των ψηφιακών πληροφοριών που είναι αποθηκευμένες στις βάσεις αυτές. Ετυμολογικά η λέξη πληροφορία προέρχεται από τον συνδυασμό των λέξεων «πλήρης» και «φέρω» και στην καθομιλουμένη «πληροφορία» συνιστά κάθε στοιχείο που βοηθά κάποιον να γνωρίσει κάτι, αποτελεί δε την κινητήρια βάση κάθε συνειδητής ανθρώπινης δραστηριότητας, αφού αποτελεί αναγκαίο συστατικό της ανθρώπινης σκέψης και, κατ' επέκταση, κάθε ανθρώπινης επιλογής και απόφασης². Οι πληροφορίες που αποθηκεύονται στις ψηφιακές βάσεις δεδομένων αφορούν οτιδήποτε στο οποίο ο χρήστης των βάσεων αυτών δίνει αξία, και μπορεί να είναι κείμενα (νομικά ή μη), φωτογραφίες, οπτικοακουστικό υλικό, χρηματικές συναλλαγές, κλπ. Οι πληροφορίες αυτές, ακόμη και αν δεν είναι εξαρχής,

¹ Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται στο άρθρο 1 της Οδηγίας 96/9/EK ως «βάση δεδομένων νοείται η συλλογή έργων, δεδομένων ή άλλων ανεξάρτητων στοιχείων, διευθετημένων κατά συστηματικό ή μεθοδικό τρόπο και ατομικώς προσιτών με ηλεκτρονικά μέσα ή κατ' άλλον τρόπο». Ο ίδιος ορισμός υιοθετήθηκε και από τον Έλληνα νομοθέτη στη διάταξη του άρθρου 2 παρ. 2 του Ν 2121/1994. Λόγω δε της ανάπτυξης της ψηφιακής τεχνολογίας, με τον όρο «βάση δεδομένων» μπορεί να χαρακτηρίζονται τα πάντα, από έναν τηλεφωνικό κατάλογο μέχρι ολόκληρο το διαδίκτυο. Για τους ορισμούς της βάσης δεδομένων στη νομοθεσία βλ. Κανελλοπούλου – Μπότη Μ., Νομική Προστασία Βάσεων Δεδομένων, εκδ. Νομική Βιβλιοθήκη (2004), σελ. 16 επ.

² Παρά το γεγονός ότι διατυπώθηκαν κατά καιρούς διάφοροι ορισμοί της έννοιας της πληροφορία, από νομικούς και μη, δεν υπάρχει κάποια εννοιολογική απόδοση που να θεωρείται ως γενικώς αποδεκτή. Στον χώρο του δικαίου κατ' αναλογία, η πληροφορία, όποτε αποτελεί αντικείμενο δικαστικής προστασίας, ταυτίζεται εννοιολογικά άλλοτε με το περιεχόμενο του μηνύματος που αποτελεί και άλλοτε με τη μορφή του, με αποτέλεσμα να μην προστατεύεται ποτέ ως σύνολο, αλλά άλλοτε ως «περιεχόμενο» (δίκαιο αθέμιτου ανταγωνισμού, δίκαιο εφευρέσεων) και άλλοτε ως «μορφή» (δίκαιο διανοητικής ιδιοκτησίας). Για τα εννοιολογικά χαρακτηριστικά της πληροφορίας βλ. ειδικότερα Συνοδικού Τ., Η νομική προστασία των βάσεων δεδομένων, εκδ. Σάκκουλα (2004) σελ. 54 επ.

μετατρέπονται σε μορφή ψηφιακή και στην συνέχεια, με συγκεκριμένη διαδικασία που θα εξετάσουμε αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο, αποθηκεύονται σε αποκεντρωμένες βάσεις δεδομένων ώστε να είναι οποτεδήποτε προσβάσιμες. Επίσης, κρίνεται απαραίτητο να διευκρινιστεί εξ αρχής ότι η ψηφιακή πληροφορία, ως έννοια αλλά και ως αντικείμενο έννομης προστασίας, είναι αγαθό άυλο και αντιδιαστέλλεται με το υποκείμενο υλικό φορέα στον οποίο αυτή αποθηκεύεται.

Κατά την κλασική διατύπωση του Norbert Wiener, θεμελιωτή των Cybernetics, του επιστημονικού κλάδου που διερευνά τη δομή και τις δυνατότητες των ρυθμιστικών συστημάτων «Η πληροφορία είναι πληροφορία, όχι ύλη ή ενέργεια», με άλλα λόγια η αξία της πληροφορίας βρίσκεται, όχι στον φορέα της, αλλά στην ίδια την πληροφορία, και όπως τα υλικά αγαθά έχουν οικονομική αξία, και ως εκ τούτου ανάγκη για έννομη προστασία, ανάλογη αξία αποκτά και η ψηφιακή πληροφορία. Στην σύγχρονη εποχή, η παραγωγή, διανομή, χρήση, ενσωμάτωση και διαχείριση των πληροφοριών αποτελεί την πλέον σημαντική οικονομική και πολιτική δραστηριότητα που πλέον έχει καθιερωθεί ο όρος «Κοινωνία της Πληροφορίας»³.

Ο όρος αυτός («Κοινωνία της Πληροφορίας») έχει συμπεριληφθεί και σε νομοθετικά κείμενα όπως στην Οδηγία 2000/31/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 8ης Ιουνίου 2000, για ορισμένες νομικές πτυχές των υπηρεσιών της κοινωνίας της πληροφορίας, ιδίως του ηλεκτρονικού εμπορίου, στην εσωτερική αγορά («οδηγία για το ηλεκτρονικό εμπόριο»), η οποία μεταφέρθηκε στην εθνική έννομη τάξη με το Προεδρικό Διάταγμα 131/2003.

³ Σύμφωνα με τη θεωρία του Συνταγματικού Δικαίου, με τη διάταξη του άρθρου 5Α του Συντάγματος, θεσπίστηκαν νέα δικαιώματα, όπως είναι το δικαίωμα της συμμετοχής στην κοινωνία της πληροφορίας, το δικαίωμα πληροφόρησης και το δικαίωμα προστασίας των προσωπικών δεδομένων. Βλ. ειδικότερα Λ. Μήτρου, Το δικαίωμα συμμετοχής στην κοινωνία της πληροφορίας, σε: Παπαχρίστου, Βιδάλη, Μήτρου, Τάκη, Το δικαίωμα συμμετοχής στην κοινωνία της πληροφορίας, 2006, σελ. 40 επ. Σε κάθε περίπτωση (πέραν της όποιας συνταγματικής ερμηνείας) η υιοθέτηση του συγκεκριμένου όρου (ως αποδίδοντας συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στην κοινωνία μας) αποδίδει, κατά την άποψή μας, τον σκοπό μιας κοινωνίας (της πληροφορίας) να κερδίσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα διεθνώς δια μέσου της χρήσης των επιτευγμάτων της πληροφορικής επιστήμης με δημιουργικό και παραγωγικό τρόπο.

Σύμφωνα δε με τις παραπάνω διατάξεις υπηρεσία της Κοινωνίας της Πληροφορίας είναι κάθε υπηρεσία που παρέχεται έναντι αμοιβής, με ηλεκτρονικά μέσα εξ αποστάσεως και κατόπιν προσωπικής επιλογής ενός αποδέκτη υπηρεσιών.

Την έννομη προστασία των βάσεων δεδομένων αλλά και των ψηφιακών πληροφοριών που τηρούνται σε αυτές πραγματεύεται ένας νέος κλάδος της νομικής επιστήμης, που ονομάζεται Δίκαιο Πληροφορικής.

II. Ορισμός του δικαίου της πληροφορικής

Η επιστήμη της Πληροφορικής είναι η επιστήμη που μελετά την κωδικοποίηση, την επεξεργασία, τη διαχείριση και τη μετάδοση των πληροφοριών, καθώς επίσης και την τεχνική υλοποίηση των αντίστοιχων διαδικασιών. Το Δίκαιο Πληροφορικής ασχολείται με τις έννομες σχέσεις που προκύπτουν από τη χρήση εφαρμογών της επιστήμης της Πληροφορικής⁴.

Αναλυτικότερα, το δίκαιο της πληροφορικής είναι ένας νέος, σχετικά, κλάδος της νομικής επιστήμης, που έχει ως αντικείμενο την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν από τη χρήση των νέων τεχνολογιών της πληροφορικής και των επικοινωνιών και, πιο συγκεκριμένα, τη θέσπιση ρυθμίσεων σχετικά με τις τεχνολογίες αυτές. Πιο συγκεκριμένα, οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της Πληροφορικής είχαν ως αποτέλεσμα: να υπάρξουν νέα πεδία προς ρύθμιση (διαδίκτυο, ηλεκτρονικό εμπόριο, δίκτυα κοινωνικής δικτύωσης, κ.α.), καθώς και μεταβολή των «παραδοσιακών» τρόπων διεκπεραίωσης των συναλλαγών (ηλεκτρονικά έγγραφα, ηλεκτρονικές υπογραφές, κλπ.) με αποτέλεσμα τον έντονο προβληματισμό ως προς την ένταξη αυτών στην δογματική του ισχύοντος δικαίου. Έτσι, με τις ρυθμίσεις που εισάγει ο νομοθέτης και οι οποίες αφορούν τον κλάδο αυτό δικαίου καλύπτονται κενά που οφείλονται στην αδυναμία των υφιστάμενων κανόνων δικαίου να επιλύσουν τα ζητήματα που έχουν ως αιτία την επεξεργασία πληροφοριών με τα σύγχρονα συστήματα πληροφορικής και επικοινωνιών⁵.

⁴ Βλ. Παπακωνσταντίνου Ε., Δίκαιο Πληροφορικής, εκδ. Σάκκουλα (2010), σελ. 1 επ.

⁵ Βλ. Ιγγλεζάκη Ι. Δίκαιο Πληροφορικής, εκδ. Σάκκουλα (Δ' έκδοση), σελ. 1 με περαιτέρω βιβλιογραφία.

Μπορούμε, συνεπώς να πούμε ότι το δίκαιο της πληροφορικής είναι ο κλάδος του δικαίου που ρυθμίζει τις σχέσεις μεταξύ υποκειμένων δικαίου – φυσικών ή νομικών προσώπων- που προκύπτουν από την επεξεργασία και χρήση των πληροφοριών με τη χρήση συστημάτων πληροφορικής. Όπως είναι σαφές, η επεξεργασία πληροφοριών έχει κεντρικό ρόλο στο πλαίσιο αυτό, όπως και η έννοια της πληροφορίας καθεαυτή. Η τεχνολογία της πληροφορικής⁶ έχει, επίσης κεντρική σημασία, καθώς σε αυτήν και ειδικότερα στα επιτεύγματα της βασίζεται το δίκαιο της πληροφορικής⁷.

III. Χαρακτηριστικά του δικαίου της πληροφορικής

Το Δίκαιο Πληροφορικής στις σύγχρονες συνθήκες «στάθμης της τεχνικής» (εφαρμογών της επιστήμης της Πληροφορικής στην καθημερινή ζωή του ατόμου) περιλαμβάνει κυρίως τις εξής θεματικές ενότητες: την προστασία των προγραμμάτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών, των βάσεων δεδομένων, των ψηφιοποιημένων και ψηφιακών έργων (διανοητική ιδιοκτησία), τις συμβάσεις πληροφορικής, τις τηλεπικοινωνίες και το διαδίκτυο, την προστασία του απορρήτου και των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα, το ηλεκτρονικό εμπόριο, το ηλεκτρονικό έγκλημα και την ηλεκτρονική διακυβέρνηση⁸.

Συνακόλουθα, τα σημαντικότερα εννοιολογικά γνωρίσματα της κοινωνίας της πληροφορίας και κατ' επέκταση του δικαίου της πληροφορικής είναι η αποϋλοποίηση των δηλώσεων (και των υλικών πράξεων -συναλλαγών), η δομή των ηλεκτρονικών δικτύων (καθώς μέσω των δικτύων αποκτούν πρόσβαση οι χρήστες στις υπηρεσίες της κοινωνίας της πληροφορίας) και η «τριμέρεια» των εννόμων σχέσεων που αναπτύσσονται εντός των δικτύων αυτών.

⁶ Ως προς το θέμα του αν η ηλεκτρονική επεξεργασία ή μορφή μιας πληροφορίας αποτελεί ή μη κριτήριο του πεδίου του δικαίου της πληροφορικής βλ. εκτενέστερα: Κανελλοπούλου –Μπότη Μ., Το δίκαιο της Πληροφορίας, εκδ. Νομικής Βιβλιοθήκης (2004), σελ. 19 επ. και τις εκεί παραπομπές.

⁷ Θα πρέπει να επισημανθεί ότι πολλοί συγγραφείς χρησιμοποιούν αντί του όρου «δίκαιο της πληροφορικής» άλλους όρους όπως δίκαιο της πληροφορίας (Information Law), δίκαιο των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Computer Law), οι οποίοι όμως αναφέρονται στο ίδιο αντικείμενο.

⁸ Βλ. Παπακωνσταντίνου Ε., ό.π. σελ. 3 επ.

Το πρώτο χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι η αποϋλοποίηση των δηλώσεων και με τον όρο αυτό υποδηλώνεται η απεξάρτηση από την υλική διάσταση και την μετατροπή της σε ψηφιακή. Κατ' αρχήν η αποϋλοποίηση εμφανίζεται ως απεξάρτηση των αντίστοιχων δηλώσεων από τα παραδοσιακά υλικά μέσα επικοινωνίας, λ.χ. ως απεξάρτηση είτε μόνης της ιδιόχειρης υπογραφής από τον έγγραφο τύπο, είτε ως απεξάρτηση ολόκληρου του περιεχομένου του εγγράφου από τον χάρτινο φορέα του και ενσωμάτωσή του είτε σε μαγνητικό υλικό φορέα (σκληρό δίσκο, usb stick κ.α.) ο οποίος μπορεί να βρίσκεται είτε εις χείρας του εκδότη (λ.χ. τα φορολογικά στοιχεία που είναι πλέον αποθηκευμένα στις βάσεις του συστήματος my-Data), είτε σε μορφή αρχείου το οποίο κοινοποιείται μέσω διαδικτύου από τον εκδότη προς τον λήπτη του και το οποίο (αρχείο) είναι ενσωματωμένο σε υλικό φορέα του τελευταίου (λ.χ. πιστοποιητικό που εκδίδεται ηλεκτρονικά από το Ειρηνοδικείο και αποστέλλεται στον πολίτη μέσω e-mail), είτε σε ιστοσελίδα, προσιτή μεν σε όλους, αλλά ενδεχομένως μη ενσωματώσιμη σε κανένα χωριστό υλικό φορέα. Εκτός όμως από τις δηλώσεις αποϋλοποιήσιμες είναι και οι απλές, μέχρι πρότινος, υλικές πράξεις. Λ.χ. η τεχνολογική πρόοδος δίνει πλέον την δυνατότητα στα μέλη ενός σωματείου να συμμετάσχουν στη διαδικασία των αρχαιρεσιών του σωματίου δίχως να είναι αναγκαία η παρουσία τους σε συγκεκριμένο τόπο (λ.χ. στην έδρα του σωματείου) και συγκεκριμένη χρονική στιγμή (μπορεί, μέσω των εφαρμογών που πλέον υπάρχουν, να ασκήσει το δικαίωμά του οποτεδήποτε).

Περαιτέρω, εξίσου σημαντικό γνώρισμα της Δικαίου της Πληροφορικής αποτελούν τα δίκτυα ως μορφή ηλεκτρονικής οργάνωσης της δραστηριότητας περισσότερων του ενός προσώπων στην κοινωνία της πληροφορίας. Υπό τεχνική έννοια ως ηλεκτρονικό δίκτυο νοείται κάθε τηλεπικοινωνιακό σύστημα αποτελούμενο από αυτόνομους ή μη αυτόνομους διασυνδεδεμένους υπολογιστές. Οι υπολογιστές ή αλλιώς κόμβοι, θεωρούνται διασυνδεδεμένοι όταν είναι σε θέση να ανταλλάξουν πληροφορίες σε μορφή κειμένου, ήχου ή και εικόνας μεταξύ τους και αυτόνομοι όταν δεν είναι δυνατό κάποιος υπολογιστής να ελέγξει τη λειτουργία (π.χ. εκκίνηση ή τερματισμό) κάποιου άλλου. Με άλλα λόγια ως δίκτυο υπό τεχνική έννοια θα μπορούσε να ονομασθεί κάθε τεχνικό σύστημα

σύνδεσης περισσότερων τερματικών σημείων με σκοπό την κυκλοφορία αγαθών, υπηρεσιών, πληροφοριών ή προσώπων ανάμεσά τους, ακριβέστερα δε, η τεχνική υλική υποδομή (infrastructure) του συστήματος αυτού. Περαιτέρω, δίκτυο υπό οικονομική έννοια αποτελεί ένα σύνολο (μία αλυσίδα) ομοειδών συναλλακτικών σχέσεων παροχής υπηρεσιών ή προϊόντων, που προϋποθέτουν η μία την άλλη, ακριβέστερα δε το σύστημα που τις συνδέει, π.χ. δίκτυο ATMs, δίκτυο ηλεκτρονικών αγορών ή πλειστηριασμών (e-auction), προωθήσεις πωλήσεων κ.ο.κ.

Επίσης κύριο χαρακτηριστικό του Δικαίου Πληροφορικής αποτελεί η αναπόφευκτη τριμέρεια των γεννώμενων εννόμων σχέσεων, αφού η επικοινωνία μεταξύ των μερών γίνεται αναγκαστικά διαμέσου τρίτων μεσαζόντων των υπηρεσιών της κοινωνίας της πληροφορίας, γνωστών και σαν «έμπιστων τρίτων οντοτήτων» (TTP), γι' αυτό τα τριμερή κλειστά δίκτυα είναι ασυγκρίτως συνηθέστερα από τα διμερή. Οι μεσάζοντες των υπηρεσιών της κοινωνίας της πληροφορίας αποκτούν κυρίαρχο ρόλο στην κατάρτιση και εκπλήρωση των ηλεκτρονικών συναλλαγών, πολύ καθοριστικότερο από τον παραδοσιακό ρόλο του αγγέλου, του βοηθού εκπλήρωσης ή του δεκτικού καταβολής, διέπονται δε από ειδικό ευνοϊκότερο καθεστώς ευθύνης. Η εύνοια προς τους TTP στηρίζεται προεχόντως στην τάση να χαρακτηρίζονται ως πάροχοι υπηρεσιών και όχι ως προμηθευτές αγαθών, ακόμη και όταν η δραστηριότητά τους δεν περιορίζεται στην τεχνική διευκόλυνση της επικοινωνίας των πελατών τους, αλλά υποκρύπτει και συμμετοχή σε άλλους οικονομικούς τομείς, π.χ. στον πιστωτικό τομέα⁹.

Τέλος, ως κύριο χαρακτηριστικό του Δικαίου της Πληροφορικής θα πρέπει να επισημανθεί και η μείζονα ανάγκη ασφάλειας τόσο του απορρήτου των επικοινωνιών και των προσωπικών δεδομένων των χρηστών, όσο και των (εν γένει) πληροφοριών¹⁰ και συναλλαγών που διενεργούνται εντός του διαδικτύου. Το αίτημα για ασφάλεια και ιδιωτικότητα είναι, πρωτίστως, τεχνικό (αφού οι

⁹ Ως προς τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρονικού δικαίου βλ. εκτενέστερα Χριστοδούλου Κ., Επιτομή Ηλεκτρονικού Αστικού Δικαίου, εκδ. Αντ. Σάκκουλα, σελ. 3 επ.

¹⁰ Ακόμη και αν δεν σχετίζονται με κάποιο φυσικό πρόσωπο ώστε να φέρουν το χαρακτήρα προσωπικών δεδομένων.

κίνδυνοι θα πρέπει να αντιμετωπιστούν με τα κατάλληλα τεχνικά μέτρα ασφαλείας), αλλά προσλαμβάνει και νομικό χαρακτήρα καθώς έχουν θεσπιστεί πλήθος διατάξεων που αφορούν, κυρίως, στην ποινική αντιμετώπιση των κακόβουλων ενεργειών εκ μέρους των χρηστών του διαδικτύου (κυβερνοέγκλημα). Η ασφάλεια περιλαμβάνει τη λήψη κατάλληλων μέτρων για τις κακόβουλες ενέργειες αλλά και τεχνικά μέσα για την ασφαλή κρυπτογράφηση των πληροφοριών που αποθηκεύονται ή διακινούνται στο διαδίκτυο ώστε να μην μπορούν να διαρρεύσουν στους κακόβουλους χρήστες.

Οι κοινότοπες διαπιστώσεις περί «ραγδαίων εξελίξεων της τεχνολογίας» δεν είναι πλέον αναγκαίες προκειμένου να καταδειχθεί η καθολική αναγκαιότητα του κλάδου για την νομική επιστήμη¹¹. Οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν ήδη εισάγει νέα πεδία στην νομική επιστήμη, όπως λ.χ. την προστασία των προσωπικών δεδομένων, τις συναλλαγές με κρυπτονομίσματα, την καθιέρωση, ιδίως σε συγκεκριμένους τομείς της οικονομίας, όπως η ναυτιλία, των «έξυπνων συμβολαίων», το συμμετοχικό internet και τα κοινωνικά δίκτυα, κ.ο.κ. Το δίκαιο καλείται αφενός να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις που γεννώνται από τις συγκεκριμένες τεχνολογικές εξελίξεις, αφετέρου όμως οι καινοτομίες αυτές οδηγούν σε μεταβολή του περιεχόμενου του, καθώς εισάγουν νέες, καινοτόμες αλλά και περίπλοκες, διαδικασίες, όπως τις ηλεκτρονικές υπογραφές, τα «έξυπνα συμβόλαια», την ηλεκτρονική μεταφορά κεφαλαίων κλπ.¹² Είναι προφανές ότι οι

¹¹ Εξ άλλου στις μέρες μας προφανώς έχουν καμφθεί οι αρχικές αντιρρήσεις, κυρίως των «παλαιότερων» νομικών, για τη χρησιμότητα του εν λόγω νομικού αντικείμενου (του Δικαίου της Πληροφορικής). Απόδειξη αυτού, το γεγονός ότι διαφαίνεται ανάμεσα στους νέους νομικούς της θεωρίας, αλλά και της πράξης, η επιθυμία για περαιτέρω εξειδίκευση (εντός του συγκεκριμένου πεδίου) ενώ ήδη η σχετική βιβλιογραφία και αρθρογραφία καταλαμβάνει όλο και περισσότερα γνωστικά αντικείμενα του συγκεκριμένου κλάδου.

¹² Ενδεικτικά και μόνο να σημειωθεί, στο περιγραφόμενο πλαίσιο των προκλήσεων που αντιμετωπίζει η νομική επιστήμη ενόψει των νέων αυτών πεδίων, ότι ενώ ήδη είχε ξεκινήσει η έρευνα στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας δημοσιεύτηκε, στις 27 Ιουλίου 2022, ο Ν 4961/2022 για τις αναδυόμενες τεχνολογίες πληροφορικής στις διατάξεις του οποίου ρυθμίζονται πολλά θέματα που αφορούν την θεματική της εργασίας, όπως οι τεχνολογίες κατανεμημένου καθολικού DLT, η τεχνολογία Blockchain, οι έξυπνες συμβάσεις κ.α.

ρυθμίσεις αυτές, καθώς και η επίλυση των νομικών ζητημάτων που θα προκύψουν, απαιτούν νομικούς με εξειδικευμένες γνώσεις του Δικαίου της Πληροφορικής.

Υπό το πρίσμα όλων όσων εκτέθηκαν αμέσως προηγουμένως, στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας θα επιχειρηθεί, στο μέτρο του δυνατού, μια θεωρητική προσέγγιση της Τεχνολογίας Blockchain, και των αποκεντρωμένων βάσεων δεδομένων που στηρίζονται στην συγκεκριμένη τεχνολογία, καθώς και η δογματική ένταξή τους στο σύστημα του ιδιωτικού δικαίου.

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

Εννοιολογική και λειτουργική προσέγγιση της τεχνολογίας Blockchain

I. Η ιστορία πίσω από τη δημιουργία του Blockchain

Η λεγόμενη «τεχνολογία Blockchain», για την οποία δεν έχει αποκρυσταλλωθεί ένα συγκεκριμένος, αποδεκτός από όλους ορισμός¹³¹⁴, θα μπορούσε, εν συντομία, να αποδοθεί περιγραφικά ως «ένα ψηφιακό μέσο αποθήκευσης δεδομένων, το οποίο μπορεί να καταγράψει όλες τις συναλλαγές μεταξύ των χρηστών με τέτοιον επαληθεύσιμο και μόνιμο τρόπο που είναι εξαιρετικά δύσκολο για κάποιον να τις παραποιήσει»¹⁵ και θεωρείται ήδη μια από τις μεγαλύτερες τεχνολογικές καινοτομίες του 21ου αιώνα, δεδομένης της ευρείας εφαρμογής που έχει σε διάφορους τομείς, από τον χρηματοοικονομικό (κρυπτονομίσματα) έως τη διαχείριση δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας, την τήρηση μητρώων, το δίκαιο των συναλλαγών («smart contracts»), κ.α.

Τη βάση για τη δημιουργία της τεχνολογίας blockchain αποτέλεσε η ιδέα δύο ερευνητών, των Stuart Haber και W. Scott Stornetta, η οποία διατυπώθηκε το 1991 σε ακαδημαϊκή τους εργασία, προσφέροντάς τους μάλιστα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας¹⁶. Ειδικότερα, οι ερευνητές αυτοί εισήγαγαν μία υπολογιστικά πρακτική λύση για τον σχεδιασμό ψηφιακών αρχείων τα οποία θα «σφραγίζονταν» με χρονολογική σειρά, κατά τρόπον ώστε να μην μπορούν να

¹³ Σύμφωνα με την αρχική δημοσίευση (white paper) του Nakamoto, στην οποία θα αναφερθούμε εκτενέστερα στη συνέχεια, το blockchain αποτελεί ένα σύνολο δεδομένων που περιέχει πληροφορίες για κάθε συναλλαγή που πραγματοποιείται σε ένα σύστημα P2P.

¹⁴ Στο άρθρο 31 περ. 1 του Ν 4961/2022 δίνεται ο εξής ορισμός: «Αλυσίδα συστοιχιών (blockchain)»: είδος τεχνολογίας καταμεμημένου καθολικού που καταγράφει δεδομένα σε συστοιχίες (blocks), οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με χρονολογική σειρά και σχηματίζουν μια αλυσίδα (chain) συναινετικής, αποκεντρωμένης και μαθηματικά επαληθεύσιμης φύσης, η οποία βασίζεται κυρίως στην επιστήμη της κρυπτογραφίας». Και ο νομοθετικά επιβληθείς ορισμός πάσχει ως προς την πλήρη και σαφή απόδοση της συγκεκριμένης έννοιας.

¹⁵ Παπαδημόπουλος Ι., Η δογματική ένταξη των smart contracts στο δίκαιο των συμβάσεων, Χρονικά Ιδιωτικού Δικαίου, εκδ. Σάκκουλα, τεύχος 2/2020, σελ. 471 επ.

¹⁶ Βλ. αναλυτικότερα Haber, S., Stornetta, W.S. How to time-stamp a digital document προσβάσιμο σε https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-38424-3_32

τροποποιηθούν ή και να επικαιροποιηθούν. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούσε μία κρυπτογραφημένη αλυσίδα από μπλοκ για την αποθήκευση των χρονολογικά «σφραγισμένων» εγγράφων, ενώ το 1992 όταν ενσωματώθηκε στο σχεδιασμό η μέθοδος Merkle Trees, αυτό έγινε πιο αποτελεσματικό επιτρέποντας την διαδοχική προσθήκη περισσότερων αρχείων ή συναλλαγών (transactions) σε ένα μόνο μπλοκ¹⁷.

Η πρώτη πρακτική εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας, το Bitcoin, εμφανίστηκε ως ιδέα για πρώτη φορά το 2008, κατά τη διάρκεια της Παγκόσμιας Οικονομικής Κρίσης, σε μια δημοσίευση μόλις 8 σελίδων με τίτλο «Bitcoin: A peer – to – peer electronic cash system»¹⁸. Ο εγκέφαλος πίσω από αυτή την έρευνα υπέγραψε το άρθρο αυτό με το ψευδώνυμο «Satoshi Nakamoto», του οποίου η πραγματική ταυτότητα παραμένει άγνωστη μέχρι σήμερα. Υπάρχουν πολλές υποθέσεις ότι πίσω από αυτό το ψευδώνυμο κρύβεται μία ομάδα ειδικών στην κρυπτογραφία και στην επιστήμη των υπολογιστών¹⁹. Η Οικονομική Κρίση και η, συνεπεία αυτής, ευρεία αμφισβήτηση προς το παγκόσμιο χρηματοπιστωτικό σύστημα παρείχε εύφορο έδαφος για την παρουσίαση - εισαγωγή αλλά και, συν τω χρόνω, καθιέρωση των κρυπτονομισμάτων, ειδικότερα του Bitcoin. Στο πλαίσιο αυτό έλλειψης εμπιστοσύνης ως προς το τότε ισχύον σύστημα διακυβέρνησης των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, το Bitcoin θεωρήθηκε από ορισμένους ως μία πρόσφορη και καινοτόμος εναλλακτική λύση.

Στην επιστημονική δημοσίευση του Satoshi Nakamoto αναγράφονταν λεπτομέρειες για το πώς η συγκεκριμένη τεχνολογία θα μπορούσε λειτουργήσει με

¹⁷ Ωστόσο η τεχνολογία αυτή δεν χρησιμοποιήθηκε και το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας των Stuart Haber και W. Scott Stornetta έληξε το 2004, τέσσερα χρόνια πριν από την έλευση του Bitcoin.

¹⁸ Nakamoto S., Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, bitcoin.org, 2009, σελ. 1

¹⁹ Ανεπιτυχείς προσπάθειες πραγματοποιήθηκαν για την εύρεση της πραγματικής ταυτότητας, καθώς στη δημοσίευση χρησιμοποιήθηκε μία υπηρεσία ανώνυμης αλληλογραφίας (Vistomail) και ένας δωρεάν λογαριασμός ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (gmx.com) από τον οποίο υπήρχε επικοινωνία όταν συνδεόταν μέσω Tor. Κάποιοι θεωρούν ότι η απόκρυψη των προσωπικών στοιχείων έγινε με σκοπό την προστασία του υπεύθυνου για την έρευνα προσώπου, αλλά και του ίδιου του δικτύου. Πιθανότατα χρησιμοποιήθηκε το όνομα Satoshi επειδή σημαίνει «σοφία» ή «λόγος» και το Nakamoto το οποίο έχει την έννοια της «Κεντρικής Πηγής».

τρόπο που να αποκαθιστά την ελλείπουσα εμπιστοσύνη στις εγχρήματες συναλλαγές μέσω ψηφιακών συστημάτων μέσω ενός αποκεντρωμένου συστήματος ο έλεγχος της λειτουργίας του οποίου θα γινόταν από τους ίδιους τους συμμετέχοντες σε αυτό²⁰. Ειδικότερα, στην εργασία αυτή περιγραφόταν ένα νέο μοντέλο απορρήτου (με χρήση σύγχρονων κρυπτογραφικών μεθόδων) αλλά και κάλυψης της ελλείπουσας εμπιστοσύνης μεταξύ των χρηστών, στο οποίο το τρίτο μέρος εμπιστοσύνης (third trusted party -TTP) που εμπλέκεται στις συναλλαγές αντικαθίσταται από ένα αποκεντρωμένο δίκτυο υπολογιστών peer to peer, όπως θα δούμε αναλυτικά αμέσως πιο κάτω.

Οι συναλλαγές στο δίκτυο αυτό επικυρώνονται, με τρόπο από πριν καθορισμένο μέσω του «μηχανισμού συναίνεσης», μόνο από τους συμμετέχοντες χρήστες –«εξορύκτες» (miners), αποφεύγοντας με τον τρόπο αυτό τις επεμβάσεις τρίτων που υπάρχουν στο παραδοσιακό σύστημα ιδιωτικών συναλλαγών (π.χ. τραπεζικά συστήματα). Μία από τις ιδιαιτερότητες του μοντέλου, ήταν η δυνατότητα επίλυσης του προβλήματος «double-spending», δηλαδή του γεγονότος ότι τα ψηφιακά νομίσματα μπορούν να δαπανηθούν πάνω από μία φορά επειδή υπήρχε η δυνατότητα της αντιγραφής του ψηφιακού αρχείου. Επιπροσθέτως, το νέο σύστημα επέτρεπε στις συναλλαγές να είναι δημόσιες και την ίδια στιγμή οι εμπλεκόμενοι χρήστες να παραμένουν ανώνυμοι, ενισχύοντας έτσι την διαφάνεια και διατηρώντας την ιδιωτικότητα.

Τα ελκυστικά χαρακτηριστικά του Bitcoin και της τεχνολογίας Blockchain, στην οποία αυτό βασίστηκε, παρείχαν προστασία κατά των κακόβουλων ενεργειών (απάτης, υποκλοπής δεδομένων κλπ.) και της χειραγώγησης των οικονομικών στοιχείων, σε μια χρονική συγκυρία όπου οι λεγόμενοι «δυνατότεροι παίκτες» του οικονομικού συστήματος πρωτοστατούσαν στην παραποίηση των οικονομικών στοιχείων και μετρήσεων της αγοράς²¹²².

²⁰ Goyal, S. (2018, November 3). The History of Blockchain Technology: Must Know Timeline.

²¹ Ganne, E. (2018). Can Blockchain revolutionize international trade? Switzerland: WTO Publications, World Trade Organization.

²² Αν και η λειτουργία ενός Blockchain δικτύου δεν απαιτεί κάποια κεντρική διαχείριση ωστόσο η εξέλιξη και η συντήρηση και η διευθέτηση προβλημάτων του λογισμικού απαιτεί την συμμετοχή του ανθρώπινου

Με αυτόν τον τρόπο ξεκίνησε η επανάσταση του πρώτου κρυπτονομίσματος, του Bitcoin, το οποίο ξεκίνησε να λειτουργεί λίγους μήνες μετά τη δημοσίευση του white paper. Ο Satoshi Nakamoto είχε ήδη έτοιμο τον Κώδικα και στις 3 Ιανουαρίου 2009 εγκαταστάθηκε το genesis block²³ του Bitcoin, το πρώτο μπλοκ σε αλυσίδα των μπλοκ²⁴. Λίγο αργότερα κυκλοφόρησε η έκδοση 0.1 του Bitcoin μέσω της κρυπτογράφησης της λίστας αλληλογραφίας. Στις 12 Ιανουαρίου 2009 πραγματοποιήθηκε η πρώτη συναλλαγή σε bitcoins, μεταξύ του ανώνυμου δημιουργού Satoshi Nakamoto και του Hal Finney, οπότε σηματοδοτήθηκε η έναρξη διενέργειας και καταγραφής των συναλλαγών σε bitcoins στο σύστημα αλυσίδας των μπλοκ των συναλλαγών²⁵²⁶.

Ενώ το Bitcoin αποτέλεσε το έτος 2009, το έναυσμα για την πρώτη πρακτική εφαρμογή του Blockchain, στην πραγματικότητα η τεχνολογία αυτή, όπως θα δούμε αμέσως μετά, είναι ένας συνδυασμός διαφόρων σημαντικών τεχνολογιών που είχαν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων τεσσάρων δεκαετιών τουλάχιστον²⁷. Το 2013, η φήμη της τεχνολογίας Blockchain εκτοξεύθηκε ως αποτέλεσμα της χρήσης του και σε άλλα κρυπτονομίσματα, όπως

παράγοντα. Στην περίπτωση του Bitcoin ο Satoshi Nakamoto παρέδωσε τη διαχείριση του δικτύου στον προγραμματιστή Gavin Andersen. Αν και θεωρητικά η εξέλιξη εγχειρήματος, όπως σε όλα τα εγχειρήματα ανοιχτού κώδικα, στηρίζονται στο καθένα που θέλει να συμμετέχει στην εξέλιξή του. Ωστόσο μία ομάδα προγραμματιστών την οποία έχει ορίσει ο Andersen πρέπει να ελέγξει και εν συνεχεία να αποδεχτεί αυτές τις αλλαγές για να ενσωματωθούν στην πλατφόρμα του Bitcoin. Οι συγκεκριμένοι προγραμματιστές ανήκουν στο Ίδρυμα του Bitcoin, ένα μη κερδοσκοπικό οργανισμό που στηρίζει την λειτουργία του δικτύου. Το ίδιο ισχύει και για την περίπτωση του Ethereum με το Ethereum Foundation.

²³ Βλ. Bashir, I. (2018). Mastering Blockchain: Distributed ledger technology, decentralization, and smart contracts explained σελ 19 και 164 επ.

²⁴ Το οποίο είναι γνωστό και με τον όρο block 0

²⁵ Αν και στην αρχή το Bitcoin αμφισβητήθηκε και θεωρήθηκε υποτιμημένο νόμισμα, αξίας μικρότερης από το ένα δέκατο ενός σέντ, εντούτοις η πορεία του ήρθε να αλλάξει αυτή την αντίληψη. Δέκα χρόνια μετά, το 2019 στις Η.Π.Α. επιτεύχθηκε κεφαλαιοποίηση της αγοράς ύψους 134 δις. USD, εκ των οποίων 17.553,662 Bitcoin αποτέλεσαν το 5,5% της συνολικής αξίας

²⁶ Βλ. Nam, K., Dutt, C. S., Chathoth, P., & Khan, M. S. (2019). Blockchain technology for smart city and smart tourism: latest trends and challenges σελ. 1 – 2.

²⁷ Van der Auwera, E. et al. (2020), Financial Risk Management for Cryptocurrencies, σε Springer Briefs in Finance, Springer International Publishing (πρόσβαση Μάιος 2022)

το Ethereum, αλλά και στην ευρεία βιομηχανική εφαρμογή του. Η πρώτη φάση της χρήσης του blockchain, αφορούσε κυρίως την ανάπτυξη των κρυπτονομισμάτων, και είναι πλέον γνωστή ως Blockchain 1.0.

Η δεύτερη φάση της συγκεκριμένης τεχνολογίας (Blockchain 2.0²⁸), τοποθετείται χρονικά το έτος 2016 όταν ο Vitaly Dmitriyevich "Vitalik" Buterin, ένας Ρωσοκαναδός προγραμματιστής ο οποίος συμμετείχε στο δίκτυο του blockchain, αναγνώρισε κάποια μειονεκτήματα που περιείχε το δίκτυο αυτό όσον αφορά σε θέματα επεκτασιμότητας του για εφαρμογές πέρα των συναλλαγών με το κρυπτονόμισμα bitcoin. Έτσι, αποφάσισε να φτιάξει μια δικιά του πλατφόρμα η οποία θα περιείχε την ιδέα των συμβολαίων μεταξύ συμβαλλόμενων μερών (smart contracts). Σε εφαρμογή της συγκεκριμένης ιδέας δημιουργήθηκε το Ethereum το οποίο αποτελεί μια πλατφόρμα ανάπτυξης αποκεντρωμένων εφαρμογών (decentralized applications -DApps). Τα «έξυπνα συμβόλαια», όπως θα εξετάσουμε στην συνέχεια, εισάγουν μια ευρεία γκάμα νέων δυνατοτήτων για εφαρμογές blockchain, καθώς η επιτυχής εφαρμογή τους μπορεί να απλοποιήσει την αλληλεπίδραση με το blockchain.

Η τρίτη εκδοχή του blockchain (blockchain 3.0), αναμένεται να αρχίσει να διαμορφώνεται την επόμενη δεκαετία και θα φέρει περαιτέρω αυτοματοποίηση και πλήρη ενσωμάτωση με άλλες τεχνολογίες αιχμής (IoT, AI, Cloud Computing, κ.α.), αξιοποιώντας προς όφελός τους τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει (ασφάλεια, ιδιωτικότητα, κ.α.) αλλάζοντας, κατ' αποτέλεσμα τον τρόπο λειτουργίας και την εν γένει φιλοσοφία του παγκόσμιου ιστού.

Ο Παγκόσμιο Ιστός, όπως λειτουργεί σήμερα (Web2), δεν αφορά μόνο στην ελεύθερη και ευρεία διακίνηση των πληροφοριών, αλλά και τις οικονομικές συναλλαγές, το εμπόριο, καθώς και τις ανθρώπινες σχέσεις εν γένει σε παγκόσμιο επίπεδο. Το βασικό χαρακτηριστικό του Web2 είναι πως σχεδόν σε κάθε εφαρμογή υπάρχει μία κεντρική οντότητα, αυτή μπορεί να είναι εταιρία (ως πάροχος υπηρεσιών), οργανισμός, κρατική οντότητα, η οποία συνήθως έχει τον πλήρη έλεγχο της λειτουργίας της εφαρμογής αυτής, ακόμα και στις εφαρμογές

²⁸ Βλ. Bashir, I. (2018). Mastering Blockchain: Distributed ledger technology, decentralization, and smart contracts explained σελ 26 επ.

P2P συνήθως υπάρχει κάποιος ενδιάμεσος στον προαναφερθέντα ρόλο. Ο τρόπος λειτουργίας αυτός, προϋποθέτει την ύπαρξη εμπιστοσύνης από τους χρήστες προς τον οργανισμό αυτό, η οποία σε πολλές περιπτώσεις αμφισβητείται.

Το πρόβλημα αυτό, της έλλειψης εμπιστοσύνης, πρόκειται να επιλυθεί με την χρήση του Blockchain 3.0, το οποίο φαίνεται να αποτελεί τον κύριο οδηγό της νέας γενιάς του διαδικτύου, του αποκεντρωμένου ιστού «Decentralized Web» ή αλλιώς Web3²⁹. Όπως θα δούμε στη συνέχεια, η τεχνολογία Blockchain παρέχει την δυνατότητα P2P συναλλαγών με πλήρη εξάλειψη του ενδιάμεσου, καθιστώντας δυνατή την λειτουργία παραδοσιακών εφαρμογών, με έναν νέο, επαναστατικό τρόπο, εξαλείφοντας τους ενδιάμεσους. Αποτελεί κοινή διαπίστωση πως διαμορφώνεται ήδη μία νέα τάση, η οποία «επιτάσσει» την μείωση της χρήσης κεντρικών εξυπηρετητών, χάριν της υιοθέτησης ενός αποκεντρωμένου μοντέλου. Με τον τρόπο αυτόν οι υποστηρικτές της συγκεκριμένης τεχνολογίας ελπίζουν πως θα αντιμετωπίσουν τα μειονεκτήματα και τις εν γένει αδυναμίες του υφιστάμενου μοντέλου πελάτη-εξυπηρετητή, που αφορούν σε μεγάλο βαθμό την ασφάλεια των δεδομένων, όπως η δυνατότητα κατάχρησής τους από τους οργανισμούς που τα έχουν αποθηκευμένα, της υποκλοπής τους, της απώλειάς τους, κ.α. καθώς αυτά είναι αποθηκευμένα σε ένα κεντρικό server³⁰.

Λαμβανομένων υπόψη των παραπάνω, η συνεχής βελτίωση της τεχνολογίας blockchain και η συνεχώς επεκτεινόμενη χρήση της σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας επιβεβαιώνει εκείνους που τη χαρακτηρίζουν ως μια από τις σημαντικότερες εφευρέσεις για την ανθρωπότητα μετά το ίντερνετ³¹.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η τεχνολογία του Blockchain έχει κάποια ειδικά τεχνικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι τα στοιχεία που την καθιστούν εξαιρετικά νεοπαγή αλλά και περίπλοκη. Χωρίς να εισέλθουμε σε τεχνική ανάλυση των

²⁹ Navin V. Keizer, Fan Yang, Ioannis Psaras, George Pavlou, The Case for AI Based Web3 Reputation Systems, Διαθέσιμο σε:

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9472783> (Πρόσβαση Ιούλιος 2022).

³⁰ L Cao, Decentralized AI: Edge Intelligence and Smart Blockchain, Metaverse, Web3, and DeSci, Διαθέσιμο σε: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9839452> (Πρόσβαση Ιούλιος 2022).

³¹ Βλ. Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin σελ. 1 – 8.

εκατοντάδων εφαρμογών που υφίστανται και στις ιδιαιτερότητές τους, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, θα επιχειρηθεί για λόγους πληρότητας και κατανόησης (από τους μη ειδικούς) μια θεωρητική προσέγγιση των βασικών χαρακτηριστικών της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

II. Ορισμός και τεχνικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Blockchain

Ο όρος blockchain αποδίδεται στην ελληνική βιβλιογραφία με διάφορες ορολογίες όπως ενδεικτικά «αλυσίδα συστοιχιών³²», «τεχνολογία συστοιχίας κόμβων³³», «αλυσίδα ομάδων συναλλαγών», «αλυσίδα μπλοκ», «αλυσίδα κοινοποιήσεων» ή «τεχνολογία κατανεμημένης εγγραφής³⁴». Η αδυναμία εξεύρεσης ενός όρου ο οποίος να αποδίδει με την απαιτούμενη ακρίβεια στην ελληνική γλώσσα το περιεχόμενο της έννοιας blockchain δεν είναι τυχαία: όπως θα δούμε αναλυτικά παρακάτω, η εν λόγω τεχνολογία αποτελεί, εν τοις πράγμασι, καινοτόμο συνδυασμό περισσότερων προϋπαρχουσών τεχνολογικών μεθόδων και ως εκ τούτου παρουσιάζει έναν ομολογουμένως σύνθετο τρόπο λειτουργίας που είναι δύσκολο να αποδοθεί μονολεκτικά ή έστω περιφραστικά³⁵.

Η απόδοση του όρου blockchain στο άρθρο 31 του Ν 4961/2022 είναι μάλλον ασαφής, και σε κάθε περίπτωση όχι πλήρης, ενώ σε επίπεδο επίσημων νομοθετικών κειμένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η πλέον αξιόλογη αναφορά ως

³² Όπως ήδη αναφέρθηκε ο όρος «αλυσίδα συστοιχιών» έχει συμπεριληφθεί στις διατάξεις του Ν 4961/2022 (άρθρο 31) για τις αναδύμενες τεχνολογίες πληροφορικής.

³³ Κανέλλος Α., Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης, εκδ. Νομική Βιβλιοθήκη (2021), σελ. 198 επ.

³⁴ Βλ. σχετικά άρθρο: Θεοδωράκης Ν. - Καλογεράκης Γ., Blockchain: εφαρμογές προοπτικές και προκλήσεις για το ελληνικό νομικό σύστημα – Ιδίως οι εφαρμογές στις έννομες σχέσεις ιδιωτικού δικαίου, Δίκαιο Τεχνολογίας και Επικοινωνίας (ΔΙΤΕ), εκδ. Νομική Βιβλιοθήκη, τεύχος 1/2019, σελ. 5 επ., όπου οι συγγραφείς αναφέρουν ότι μολονότι ο όρος «τεχνολογία κατανεμημένης εγγραφής» μοιάζει να είναι πληρέστερος, κανένας από τους χρησιμοποιούμενους όρους δεν περιγράφει ικανοποιητικά τα βασικά χαρακτηριστικά και τον τεχνικό τρόπο λειτουργίας της εν λόγω τεχνολογίας, βλ. όμως και αντίθετη άποψη σε Γιαννόπουλος Α., Νομικά θέματα σχετικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, Περιβάλλον και Δίκαιο, τεύχος 2/2019, σελ. 23 ο οποίος σημειώνει την σχέση γένους –είδους ανάμεσα στις δύο έννοιες.

³⁵ Με δεδομένο λοιπόν ότι δεν υπάρχει κοινά αποδεκτός όρος απόδοσης του Blockchain στην ελληνική γλώσσα και προς αποφυγή παρανοήσεων, διατηρείται, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας ο (διεθνής) όρος Blockchain όπως χρησιμοποιείται ευρέως στην σχετική βιβλιογραφία.

προς το περιεχόμενο της έννοιας blockchain γίνεται στο κείμενο του Ψηφίσματος του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 03.10.2018³⁶, όπου επισημαίνεται μεταξύ άλλων ότι: «... λαμβάνοντας υπόψη ότι το blockchain (αλυσίδα συστοιχιών) είναι ένας μόνο από τους διάφορους τύπους τεχνολογίας κατανεμημένου καθολικού (DLT)· λαμβάνοντας υπόψη ότι ορισμένες λύσεις DLT αποθηκεύουν όλες τις επιμέρους συναλλαγές σε πλοκάδες (blocks) αλληλοσυνδεδεμένες κατά χρονολογική σειρά, για τη δημιουργία αλυσίδας που προσφέρει ασφάλεια και ακεραιότητα δεδομένων...». Από την περιγραφή αυτή που περιέχεται στο Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου μπορούν εύκολα να συναχθούν δύο βασικά συμπεράσματα ως προς την τεχνολογία blockchain: ότι αυτή αποτελεί μέρος μίας ευρύτερης τεχνολογικής οικογένειας με την ονομασία τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού³⁷ -Distributed Ledger Technology (DLT), και ότι διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες τεχνολογίες κατανεμημένου καθολικού ως προς την ιδιότητά της να αποθηκεύει τις επιμέρους συναλλαγές (ή γενικότερα εγγραφές) σε μπλοκ που συνδέονται αναπόσπαστα μεταξύ τους σε χρονολογική σειρά, δημιουργώντας μία ατελείωτη αλυσίδα αποτελούμενη από αλληλένδετα μπλοκ εγγραφών (αλυσίδα blockchain). Πάντως και η συγκεκριμένη αναφορά στον όρο blockchain αποδίδει μερικώς μόνο τα χαρακτηριστικά της νέας τεχνολογίας³⁸.

Συνακόλουθα, λαμβάνοντας υπόψη τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες αιχμής αλλά και τα αναφερόμενα στο Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου μπορούμε να πούμε πως η τεχνολογία blockchain συνιστά μια κρυπτογραφημένη και αποκεντρωμένη βάση διαμοιρασμένων δεδομένων³⁹ ή συναλλαγών που

³⁶ Πηγή: op.europa.eu, Μάιος 2022

³⁷ Στην πράξη, οι όροι «blockchain» και «distributed ledger» ή DLT χρησιμοποιούνται συχνά εναλλακτικά. Για λόγους ακρίβειας, όμως, πρέπει να αποσαφηνιστεί ότι στην πραγματικότητα η τεχνολογία blockchain είναι αυτή που τείνει να χρησιμοποιεί την τεχνολογία του κατανεμημένου δικτύου και όχι το αντίστροφο, υπάρχει δηλ. μεταξύ τους σχέση γένους (DLT) – είδους (blockchain).

³⁸ Ως προς την συγκεκριμένη επιχειρηματολογία βλ. Π. Σανταμούρη, Η νομική φύση της αλυσίδας συστοιχιών (blockchain), η προστασία του δημιουργού και των χρηστών και άλλα ζητήματα, Διπλωματική Εργασία, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Αστικό Δίκαιο, Ειδίκευση: Νέες Τεχνολογίες, Νομική Σχολή ΕΚΠΑ, σε <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoai/object/2974385>

³⁹ Σύμφωνα με τους ορισμούς της πληροφορικής επιστήμης τα δεδομένα είναι ακατέργαστο, αναλυτικό, ανοργάνωτο, άσχετο, αδιάκοπο υλικό το οποίο χρησιμοποιείται για την εξαγωγή πληροφοριών μετά από

ομαδοποιούνται διαδοχικά, σαν σε αλυσίδα, σε blocks και λειτουργεί ως ένα δυσμετάβλητο μητρώο (ledger)⁴⁰ πληροφοριών. Κάθε συναλλαγή πριν εγγραφεί στο δίκτυο⁴¹ blockchain ελέγχεται ως προς την εγκυρότητά της μέσω ενός μηχανισμού συναίνεσης (consensus) ενώ είναι εξαιρετικά δύσκολο και ασύμφορο να μεταβληθούν ή διαγραφούν οι ήδη εγγεγραμμένες πληροφορίες⁴².

Σε αντίθεση όμως με τις κοινές («παραδοσιακές») βάσεις δεδομένων που τηρούνται σε δίκτυο υπολογιστών, οι αποκεντρωμένες βάσεις δεδομένων blockchain ενσωματώνουν στον τρόπο λειτουργίας τους τεχνολογικές μεθόδους που τις διαφοροποιούν ριζικά. Οι τεχνολογικές αυτές μέθοδοι, τις οποίες θα εξετάσουμε αμέσως στη συνέχεια, μολονότι ήδη γνωστές στην επιστημονική κοινότητα, στην περίπτωση του blockchain συνδυάζονται με τρόπο πρωτοποριακό: η τεχνολογία δικτύου ομότιμων κόμβων (peer-to-peer⁴³⁴⁴ network),

ανάλυση. Από την άλλη πλευρά, η πληροφορία είναι αντιληπτή, ερμηνευμένη ως ένα μήνυμα με συγκεκριμένο τρόπο, το οποίο δίνει νόημα στα δεδομένα. Πηγή: techdifferences.com, Μάιος 2022

⁴⁰ Λογαράς Κ., Η τεχνολογία Blockchain, οι εφαρμογές της και οι νομικές πτυχές της, naftemporiki.gr, 2018.

⁴¹ Για την έννοια του ηλεκτρονικού δικτύου βλ. Χριστοδούλου Κ., Επιτομή Ηλεκτρονικού Αστικού Δικαίου, εκδ. Αντ. Σάκκουλα ΕΕ (2^η εκδ), σ. 6 επ.: Υπό την τεχνική έννοια ως ηλεκτρονικό δίκτυο νοείται οποιοδήποτε σύστημα συνδέει περισσότερους υπολογιστές, ώστε αυτοί να ανταλλάσσουν δεδομένα και οι κάτοχοί τους να επικοινωνούν μεταξύ τους.

⁴² Ως προς τον συγκεκριμένο ορισμό της τεχνολογίας του blockchain, ο οποίος είναι κατά την άποψή μας ο πιο πλήρης και σαφής, βλ. Βαΐα Παπαθανασίου, Νομικά ζητήματα που προκύπτουν από την τεχνολογία Blockchain στο παράδειγμα των Μη Εναλλάξιμων Κρυπτοπαραστατικών (Non Fungible Tokens – NFTs), Διπλωματική Εργασία, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Αστικό Δίκαιο, Ειδίκευση: Νέες Τεχνολογίες, Νομική Σχολή ΕΚΠΑ, διαθέσιμο σε <https://pergamon.lib.uoa.gr/uoal/uaol/frontend/el/browse/2974429>

⁴³ Στην επιστήμη της Πληροφορικής ως δίκτυο υπολογιστών peer-to-peer ή P2P ορίζεται το δίκτυο που επιτρέπει σε δύο ή περισσότερους ηλεκτρονικούς υπολογιστές να μοιράζονται τους πόρους τους ισοδύναμα. Το δίκτυο αυτό χρησιμοποιεί την επεξεργαστική ισχύ, τον αποθηκευτικό χώρο και το εύρος ζώνης (bandwidth) των κόμβων. Βασικά χαρακτηριστικά είναι, κατά πρώτον, ότι όλοι οι κόμβοι του δικτύου έχουν ίσα δικαιώματα, ενώ πληροφορίες που βρίσκονται στον ένα κόμβο, ανάλογα με τα δικαιώματα που καθορίζονται, μπορούν να διαβαστούν από όλους τους άλλους και αντίστροφα.

⁴⁴ Q. Lv, P. Cao, E. Cohen, K. Li, S. Shenker Search and replication in unstructured peer-to-peer networks Proceedings of the 16th international conference on Supercomputing - ICS (2002), p. 84, [10.1145/514191.514206](https://doi.org/10.1145/514191.514206)

η μέθοδος της ασύμμετρης κρυπτογράφησης, η μαθηματική συνάρτηση κατατεμαχισμού (hash function), και οι ειδικοί μηχανισμοί για την επαλήθευση και έγκριση των εγγραφών που καταχωρούνται στην αλυσίδα blockchain (Proof of Work ή Proof of Stake).

Με την αξιοποίηση -συνδυαστικά- των παραπάνω τεχνολογικών μεθόδων, η τεχνολογία blockchain επιχειρεί όχι μόνον να αντιμετωπίσει τα προβλήματα που συναντούν οι κοινές βάσεις δεδομένων που τηρούνται σε ηλεκτρονικά δίκτυα, αλλά να καταστεί κάτι τελείως διαφορετικό αφού οι ευρείες εφαρμογές του blockchain εκφεύγουν της απλής αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων. Προτού περιγραφούν οι διερευνητικές σκέψεις αναφορικά με την θεωρητική προσέγγιση της τεχνολογίας του Blockchain, θα επιχειρηθεί, αμέσως στη συνέχεια, μια σύντομη εννοιολογική προσέγγιση των κοινών βάσεων δεδομένων, ώστε να εντοπιστούν οι κύριες διαφορές τους (με το Blockchain). Έπειτα, θα γίνει ανάλυση καθεμίας από τις επιμέρους τεχνολογικές μεθόδους στις οποίες βασίζεται η τεχνολογία blockchain, στο μέτρο που σχετίζεται με την θεματική της παρούσας (θεωρητική προσέγγιση). Η περιγραφή της συγκεκριμένης τεχνολογίας και των εφαρμογών που καθιστά δυνατές δεν είναι εύκολη. Εν μέρει επειδή είναι σχετικά περίπλοκη και εν μέρει επειδή το πεδίο ευρίσκεται σε έντονη ανάπτυξη με συνεχείς αλλαγές, νέες εφαρμογές και νέους δρώντες. Επιγραμματικά και μόνο να σημειωθεί εν προκειμένω ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία αξιοποιεί για την λειτουργία της πλήθος παλαιότερων τεχνολογικών μεθόδων, ήδη γνωστών στους κύκλους της επιστήμης των μαθηματικών και της πληροφορικής, με αποτέλεσμα να υπάρχει αμφισβήτηση ως προς τον χαρακτηρισμό της ως νεοπαγούς τεχνολογίας⁴⁵.

⁴⁵ Βλ. ενδεικτικά Θεοδωράκης Ν.-Καλογεράκης Γ., ό.π., σελ. 8, όπου οι συγγραφείς αναφέρουν ότι η τεχνολογία blockchain δεν αποτελεί απλώς άθροισμα προγενέστερων και ήδη γνωστών τεχνολογικών μεθόδων αλλά καινοτόμο συνδυασμό τους που υπερβαίνει την υπάρχουσα στάθμη της τεχνικής και ως εκ τούτου πρέπει να αντιμετωπίζεται ως νέα. Άλλωστε, ο ενθουσιασμός και οι προσδοκίες που έχει δημιουργήσει η εν λόγω τεχνολογία αυτό δείχνει.

III. Τεχνολογία blockchain και κοινές βάσεις δεδομένων

Στην επιστήμη της πληροφορικής και στην καθημερινή χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, με τον όρο «βάσεις δεδομένων» αναφερόμαστε α) σε οργανωμένες, διακριτές συλλογές σχετιζόμενων δεδομένων ηλεκτρονικά και ψηφιακά αποθηκευμένων, β) στο λογισμικό που χειρίζεται τέτοιες συλλογές (Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων ή Database Management system - DBMS) και γ) στο γνωστικό πεδίο που το μελετά. Πέρα από την εγγενή της ικανότητα να αποθηκεύει δεδομένα, η βάση δεδομένων παρέχει μέσω του σχεδιασμού και του τρόπου ιεράρχησης των δεδομένων, τα αποκαλούμενα «συστήματα διαχείρισης περιεχομένου⁴⁶», τη δυνατότητα γρήγορης άντλησης και ανανέωσης των δεδομένων⁴⁷.

Στην παρούσα εργασία, για λόγους πλήρους κατανόησης της αρχιτεκτονικής των αποκεντρωμένων βάσεων δεδομένων Blockchain, αλλά και για την ανάδειξη των βασικών χαρακτηριστικών της τεχνολογίας αυτής και της νομικής φύσης των εν γένει εφαρμογών της, κρίνεται σκόπιμο να επιχειρηθεί μια συνοπτική συγκριτική παρουσίαση, ή και αντιπαράθεση, όπου τυχόν απαιτείται, των χαρακτηριστικών της συγκεκριμένης τεχνολογίας με τις ήδη γνωστές -θα μπορούσαμε να πούμε κοινές- βάσεις δεδομένων που τηρούνται σε ορισμένο ηλεκτρονικό δίκτυο. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να διευκρινισθεί, πριν από οποιαδήποτε αναφορά στις παραδοσιακές βάσεις δεδομένων ότι αυτές αξιοποιούν πληθώρα διαφορετικών τεχνολογικών μεθόδων για την λειτουργία τους και ως εκ τούτου εμφανίζουν μεγάλη ποικιλομορφία μεταξύ τους. Ως εκ τούτου, η σύντομη θεωρητική αναφορά σε αυτές (ως κοινές βάσεις δεδομένων) μετά βεβαιότητας αδικεί τις πράγματι υπαρκτές διαφορές που εμφανίζουν μεταξύ τους⁴⁸ και όπου γίνεται οικεία αναφορά στην παρούσα εργασία είναι με σκοπό να αναδειχθούν οι κυριότερες διαφορές τους σε σχέση με τις αποκεντρωμένες βάσεις δεδομένων που στηρίζονται στην τεχνολογία blockchain. Πέραν αυτών όμως, η τεχνολογία blockchain φιλοδοξεί, κυρίως, να αντιπαρέλθει τα κρίσιμα ζητήματα που αφορούν

⁴⁶ Ενδεικτικά Oracle, MSSQL Server, PostgreSQL, IBM DB2 κλπ

⁴⁷ Για την έννοια της βάσεως δεδομένων βλ. Πρώτο Μέρος, υποσημειώσεις 1 και 2.

⁴⁸ Βλ. Π. Σανταμούρη ό.π.

στην ανάγκη για ύπαρξη τρίτου μέρους εμπιστοσύνης (TTP) αλλά και θέματα ασφαλείας και ιδιωτικότητας και να αποτελέσει αντίπαλο δέος στις εν λόγω βάσεις δεδομένων και ως εκ τούτου τα βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματά της ετερο-προσδιορίζονται σε σχέση με αυτά.

Λαμβανομένων υπόψη των παραπάνω, ως κύριο και βασικό χαρακτηριστικό των κοινών βάσεων δεδομένων θα πρέπει να αναφερθεί η αποθήκευση των δεδομένων σε μια κεντρική τοποθεσία, ήτοι σε ορισμένο δίκτυο υπολογιστών που δομείται βάσει του μοντέλου πελάτη-διακομιστή (client-server), καθώς και ότι για να δημιουργήσουμε ή να προσπελάσουμε δεδομένα θα πρέπει να συνδεθούμε με την συγκεκριμένη τοποθεσία. Επίσης να σημειωθεί ότι, με βάση το συγκεκριμένο μοντέλο, υπάρχει online μια μοναδική έκδοση της βάσης (εκτός σεναρίου disaster server ή archiving).

Η αρχιτεκτονική του συγκεκριμένου μοντέλου προϋποθέτει έναν κεντρικό κόμβο (διακομιστή -εξυπηρετητή), δηλαδή έναν ηλεκτρονικό υπερ-υπολογιστή στον οποίο τηρείται το μητρώο όπου είναι αποθηκευμένα όλα τα διαθέσιμα δεδομένα και πληροφορίες⁴⁹. Η πρόσβαση των υπόλοιπων χρηστών του δικτύου, δηλαδή των υπόλοιπων κόμβων ή αλλιώς «πελατών»⁵⁰, στην βάση δεδομένων (μητρώο), είτε για απλή επισκόπηση των δεδομένων, είτε για οποιαδήποτε εργασία (επεξεργασία, αποθήκευση, κλπ.) γίνεται δυνατή μόνο εφόσον ο κεντρικός κόμβος (εξυπηρετητής) εγκρίνει οικείο αίτημά τους. Γίνεται, επομένως, σαφές πως το συγκεκριμένο μοντέλο διαθέτει κέντρο (τον διακομιστή/εξυπηρετητή) το οποίο ελέγχει απολύτως την διαδικασία δημιουργίας, προσπέλασης, ενημέρωσης και διαγραφής των δεδομένων στο τηρούμενο μητρώο, και περιφέρεια (τους πελάτες). Άμεση συνέπεια αυτού είναι πως η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων προϋποθέτει πάντοτε την ύπαρξη ενός έμπιστου τρίτου μέρους (trusted third party), ή αλλιώς μεσάζοντα, που αναλαμβάνει τον

⁴⁹ Ανεξάρτητα από την αρχιτεκτονική της κάθε βάσης δεδομένων (η οποία εξαρτάται από τις ανάγκες που πρέπει να καλύψει κατά τον σχεδιασμό της –«μοντελοποίηση»), οι δυνατότητες που υπάρχουν διαφοροποιούνται ως προς το επίπεδο πρόσβασης του χρήστη στα δεδομένα και είναι η δημιουργία (Create), η προσπέλαση (Read), η ενημέρωση (Update) και η διαγραφή (Delete) και όλες αυτές οι δυνατότητες - λειτουργίες είναι γνωστές ως CRUD λειτουργίες.

⁵⁰ Βέβαια δεν πρόκειται πάντα για πελάτες, ούτε υφίσταται αναγκαστικά συμβατική σχέση μεταξύ τους.

κεντρικό ρόλο του διακομιστή/εξυπηρετητή. Ακόμη, δεδομένης της ύπαρξης μεσάζοντα, οι έννομες σχέσεις που αναπτύσσονται εντός του ηλεκτρονικού δικτύου χαρακτηρίζονται αναγκαστικά από τριμέρεια⁵¹.

Κατά τον τρόπο αυτόν όμως, το επίπεδο ασφαλείας του ηλεκτρονικού δικτύου είναι άμεσα συναρτημένο με την αξιοπιστία του έμπιστου τρίτου μέρους και τα τηρούμενα από αυτό μέτρα ασφαλείας, καθώς όσο πιο αξιόπιστος είναι ο μεσάζοντας που αναλαμβάνει χρέη διακομιστή/εξυπηρετητή τόσο πιο ισχυρό είναι το επίπεδο ασφαλείας του δικτύου. Στο μέτρο όμως που το τρίτο μέρος εκτελεί πλημμελώς τα καθήκοντα του διακομιστή/εξυπηρετητή που του έχουν ανατεθεί, επειδή λ.χ. έχει λάβει ανεπαρκή τεχνικά μέτρα ασφαλείας με συνέπεια την παραβίαση της ασφάλειας του δικτύου, τότε τίθεται σε κίνδυνο η ακεραιότητα όλου του δικτύου.

Πέρα όμως από τα ζητήματα ασφαλείας που γεννώνται στην περίπτωση που το -κατ' ευφημισμό- έμπιστο τρίτο μέρος δεν ασκεί τα καθήκοντά του με επιμέλεια, το εν λόγω μοντέλο είναι συνήθως και οικονομικά ασύμφορο: όπως είναι λογικό ο μεσάζοντας παρέχει τις υπηρεσίες του αξιώνοντας να του καταβάλλεται η σχετική αμοιβή (συνήθως με την μορφή της προμήθειας) επιβαρύνοντας τη συνολική λειτουργία του δικτύου.

Επιπρόσθετα, κρίσιμο ζήτημα στις «κοινές» βάσεις δεδομένων αποτελεί ο τρόπος με τον οποίον καταχωρούνται και επαληθεύονται οι εγγραφές των διαθέσιμων δεδομένων και πληροφοριών⁵². Τούτο δε διότι, οι συγκεκριμένες

⁵¹ Για την συγκεκριμένη έννοια, της τριμέρειας ενόμων σχέσεων (TTPs), βλ. αναλυτικότερα Χριστοδούλου Κ., ό.π., σελ. 9 επ.

⁵² Όπως προαναφέρθηκε ανάλογα με το επίπεδο πρόσβασης του χρήστη οι δυνατότητες που υπάρχουν ως προς τα δεδομένα της βάσης είναι η δημιουργία (Create), η προσπέλαση (Read), η ενημέρωση (Update) και η διαγραφή (Delete) και όλες αυτές οι δυνατότητες - λειτουργίες είναι γνωστές ως CRUD λειτουργίες. Πιο αναλυτικά: Create: Προσθέτει νέο record στη βάση δεδομένων, συνοδευόμενο συνήθως και με πληροφορίες σχετικές με τον χρήστη καταχώρησης (identification). Read: Δίνει την δυνατότητα προσπέλασης των δεδομένων. Η αναζήτηση των δεδομένων από την βάση γίνεται συνήθως βάσει κάποιου κλειδιού ή index. Update: Τροποποιεί υφιστάμενα δεδομένα από τη βάση, δίνοντας τη δυνατότητα αποθήκευσής τους με διαφορετική πληροφορία. Delete: Δίνει τη δυνατότητα οριστικής διαγραφής του δεδομένου από την βάση, με την εκτέλεση της συγκεκριμένης εντολής το δεδομένο παύει να υπάρχει και η ανάκτησή του δεν είναι εφικτή. Στις παραδοσιακές βάσεις δεδομένων το κύριο πρόβλημα ήταν η

εργασίας (καταχώρησης και επαλήθευσης των δεδομένων) γίνεται, συνήθως, με αποκλειστική πρωτοβουλία του κεντρικού κόμβου (διακομιστή/ εξυπηρετητή), ενώ οι υπόλοιποι περιφερειακοί κόμβοι (πελάτες) δεν έχουν καμία ανάμιξη. Ως εκ τούτου, είναι προφανές πως ο διακομιστής/εξυπηρετητής φέρει ακέραια την ευθύνη σε περίπτωση εσφαλμένης καταχώρησης μίας εγγραφής, ενώ οι «πελάτες» δεν έχουν καμία απολύτως δυνατότητα να εναντιωθούν σε αυτή τουλάχιστον σε πρώτη φάση. Μόνη δυνατή λύση που προσφέρεται στους πελάτες είναι η εκ των υστέρων αποστολή αιτήματος προς τον διακομιστή/εξυπηρετητή για διόρθωση της εσφαλμένης καταχώρησης, υπό την προϋπόθεση βεβαίως ότι αυτός θα εγκρίνει το αίτημά τους.

Έτι περαιτέρω, οι εγγραφές των δεδομένων και των πληροφοριών (σε αντίθεση με το blockchain) δεν καταχωρούνται στο τηρούμενο μητρώο με τρόπο ώστε η μία εγγραφή να συνδέεται με την άλλη με έναν δεσμό που να μην μπορεί να αλλοιωθεί, αλλά αποτελούν ολωσδιόλου διακριτές εγγραφές, που απλώς αποθηκεύονται σε αυτό, με επιλογή διαφόρων κριτηρίων, δίχως όμως να υπάρχει άμεση συσχέτιση των δεδομένων μεταξύ τους. Η μεταβολή δηλ. μίας επιμέρους εγγραφής δεν επηρεάζει τις υπόλοιπες εγγραφές που είναι αποθηκευμένες στο μητρώο, οι οποίες διατηρούνται αναλλοίωτες ως είχαν. Αυτό όμως μειώνει σημαντικά το επίπεδο ασφάλειας του δικτύου, αφού τυχόν μη εξουσιοδοτημένη αλλοίωση μίας επιμέρους εγγραφής είναι πολύ πιθανό να μην γίνει αντιληπτή από τον διακομιστή/εξυπηρετητή ή να γίνει μεν - με μεγάλη καθυστέρηση δε.

Τέλος, η ασφάλεια του ηλεκτρονικού δικτύου εντός του οποίου τηρούνται οι κοινές βάσεις δεδομένων είναι άμεσα συναρτημένη με την χρησιμοποιούμενη μέθοδο κρυπτογράφησης των δεδομένων τους, δηλαδή την κωδικοποίησή τους σε μη αναγνώσιμη γλώσσα, ώστε να αποτρέπεται οποιαδήποτε μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε αυτά. Μολονότι, η ανάπτυξη της πληροφορικής επιστήμης, και ιδίως του κλάδου της που ασχολείται με την ασφάλεια πληροφοριακών συστημάτων, έχει επιφέρει σημαντική πρόοδο ως προς τις εφαρμοζόμενες μεθόδους κρυπτογράφησης, είναι χαρακτηριστικό πως, ακόμη και σήμερα,

ταυτόχρονη χρήση και επεξεργασία των δεδομένων από παραπάνω από έναν χρήστες που οδηγούσε στο κλασικό πρόβλημα συγχρονισμού (classic concurrency problem).

ορισμένα ηλεκτρονικά δίκτυα βάσεων δεδομένων χρησιμοποιούν την παρωχημένη μέθοδο της συμμετρικής κρυπτογράφησης (ή κρυπτογράφησης συμμετρικού κλειδιού). Στη συγκεκριμένη μέθοδο, η κρυπτογράφηση και η αποκρυπτογράφηση των ανταλλασσόμενων δεδομένων γίνεται με τη χρήση ενός και μόνο συμμετρικού κλειδιού που διαθέτουν από κοινού ο αποστολέας και ο παραλήπτης του μηνύματος. Η χρήση ενός μόνου κλειδιού, όπως είναι λογικό, θέτει σε κίνδυνο την ασφάλεια του μηνύματος και των δεδομένων που περιέχονται σε αυτό, αφού από τεχνολογικής απόψεως καθίσταται αρκετά εύκολη η παραβίασή του, ειδικά αν ληφθούν υπ' όψιν οι σύγχρονες τεχνολογικές δυνατότητες. Ωστόσο, η συμμετρική κρυπτογράφηση παρουσιάζει ένα ακόμη σημαντικό μειονέκτημα: δεδομένου ότι σε ένα ηλεκτρονικό δίκτυο, ο αποστολέας και ο παραλήπτης του μηνύματος συνήθως δεν έρχονται σε άμεση επαφή ώστε να ανταλλάξουν το κλειδί διά ζώσης, είναι αναγκασμένοι να μοιραστούν το κλειδί (όπως και το μήνυμα) μέσω του επισφαλούς περιβάλλοντος του δικτύου. Πάντως, είναι γεγονός πως η χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου κρυπτογράφησης υπολογιστών είναι πλέον αρκετά περιορισμένη στα σύγχρονα δίκτυα υπολογιστών⁵³ και τείνει να υποκατασταθεί από την σαφώς ασφαλέστερη μέθοδο της ασύμμετρης κρυπτογράφησης (ή κρυπτογράφησης δημόσιου κλειδιού), η οποία εξάλλου βρίσκει εφαρμογή και στην περίπτωση του blockchain, όπως θα δούμε αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.

Συνοψίζοντας, η κοινές βάσεις δεδομένων παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα ενώ το βασικό τους πλεονέκτημα αφορά στην απόδοση⁵⁴ (performance) που έχουν, καθώς είναι σχεδιασμένες να χρησιμοποιούν store options (indexes) που μειώνουν σημαντικά τον χρόνο εντοπισμού και διαλογής των δεδομένων και για αυτόν τον λόγο επιλέγονται από τους χρήστες τους όταν απαιτείται μικρός χρόνος ανταπόκρισης και μεγάλη διακίνηση των δεδομένων

⁵³ Σήμερα, χρήση της συμμετρικής μεθόδου κρυπτογράφησης γίνεται συνήθως σε κλειστά δίκτυα υπολογιστών αποτελούμενα από μικρό αριθμό χρηστών, οι οποίοι γνωρίζονται μεταξύ τους και συνδέονται με σχέσεις αμοιβαίας εμπιστοσύνης

⁵⁴ Οι κοινές βάσεις δεδομένων είναι σχεδιασμένες με κύριο κριτήριο την απόδοσή της σε αντίθεση με το Blockchain το οποίο δεν έχει σχεδιαστεί με βάση την απόδοση.

(bulks). Ωστόσο η οργανωτική δομή τους (ύπαρξη μίας και μοναδικής βάσης δεδομένων και, εκ του λόγου αυτού, ανάγκη για ύπαρξη έμπιστου τρίτου μέρους - TTP) και η τήρηση αυτών σε κεντρικό δίκτυο υπολογιστών έχουν ως αποτέλεσμα την ύπαρξη μειονεκτημάτων και αδυναμιών που σχετίζονται με τα προαναφερόμενα βασικά χαρακτηριστικά τους.

Ο κεντρικά οργανωμένος χαρακτήρας του δικτύου, εντός του οποίου τηρούνται, δημιουργεί ζητήματα αξιοπιστίας (ακεραιότητας και διαφάνειας) του εκάστοτε διακομιστή/εξυπηρετητή υπονομεύοντας την ασφάλεια του δικτύου ενώ παράλληλα επιβαρύνει οικονομικώς την όλη λειτουργία του, καθώς απαιτούνται όλο και πιο σύγχρονα μέτρα ασφαλείας. Αντιστοίχως, η καταχώρηση και η επαλήθευση των εγγραφών στο μητρώο αποκλειστικά από τον διακομιστή/εξυπηρετητή γεννά πρόσθετα ζητήματα που σχετίζονται με την φερεγγυότητα (integrity) του τελευταίου.

Αλλά και η έλλειψη λογικής αλληλουχίας στον τρόπο καταχώρησης των εγγραφών στο τηρούμενο μητρώο δημιουργεί κενά ασφαλείας, αφού δύσκολα μπορούν να γίνουν αντιληπτές αλλοιώσεις επιμέρους εγγραφών σε αχανή μητρώα δεδομένων και πληροφοριών. Ακόμη, η -έστω περιορισμένη- χρήση της μεθόδου της συμμετρικής κρυπτογράφησης σε ορισμένα ηλεκτρονικά δίκτυα δεν διασφαλίζει ικανοποιητικό επίπεδο ασφαλείας του τηρούμενου μητρώου και των δεδομένων που περιέχονται σε αυτό, σε μία εποχή που οι απαιτήσεις για αποτελεσματικότερα τεχνικά μέτρα ασφαλείας ευλόγως ανεβαίνουν. Λαμβάνοντας δε υπ' όψιν ότι τα δεδομένα και οι πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ των κόμβων ενός δικτύου υπολογιστών κατά κανόνα αναφέρονται σε αγαθά που τυγχάνουν έννομης προστασίας⁵⁵, γίνεται εύκολα αντιληπτό γιατί η εξεύρεση κατάλληλων τεχνολογικών λύσεων που θα υπερβαίνουν τα όρια και τις αδυναμίες των κοινών μητρώων δεδομένων που

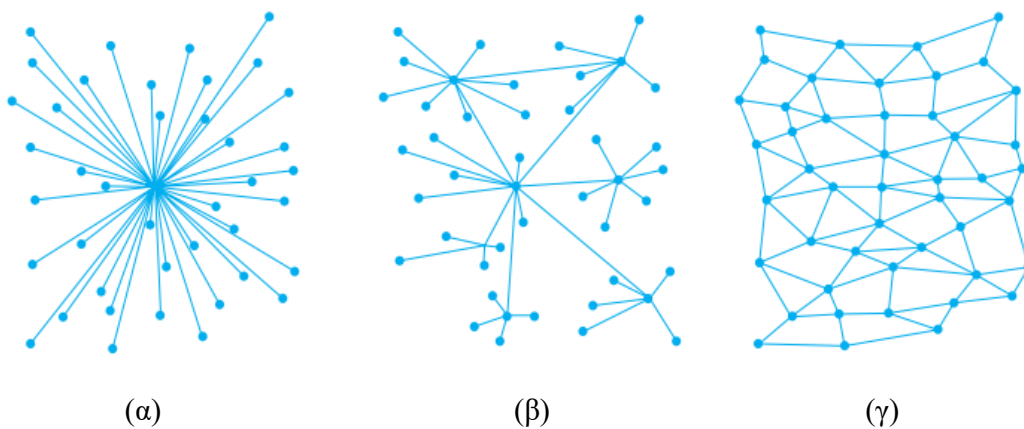
⁵⁵ Ενδεικτικά τα ανταλλασσόμενα δεδομένα και πληροφορίες μπορούν να αφορούν σε δεδομένα προσωπικού χαρακτήρα ή σε δεδομένα που καλύπτονται από το απόρρητο των επικοινωνιών ή από εμπορικό, επαγγελματικό, τραπεζικό απόρρητο ή ακόμη και κρατικό απόρρητο.

τηρούνται σε ηλεκτρονικό δίκτυο καθίσταται αναγκαία και επείγουσα και από τη σκοπιά του δικαίου⁵⁶.

IV. Η αρχιτεκτονική της τεχνολογίας Blockchain

Όπως ήδη αναφέρθηκε εισαγωγικά, η τεχνολογία blockchain συνδυάζοντας δημιουργικά ορισμένες, ήδη γνωστές στην επιστήμη των υπολογιστών, τεχνολογικές μεθόδους, έχει ήδη επιτύχει να υπερβεί τα προαναφερθέντα τεχνικά χαρακτηριστικά αλλά και τις εγγενείς αδυναμίες που εμφανίζουν οι «κοινές» βάσεις δεδομένων. Οι τεχνολογίες αυτές είναι: α) το κατακεντρωμένο δίκτυο μέσω του οποίου κάποιο αρχείο γίνεται προσβάσιμο στους κόμβους του (δικτύωση peer-to-peer), β) ο μηχανισμός συναίνεσης (consensus mechanism) μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η συναίνεση όλων των συμμετεχόντων κόμβων του δικτύου (χρηστών και miners), γ) η κρυπτογράφηση μέσω δημόσιου κλειδιού, και δ) οι δομές δεδομένων συνδεδεμένων με κατακερματισμό (hash-linked data structures), μέσω των οποίων καταγράφεται η εγγραφή στο δίκτυο.

Αν και στην σύγχρονη αρχιτεκτονική δικτύων υπάρχει, όσον αφορά στην αρχιτεκτονική ελέγχου και λήψης αποφάσεων, πληθώρα ειδών, η πιο σημαντική διάκριση είναι σε κεντροκοιμημένα (centralized) δίκτυα και σε αποκεντρωμένα (decentralized) και κατακεντρωμένα (distributed) δίκτυα. Η βασική διαφορά τους αφορά στον τρόπο αφενός στον τρόπο ελέγχου και λήψης αποφάσεων και αφετέρου στον τρόπο διαμοιρασμού των πληροφοριών στους κόμβους.



⁵⁶ Βλ. Π. Σανταμούρη, ό.π.

Εικόνα 1. Τα τρία βασικά είδη δικτύων: (α) Κεντρικά οργανωμένο δίκτυο: ένας κεντρικός οργανισμός ελέγχει τις συναλλαγές και τα αρχεία, ενώ τα υπόλοιπα μέρη διατηρούν τα δικά τους αντίγραφα, (β) Αποκεντρωμένο δίκτυο: οι μεσάζοντες/διαμεσολαβητές διατηρούν τοπικά αρχεία συναλλαγών, ενώ άλλα μέρη διατηρούν τα δικά τους αντίγραφα, (γ) Κατανεμημένο δίκτυο, όλα τα μέρη μπορούν να έχουν το ίδιο αρχείο κάθε συναλλαγής.

Πηγή: Niforos και Ramachandran, 2017

Όπως εισαγωγικά σημειώθηκε, στην περίπτωση του blockchain το μητρώο δεδομένων -το οποίο όπως θα δούμε παρακάτω ταυτίζεται με την αλυσίδα blockchain- τηρείται κατ' αρχάς πάνω σε ένα δίκτυο ομότιμων κόμβων (peer-to-peer network), δηλαδή σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο υπολογιστών⁵⁷ χωρίς οποιαδήποτε κεντρική διεργασία. Για το λόγο αυτό το blockchain συνιστά δίκτυο αποκεντρωμένο και κατανεμημένο, υπό την έννοια ότι το δημόσιο αυτό μητρώο τηρείται ταυτοχρόνως από όλους τους κόμβους (nodes)⁵⁸ και συγχρονίζεται με αυτούς, χωρίς την αναγκαία μεσολάβηση κάποιου κεντρικού μεσάζοντα (όπως αυτό συμβαίνει λ.χ. στα δίκτυα πιστωτικών ιδρυμάτων), τα δε δεδομένα του είναι κατανεμημένα στα υπολογιστικά συστήματα των επιμέρους κόμβων.

Ειδικότερα, το μητρώο δεδομένων κατανέμεται μεταξύ των κόμβων (nodes) του δικτύου, κατά τρόπον ώστε κάθε επιμέρους κόμβος να διαθέτει αντίγραφο ολόκληρου του μητρώου και δεν κατανέμεται μεταξύ αυτών, όπως ενδεχομένως υπονοεί η απόδοση του όρου blockchain στα ελληνικά ως τεχνολογία «κατανεμημένης εγγραφής» ή άλλες αντίστοιχες αποδόσεις, οπότε σε αυτή την περίπτωση κάθε κόμβος θα διέθετε απλώς ένα τμήμα του μητρώου⁵⁹. Σε κάθε περίπτωση, οι τεχνολογικές εξελίξεις και οι εφαρμογές που θα έχει το blockchain στο εγγύς μέλλον θα είναι πολλές και ίσως διαφορετικές από αυτές που υπάρχουν σήμερα. Παρά ταύτα όμως, η βασική τεχνολογική δομή του και η αρχιτεκτονική

⁵⁷ Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι γνωστή στο ευρύ κοινό ήδη από το 1999, όταν ο 18χρονος τότε μαθητής Shawn Fanning άρχισε να την χρησιμοποιεί προκειμένου να μοιράζεται μέσω του διαδικτύου τραγούδια υπό τη μορφή αρχείων MP3 με τους φίλους του.

⁵⁸ Απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει κάποιος κόμβος σε ένα δίκτυο blockchain είναι, αφενός, να διαθέτει υπολογιστικό σύστημα μεγάλης ισχύος και, αφετέρου, να έχει εγκαταστήσει το σχετικό λογισμικό.

⁵⁹Βλ. πιο ειδικά για το συγκεκριμένο θέμα (απόδοσης του όρου distributed ledger στην ελληνική γλώσσα ως «δίκτυο κατανεμημένης εγγραφής») σε Γιαννόπουλος Α., ό.π., σελ. 23

του, ως ένα αποκεντρωμένο και κατανεμημένο δίκτυο, δεν αναμένεται να μεταβληθούν ουσιωδώς⁶⁰.

Καθώς σε ένα δίκτυο peer to peer που χρησιμοποιεί την τεχνολογία Blockchain, η κεντρική αρχή απουσιάζει με αποτέλεσμα να μην υπάρχει διαχειριστής ο οποίος να ελέγχει ποιες συναλλαγές θα καταγραφούν στην αλυσίδα, είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός πρωτόκολλου συναίνεσης, ενός λειτουργικού καταστατικού, με βάση το οποίο οι συμμετέχοντες θα γνωρίζουν (και θα μπορούν να ελέγξουν) τον πηγαίο κώδικα που αφορά στην εν γένει λειτουργία του δικτύου αλλά κυρίως θα γίνεται γνωστή η διαδικασία έγκρισης και επαλήθευσης των blocks προτού κατοχυρωθούν στο σύστημα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η εμπιστοσύνη μεταξύ των (αγνώστων μεταξύ τους) κόμβων αλλά και η ακεραιότητα των δεδομένων⁶¹.

Περαιτέρω, για να προστεθεί μια καταγραφή ή μία συναλλαγή (transaction) στο δίκτυο του blockchain, πρέπει να λάβει χώρα μια συγκεκριμένη διαδικασία. Καταρχάς, δημιουργείται ένα αρχείο το οποίο περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες τις οποίες ο χρήστης κρίνει σκόπιμο να αποθηκεύσει σε μια πλατφόρμα blockchain, χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος (ή η δυνατότητα) οι πληροφορίες αυτές να παραποιηθούν ούτε καν από τον ίδιο. Για παράδειγμα οι πληροφορίες ενδεχομένως να αφορούν το χρηματικό ποσό μιας συναλλαγής, τα ατομικά στοιχεία των προσώπων που συμβάλλονται σε αυτήν, ή την ώρα και τις συνθήκες υπό τις οποίες λαμβάνει αυτή χώρα. Κρίσιμο στοιχείο, στο πλαίσιο της εργασίας μας, αποτελεί το γεγονός ότι το προς ένταξη αρχείο περιέχει, επίσης, την ψηφιακή υπογραφή των συμμετεχόντων, η οποία είναι μοναδική για κάθε κόμβο στο δίκτυο, αλλά και «αξιόπιστη χρονοσήμανση» (Trusted Timestamping), στοιχεία τα οποία θα εξετάσουμε αμέσως πιο κάτω.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι ψηφιακές υπογραφές είναι τεχνικές για αυθεντικοποίηση των επικοινωνούντων μερών με σκοπό την επαλήθευση της

⁶⁰ Βλ. Θεοδωράκης Ν.-Καλογεράκης Γ., ό.π., σελ. 8

⁶¹ Ο μηχανισμός συναίνεσης προσδιορίζεται από την εκάστοτε ομάδα (project team) και εξειδικεύεται στο white paper κάθε δημιουργούμενης πλατφόρμας blockchain, κατά το στάδιο της ανάπτυξής της, με βασικό κριτήριο επιλογής τις λειτουργίες που θα παρέχει η εν λόγω εφαρμογή στους χρήστες της.

πηγής της προέλευσης δεδομένων, την ακεραιότητα τους και την παροχή δυνατότητας μη αμφισβήτησης τόσο της αποστολής ή λήψης μηνυμάτων όσο και της δημιουργίας ή τροποποίησης τους⁶².

Το αρχείο, στη συνέχεια, μεταδίδεται μέσα στο peer-to-peer δίκτυο το οποίο ελέγχει την εγκυρότητα της συναλλαγής, με μια διαδικασία επίλυσης-ταυτοποίησης, όπως η διαδικασία αυτή προβλέπεται στο «πρωτόκολλο συναίνεσης». Πολλές τέτοιες συναλλαγές συγκεντρώνονται και διαμορφώνουν ένα block, το οποίο αποτελεί, αυτονόητα, το δομικό στοιχείο της αλυσίδας του blockchain, ως μία ιδιότυπη μονάδα πληροφοριών⁶³.

Κάθε εγγραφή – συναλλαγή⁶⁴ σχηματίζει, μαζί με τις υπόλοιπες -όχι κατ' ανάγκην ομοειδείς- εγγραφές που τίθενται από άλλους χρήστες εκείνη την στιγμή, ένα νέο block ψηφιακών δεδομένων. Αφού συγκεντρωθούν σε ένα block, οι πληροφορίες εν συνεχεία κρυπτογραφούνται μέσω μίας μαθηματικής συνάρτησης (συνάρτηση κατατεμαχισμού/κατακερματισμού - hash function⁶⁵), η οποία

⁶² Εννοιολογικά, η ψηφιακή υπογραφή είναι ένα αλφαριθμητικό που συσχετίζει ένα (ψηφιακό) μήνυμα με την πηγή του και η οποία προκύπτει από έναν αλγόριθμο, ο οποίος ενίοτε συμπεριλαμβάνει το ίδιο το μήνυμα. Ο ανωτέρω αλγόριθμος, συνεργαζόμενος με έναν άλλο, επαλήθευσης της αυθεντικότητας της υπογραφής, συνθέτουν έναν μηχανισμό ψηφιακής ταυτότητας, ο οποίος εν συνεχεία, συνδυάζεται με μία μέθοδο μετασχηματισμού των δεδομένων του μηνύματος σε μορφή υπογράψιμη για να ολοκληρωθεί μία διαδικασία ψηφιακής υπογραφής.

⁶³ Η βασικότερη ιδιότητα ενός block είναι το μέγεθος της επικεφαλίδας του και του ίδιου ως σύνολο. Στην περίπτωση του bitcoin, η επικεφαλίδα αποτελείται από 80 bytes, ενώ το μέγεθος των block έχει εγγενές όριο το 1 MB. Στην περίπτωση του Ethereum, του δεύτερου πιο διαδεδομένου blockchain σήμερα, το μέγεθος της επικεφαλίδας είναι 508 bytes, το μέγεθος του εκάστοτε block διαχρονικά έλαβε τιμές από 575 bytes έως 34MB, ενώ σήμερα κυμαίνεται περί τα 20MB. Το μέγεθος της επικεφαλίδας αφορά ουσιαστικά στις διαδικασίες επικύρωσης που διέπουν το πρωτόκολλο, ενώ εκείνο του σώματος (body) του block, στη χωρητικότητα του για πληροφορία.

⁶⁴ Μία συναλλαγή (transaction) είναι, κατ' ουσία, ένα μήνυμα που περιέχει το δημόσιο κλειδί του παραλήπτη επισυναπτόμενο στο ποσό που μεταφέρεται και υπογεγραμμένο από το ιδιωτικό κλειδί του αποστολέα.

⁶⁵ Ομοίως με τις προαναφερθείσες τεχνολογικές μεθόδους που ενσωματώνει η τεχνολογία blockchain, η συνάρτηση κατατεμαχισμού δεν αποτελεί νέα επινοήση, αλλά αντιθέτως χρονολογείται πίσω στο 1953, οπότε και υπήρξε η πρώτη σχετική γραπτή αναφορά σε αυτήν από τον μηχανικό υπολογιστών Hans Peter Luhn.

διαμορφώνει τη βάση της ασφάλειας και του αμετάβλητου των δεδομένων που εγγυάται η τεχνολογία blockchain⁶⁶.

Πιο συγκεκριμένα, η συνάρτηση κατατεμαχισμού (hash function) αναφέρεται σε έναν αλγόριθμο, ο οποίος είναι σε θέση να υπολογίζει μία τιμή βασισμένη σε ένα ηλεκτρονικό αντικείμενο, όπως ένα μήνυμα ή ένα αρχείο, χαρτογραφώντας το ηλεκτρονικό αυτό αντικείμενο σε ένα άλλο παρόμοιο (ηλεκτρονικό αντικείμενο). Το νέο ηλεκτρονικό αντικείμενο το οποίο εξάγεται ονομάζεται «σύνοψη» του αρχικού μηνύματος (message digest).

Θα πρέπει να διευκρινιστεί πως δεν υπάρχει μόνο ένας τύπος συνάρτησης κατατεμαχισμού αλλά πολύ διαφορετικοί τύποι που πάντως εμφανίζουν την ίδια λειτουργία: σχηματικά, όλες οι συναρτήσεις κατατεμαχισμού λειτουργούν με μία είσοδο (input) στην οποία εισάγονται τα δεδομένα (οποιουδήποτε μεγέθους) και μία έξοδο (output) από την οποία τα δεδομένα εξάγονται «κατατεμαχισμένα», δηλαδή εξάγονται κρυπτογραφημένα υπό την μορφή μία καθορισμένου μεγέθους⁶⁷ στοιχειοσειρά (string) σχεδιασμένη επιπλέον να είναι μονόδρομη, ήτοι αδύνατο να αντιστραφεί.

| INPUT | HASH |
|---------|--|
| Hi | 639EFCDo8ABB273B1619E82E78C29A7DF02C1051B1820E99FC395DCAA3326B8 |
| Welcome | 53A53FC9E2A03F9B6E66D84BA701574CD9CF5F01FB498C41731881BCDC68A7C8 |

Εικόνα 4. Παράδειγμα συνάρτησης κατακερματισμού.

Η ποιότητα των ανωτέρω συναρτήσεων hash function καθορίζεται από το αν τα αποτελέσματα εφαρμογής τους είναι τυχαία και ομοιόμορφα κατανεμημένα για ένα επαρκές σύνολο εισόδων. Η ασφάλεια έγκειται στο χαρακτηριστικό η μικρότερη δυνατή αλλαγή των δεδομένων εισόδου (ένα bit), να οδηγεί σε μεγάλη

⁶⁶ Βλ. Μιχαηλάκη Α., Δίκαιο και Δεοντολογία στις Εφαρμογές της Επαυξημένης Πραγματικότητας, εκδ. Νομικής Βιβλιοθήκης, σελ. 83.

⁶⁷ Το μέγεθος αυτό μπορεί να είναι από 32bit μέχρι 256bit ή περισσότερα, ανάλογα με τον λόγο χρήσης της συνάρτησης.

διαφοροποίηση της παραχθείσας σύνοψης. Οι συναρτήσεις (αλγόριθμοι) κατακερματισμού έχουν τις εξής ιδιότητες, οι οποίες καθιστούν τις συναρτήσεις αυτές ασφαλείς.

Οι ιδιότητες αυτές είναι: α) Μονοδρομία (Pre-image Resistance): Το hash προκύπτει εύκολα από την είσοδο, ενώ γνωρίζοντας το hash είναι πρακτικά αδύνατο να υπολογιστεί η είσοδος. Αυτή η ιδιότητα προσφέρει προστασία σε περιπτώσεις που κάποιο κακόβουλο στοιχείο γνωρίζει το hash και θέλει να βρει τα στοιχεία της συναλλαγής, β) διάχυση (avalanche effect): Μια οσοδήποτε μικρή αλλαγή στην είσοδο της hash function επιφέρει τεράστια αλλά και απρόβλεπτη αλλαγή στην έξοδο της (δηλαδή το hash). Αυτή η ιδιότητα προσφέρει προστασία σε περίπτωση που υπάρχει προσπάθεια brute force για την εύρεση των στοιχείων της συναλλαγής, και γ) ντετερμινισμός: Η ίδια είσοδος στη συνάρτηση θα πρέπει να οδηγεί πάντα στην ίδια έξοδο (ίδιο hash).

Συνακόλουθα, με τη χρήση συνάρτησης κατατεμαχισμού, στην περίπτωση του blockchain, τα εκάστοτε block της αλυσίδας blockchain και οι εγγραφές δεδομένων που αυτά περιέχουν (transactions), κρυπτογραφούνται, αποκτώντας έτσι μία μοναδική τιμή κατατεμαχισμού (hash value). Η μοναδική αυτή τιμή κατατεμαχισμού αποτελεί την οιονεί ταυτότητα του block στο οποίο αντιστοιχίζεται. Κατά την προσθήκη ενός block στην ήδη υφιστάμενη αλυσίδα blockchain, η μοναδική τιμή κατατεμαχισμού του υπό ένταξη block συνδυάζεται με τη μοναδική τιμή κατατεμαχισμού των προηγούμενων block της αλυσίδας με τη χρήση της συνάρτησης κατατεμαχισμού. Έτσι, δημιουργείται μία νέα μοναδική τιμή κατατεμαχισμού, η οποία αποτελεί οιονεί ταυτότητα όλων των συγχωνευμένων σε αυτή block της αλυσίδας. Με άλλα λόγια, στο σώμα των λιγοστών ψηφίων που απαρτίζουν τη νέα τιμή κατατεμαχισμού συμπυκνώνεται όλο το ιστορικό των εγγραφών που έχουν καταχωρηθεί στην αλυσίδα blockchain από την αρχή της δημιουργίας της. Η ιδιότητα δε της συνάρτησης κατατεμαχισμού να αποδίδει ριζικά διαφορετικές τιμές κατατεμαχισμού σε περίπτωση αλλοίωσης των εισαγόμενων σε αυτή δεδομένων είναι αυτή που

χαρίζει στην τεχνολογία blockchain τη δυνατότητα να διατηρεί αναλλοίωτο το περιεχόμενο των εγγραφών που καταχωρούνται στο μητρώο της⁶⁸.

Τέλος, όπως έχει ήδη αναφερθεί στην προηγούμενη ενότητα, η τεχνολογία blockchain χρησιμοποιεί την μέθοδο της ασύμμετρης κρυπτογράφησης⁶⁹ (ή κρυπτογράφησης δημόσιου κλειδιού) για την κωδικοποίηση σε μη αναγνώσιμη γλώσσα των ανταλλασσόμενων δεδομένων⁷⁰. Η διαδικασία ηλεκτρονικής υπογραφής της συναλλαγής που προαναφέρθηκε πραγματοποιείται με την βοήθεια των δημόσιων και των ιδιωτικών κλειδιών. Βασίζεται στην ίδια ιδέα με τις Trapdoor One Way Functions (TOWF) των συναρτήσεων κατακερματισμού, δηλαδή ότι ο υπολογισμός προς μια κατεύθυνση θα πρέπει να είναι υπολογιστικά εύκολος, ενώ ο υπολογισμός προς την αντίθετη κατεύθυνση να είναι υπολογιστικά και πρακτικά ανέφικτος. Κάθε κόμβος στο δίκτυο του blockchain έχει ένα ζεύγος από ηλεκτρονικά κλειδιά, ένα δημόσιο (public) και ένα ιδιωτικό (private). Ο σκοπός των δύο αυτών κλειδιών είναι να μπορεί να αποδειχθεί ότι μια συναλλαγή όντως έχει υπογραφεί από τους κόμβους που την πραγματοποιούν, μέσα στο δίκτυο του blockchain. Το ιδιωτικό κλειδί είναι αυτό που ουσιαστικά καθορίζει τον κάτοχο των «κεφαλαίων», και του παρέχει το δικαίωμα να χρησιμοποιήσει τα κεφάλαια αυτά. Εννοείται ότι στην γενική περίπτωση τα κεφάλαια αυτά δεν είναι απαραίτητα χρήματα ή κρυπτονομίσματα, αλλά μπορεί να είναι για παράδειγμα ψηφιακά δικαιώματα ή οτιδήποτε άλλο έχει αξία και μπορεί να αποδειχθεί ηλεκτρονικά. Το ιδιωτικό κλειδί, λοιπόν, θα πρέπει να είναι γνωστό μόνο στον κάτοχο των κεφαλαίων αυτών. Μαζί με το ιδιωτικό κλειδί, ο κάθε κόμβος έχει και ένα δημόσιο κλειδί, το οποίο σχετίζεται με το ιδιωτικό

⁶⁸ Ed Felten, 'Blockchain: What is it good for?' (2018). Διαθέσιμο σε: <https://freedom-to-tinker.com/2018/02/26/bloc> (Πρόσβαση: Ιούνιος 2022).

⁶⁹ Pilkington, M. (2015) Blockchain Technology: Principles and Applications. SSRN Scholarly Paper ID 2662660. Rochester, NY: Social Science Research Network. Διαθέσιμο σε: <https://papers.ssrn.com/abstract=2662660> (Πρόσβαση: Ιούνιος 2022).

⁷⁰ Η εν λόγω μέθοδος δεν είναι νέα: η επινοήση της χρονολογείται πίσω στο 1976, οπότε και δημοσιοποιήθηκε προς το ευρύ κοινό από τους κρυπτογράφους Whitfield Diffie, Martin Hellman και Ralph Merkle, ως απάντηση στα αδιέξοδα προβλήματα που εμφάνιζε η συμμετρική κρυπτογράφηση.

κλειδί μέσω μιας κρυπτογραφικής συνάρτησης. Το βασικό κομμάτι της εξίσωσης αυτής είναι ότι το δημόσιο κλειδί προκύπτει εύκολα από το ιδιωτικό, ενώ το αντίστροφο είναι πρακτικά αδύνατο.

Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου κρυπτογράφησης είναι προφανή: δεδομένου ότι για την κρυπτογράφηση και την αποκρυπτογράφηση του μηνύματος χρησιμοποιούνται διαφορετικά κλειδιά, η πιθανότητα να παραβιαστούν αμφότερα περιορίζεται σημαντικά. Επιπρόσθετα, λύνεται το πρόβλημα που συναντάται στην συμμετρική κρυπτογράφηση σχετικά με την ανάγκη αποστολής του κοινού συμμετρικού κλειδιού μέσω του δικτύου αφού πλέον κάθε χρήστης αποκρυπτογραφεί τα μηνύματα που λαμβάνει με το δικό του μοναδικό ιδιωτικό κλειδί.

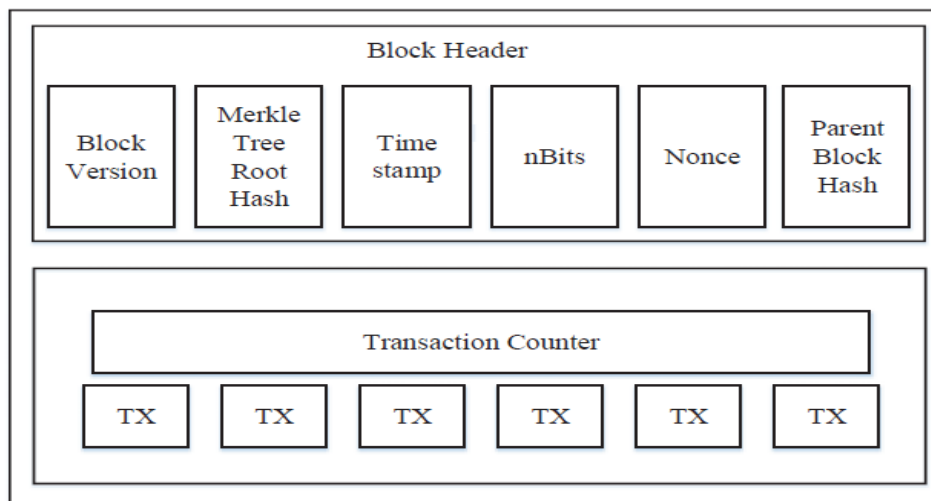
Συνακόλουθα, το block αποτελείται από δύο βασικά τμήματα: την επικεφαλίδα (header) και τα δεδομένα των συναλλαγών (transactions). Όπως απεικονίζεται σχηματικά παρακάτω, η επικεφαλίδα (header) περιέχει α) Την έκδοση του συγκεκριμένου block (υποδεικνύει το σύνολο των κανόνων επικύρωσης που θα πρέπει να ακολουθηθούν), β) την τιμή κατακερματισμού hush value του Merkle Tree των συναλλαγών, γ) την χρονική στιγμή της δημιουργίας του block αυτού (Time-stamp)⁷¹, δ) nBits: κατώφλι στόχου ενός έγκυρου μπλοκ hash, ε) έναν τυχαίο αριθμό nonce value⁷², στ) το κρυπτογραφημένο κατακερματισμό του προηγούμενου block το οποίο συνδέει δύο blocks και σχηματίζει μέρος της αλυσίδας (Parent block hush), και το Clients Version of Software. Η ακολουθία της σύνδεσης των block με το προηγούμενο block δημιουργεί το Blockchain που οδηγεί στο αρχικό block.

Το σώμα του block αποτελείται από ένα μετρητή συναλλαγών (transaction counter) και από συναλλαγές (transactions). Ο μέγιστος αριθμός συναλλαγών που μπορεί να περιέχει ένα block εξαρτάται από το μέγεθος του block και το μέγεθος

⁷¹ Χρονική σήμανση: τρέχουσα ώρα ως δευτερόλεπτα σε καθολική ώρα από 1η Ιανουαρίου 1970.

⁷² Nonce: πεδίο τεσσάρων byte το οποίο συνήθως ξεκινά από το «0» και αυξάνεται για κάθε υπολογισμό hash.

κάθε συναλλαγής. Σχηματικά η δομή ενός block θα μπορούσε να αποδοθεί ως εξής:



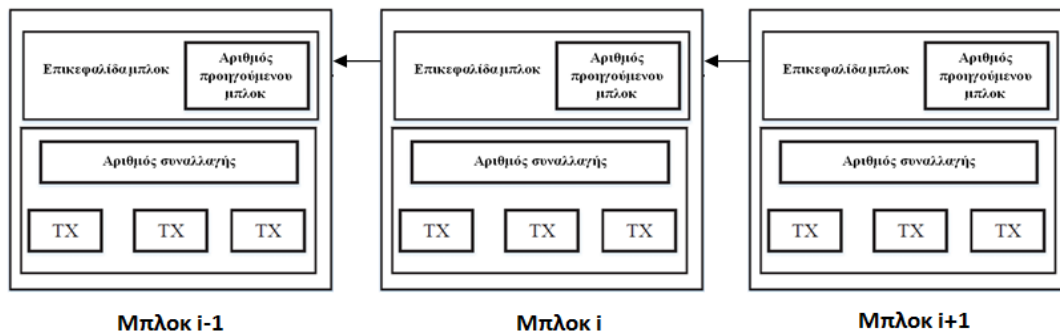
Εικόνα 2. Δομή μπλοκ στην αλυσίδα blockchain.

Πηγή: Zheng et al, 2017

Η σημαντικότερη, όμως, πλευρά και, συνακόλουθα, η ιδιαιτερότητα του Blockchain, έγκειται στον τρόπο επιβεβαίωσης (validation) των συναλλαγών που λαμβάνουν χώρα μέσω αυτού. Συγκεκριμένα, το έργο της διοχέτευσης στο δίκτυο κάθε νέας εγγραφής και της ενσωμάτωσής της σε block αναλαμβάνουν οι χρήστες του δικτύου που ονομάζονται «εξορύκτες» (miners). Προτού αυτοί ενσωματώσουν μια εγγραφή (transaction) στο block, προβαίνουν σε μια πρώτη επαλήθευσή της, δηλαδή ελέγχουν ότι η εγγραφή είναι νόμιμη και ότι έχει όλα τα απαιτούμενα στοιχεία για την ένταξή της στο block. Για τον σχηματισμό κάθε block οι χρήστες αυτοί του δικτύου (miners) λαμβάνουν αμοιβή (ώστε να διαθέτουν κίνητρο), πλην όμως αυτό μπορεί να οδηγήσει σε εσωτερικές συγκρούσεις.

Όταν ένα block αποθηκεύσει το απαιτούμενο μέγεθος δεδομένων, αυτό προστίθεται αυτομάτως στην αλυσίδα των block και συνδέεται αναπόσπαστα με τα προηγούμενα. Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία και αυθεντικοποίηση της πληροφορίας, θα εξεταστούν στη συνέχεια εκτενώς, δεδομένου ότι αφορούν στο πλαίσιο της επικεφαλίδας του block. Η ουσία είναι

ότι τη στιγμή κατά την οποία η ύπαρξη τους κατοχυρώθηκε με την εισαγωγή τους στο block, είναι εξαιρετικά δύσκολο έως αδύνατο να αλλάξουν, να διαγραφούν ή έστω να αμφισβητηθούν με κάποιο τρόπο.



Εικόνα 3. Αλυσίδα μπλοκ, στη τεχνολογία blockchain

Πηγή: Zheng et al, 2017

Όπως προαναφέρθηκε, για να ολοκληρωθεί μια συναλλαγή και να ενταχθεί σε block είναι απαραίτητο, αφενός, να την επικυρώσουν οι κόμβοι του δικτύου⁷³ και, αφετέρου, να ακολουθηθεί μια διαδικασία ώστε το κάθε block που έχει σχηματισθεί να ενταχθεί με συγκεκριμένη σειρά προτεραιότητας στην αλυσίδα blockchain. Με άλλα λόγια, πρέπει να ακολουθηθεί ένας συγκεκριμένος, γνωστός εκ των προτέρων και κοινά αποδεκτός τρόπος, ώστε να επιτευχθεί η «συναίνεση» των χρηστών (miners) σχετικά με το ότι το νέο block που εντάσσεται από κάποιον χρήστη στην αλυσίδα είναι πράγματι ο μοναδικός νεώτερος κρίκος της, επί του οποίου θα ετοιμαστεί προς ένταξη ο επόμενος κ.ο.κ. δεδομένου ότι και οι άλλοι miners σπεύδουν να εντάξουν το δικό του block. Η διαδικασία αυτή επικύρωσης του block αλλά και παροχής της δυνατότητας σύνδεσής του με την αλυσίδα προβλέπεται αυστηρά στο «πρωτόκολλο συναίνεσης» και γίνεται με τους ονομαζόμενους αλγορίθμους συναίνεσης (consensus algorithms), οι οποίοι συνήθως είναι οι Proof of Work (PoW) και Proof of Stake (PoS), χωρίς βέβαια αυτοί να είναι και οι μοναδικοί.

⁷³ Chawla, Vishal. (2020) What Are The Top Blockchain Consensus Algorithms? [Online]. Διαθέσιμο σε: <https://analyticsindiamag.com/blockchain-consensus-algorithms/> (Πρόσβαση: Ιούνιος 2022).

Το Proof of Work είναι ίσως η πιο ευρέως διαδεδομένη μέθοδος συναίνεσης σε δίκτυα blockchain και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο δίκτυο του Bitcoin. Σύμφωνα με αυτό, οι κόμβοι του δικτύου καλούνται να λύσουν ένα ολοένα και δυσκολότερο μαθηματικό πρόβλημα για να αποδείξουν ότι ανήκουν στο δίκτυο και να αποτρέψουν οποιαδήποτε κακόβουλα στοιχεία από την αλλοίωση των συναλλαγών σε αυτό. Το δίκτυο του blockchain, λοιπόν, καλεί τους κόμβους να δοκιμάζουν και να βρίσκουν συνεχώς hashes τα οποία ξεκινούν με ολοένα και μεγαλύτερο αριθμό από μηδενικά. Κάθε φορά που βρίσκεται ένα τέτοιο hash, το block εκείνο προστίθεται στην αλυσίδα του blockchain και οι miners που δούλεψαν για να το βρουν ανταμείβονται για την δουλειά τους. Αυτή η διαδικασία είναι ευρέως γνωστή ως mining και οι κόμβοι που την πραγματοποιούν miners. Η διαδικασία απαιτεί εξαιρετικά μεγάλο αριθμό προσπαθειών στον αλγόριθμο που παράγει το hash, και ως εκ τούτου απαιτεί μεγάλη υπολογιστική δύναμη, η οποία συνήθως παρέχεται από κάρτες γραφικών (GPUs). Οι miners δοκιμάζουν κάποια συγκεκριμένα data strings αλλάζοντας κάθε φορά έναν ακέραιο αριθμό nonce (number only used once). Επειδή το δίκτυο απαιτεί ολοένα και περισσότερα μηδενικά στο παραγόμενο hash, η διαδικασία εξόρυξης γίνεται ολοένα και πιο δύσκολη. Για τον λόγο αυτό, τις περισσότερες φορές υπάρχει συνεργασία μεταξύ των κόμβων για γρηγορότερη εξόρυξη. Επιπροσθέτως, επειδή στην αλυσίδα κάθε block περιέχεται το hash του προηγούμενου block, η οποιαδήποτε αλλαγή στο block θα απαιτούσε τον επαναυπολογισμό όλων των hash της αλυσίδας. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται το αδιάβλητο του blockchain. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Proof of Work απαιτεί τεράστια ποσά ενέργειας, μιας και οι κάρτες γραφικών δουλεύουν ασταμάτητα για πολλές ημέρες μέχρι να βρεθεί το hash⁷⁴. Για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα του Proof of Work που σχετίζονται κυρίως με τις ενεργειακές

⁷⁴ Σύμφωνα με στοιχεία από Sedlmeir, Buhl, Fridgen και Keller (2020), υπολογίζεται ότι η εξόρυξη για το Bitcoin ξεπερνά τις 125 TWh τον χρόνο, ξεπερνώντας έτσι τις ενεργειακές ανάγκες ολόκληρων χωρών όπως η Αργεντινή. Υπολογίζεται, επίσης, ότι ένα νέο hash παράγεται κάθε περίπου 10 λεπτά στο δίκτυο του Bitcoin.

ανάγκες που απαιτούνται για την λειτουργία του⁷⁵, αναπτύχθηκε μια άλλη μέθοδος συναίνεσης, το Proof of Stake.

Με την διαδικασία του Proof of Stake οι συναλλαγές στο δίκτυο επικυρώνονται μέσω ενός κόμβου ο οποίος επιλέγεται εν μέρει βάσει τυχειότητας και εν μέρει βάσει του πόσα κρυπτονομίσματα (ή στην γενική περίπτωση «κεφάλαια») έχει και για πόσο καιρό τα έχει. Με την μέθοδο αυτή, δεν απαιτείται η εξόρυξη block και συνεπώς μειώνεται αρκετά η ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία του δικτύου και την ολοκλήρωση των συναλλαγών. Με αυτή τη μέθοδο συναίνεσης, η δύναμη εξόρυξης (mining power) που κατέχει ένας κόμβος είναι ανάλογη του ποσοστού των κρυπτονομισμάτων που κατέχει στο δίκτυο αυτό. Συνεπώς υπάρχει κίνητρο για τους κόμβους να αγοράσουν περισσότερα κρυπτονομίσματα ώστε να μπορούν να επικυρώσουν περισσότερες συναλλαγές και να ανταμειφθούν. Επίσης, ένας κόμβος που κατέχει x% των κρυπτονομισμάτων στο δίκτυο έχει την δυνατότητα να επικυρώσει-«εξορύξει» το ίδιο x% των συναλλαγών-block στο δίκτυο⁷⁶. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποιες αδυναμίες στον σχεδιασμό του Proof of Stake, η κυριότερη των οποίων είναι η τάση κόμβων να συγκεντρώνουν κρυπτονομίσματα και να μην τα χρησιμοποιούν (crypto hoarding).

Με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται σταδιακά ένα δημόσιο ψηφιακό online καθολικό μητρώο που απεικονίζει το ιστορικό των συναλλαγών (ή όποιας άλλης ενδιαφέρουσας νομικά κατάστασης) όσων συμμετέχουν στην συγκεκριμένη (δημόσια ή ιδιωτική) πλατφόρμα. Επομένως, το δημόσιο αυτό καθολικό επιλύει το πρόβλημα της εμπιστοσύνης που ταλανίζει κάθε συναλλαγή, όταν διενεργείται μεταξύ αγνώστων. Με την ολοκλήρωση της εγγραφής, επιτυγχάνεται ο διαμοιρασμός του αντικειμένου της στους επιμέρους κόμβους (οι οποίοι αναλαμβάνουν να τηρούν και να φυλάσσουν μέρος ή ολόκληρη την αλυσίδα των

⁷⁵ Gupta, S. and Sadoghi, M. (2021) Blockchain Transaction Processing. Διαθέσιμο σε: https://www.researchgate.net/publication/353479319_Blockchain_Transaction_Processing

⁷⁶ Κρυπτονομίσματα που χρησιμοποιούν Proof of Stake είναι το Peercoin και το Nxt, ενώ το Ethereum είναι στη διαδικασία μετάβασης από Proof of Work σε Proof of Stake.

block) και, παράλληλα, μια οιονεί κοινότητα και δημοσιότητα των δεδομένων της.

Συμπερασματικά, οι βάσεις δεδομένων που βασίζονται στην τεχνολογία blockchain υπερβαίνουν τα χαρακτηριστικά των «παραδοσιακών» βάσεων δεδομένων. Η κυριότερη διαφορά εντοπίζεται στον αποκεντρωμένο χαρακτήρα που παρουσιάζουν οι βάσεις δεδομένων του blockchain, καθώς και στο αναλλοίωτο του περιεχομένου των εγγραφών που τηρούνται σε αυτές. Ο συνδυασμός των χαρακτηριστικών αυτών διαμορφώνει μία τεχνολογία η οποία διαφέρει ριζικά από τις συμβατικές βάσεις δεδομένων και σε κάθε περίπτωση διαμορφώνει ένα εξαιρετικά καινοτόμο πεδίο εφαρμογών το οποίο εξελίσσεται συνεχώς⁷⁷. Όμως, κύρια συνέπεια των χαρακτηριστικών αυτών αποτελεί η έλλειψη του κατά νόμο υπεύθυνου του συγκεκριμένου μητρώου. Το κατά πόσο, αυτό το νεοσύστατο πλέγμα σχέσεων χωρά στα καλούπια του ισχύοντος ιδιωτικού δικαίου μένει να εξεταστεί -στο μέτρο του δυνατού- στα επόμενα κεφάλαια.

V. Τύποι των δικτύων του Blockchain

Η ταξινόμηση των δικτύων blockchains δεν είναι οριστικοποιημένη και οι ερευνητές χρησιμοποιούν τη δική τους προσέγγιση, θέτοντας διαφορετικά κριτήρια ο καθένας ως προς την επιχειρούμενη ομαδοποίηση, ενώ η εξέλιξη των εφαρμογών που χρησιμοποιούν τα συγκεκριμένα δίκτυα, ήδη αριθμούν μερικές χιλιάδες. Με σκοπό την θεωρητική προσέγγιση του εν λόγω θέματος, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας που αφορά κυρίως την κατανόηση (από τους μη ειδικούς) της λειτουργίας των εν λόγω δικτύων, ώστε να γίνει έπειτα η επεξεργασία των νομικών ζητημάτων που ανακύπτουν, και με οδηγό κυρίως την εκτεταμένη ταξινόμηση που έχει παρουσιαστεί αρχικά στην εργασία των Tasca και Tessone⁷⁸, αλλά και σε άλλες εργασίες που ακολούθησαν, μπορούμε να συνοψίσουμε τους εξής τρεις βασικούς τρόπους διάκρισης τους: βάσει ιδιοκτησίας του δικτύου, βάσει

⁷⁷ Βλ. Π. Σανταμούρη, ό.π.

⁷⁸ Tasca, Paolo and Tessone, Claudio, Taxonomy of Blockchain Technologies. Principles of Identification and Classification (March 31, 2018). Διαθέσιμο σε https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2977811

δικαιωμάτων των χρηστών και βάσει των χρησιμοποιούμενων μηχανισμών συναίνεσης.

Στα δημόσια blockchain (public blockchain), τα οποία είναι αποκεντρωμένες πλατφόρμες ανοικτού λογισμικού, στις οποίες μπορεί να έχει πρόσβαση οποιοσδήποτε, συμμετέχοντας απλώς ή και εκτελώντας συναλλαγές⁷⁹. Τούτο σημαίνει ότι οποιοσδήποτε κόμβος του δικτύου μπορεί να εξερευνήσει το blockchain ως απλός χρήστης, να έχει πρόσβαση στις ήδη συντελεσμένες συναλλαγές, ή να λάβει μέρος σε πιο σύνθετες λειτουργίες όπως είναι η συμμετοχή στην επαλήθευση και επικύρωση των συναλλαγών αυτών⁸⁰. Η χρήση τους επιτυγχάνει σχεδόν το σύνολο των προτερημάτων που έχουν αναφερθεί και κυρίως τη διαφάνεια και τον έλεγχο της πληροφορίας με κόστος την απόδοση και χωρητικότητα του δικτύου και την ανάγκη για εκτεταμένη χρήση κρυπτογράφησης και κατακερματισμού με συνέπεια συνήθως την υπερβολική χρήση πόρων, και δει, ενέργειας⁸¹. Οι διαμετακομιστές (servers) είναι δημόσιοι και ανοιχτοί και οποιοσδήποτε μπορεί να συμμετέχει ανώνυμα και να προσπελαύνει τη βάση δεδομένων με αποτέλεσμα, ωστόσο, την έλλειψη ιδιωτικότητας και άρα ασφάλειας δεδομένων⁸². Η ελεύθερη πρόσβαση στο σύνολο της βάσης δεδομένων δεν είναι άνευ αρνητικών σημείων καθώς είναι ενδεχόμενο ευαίσθητα δεδομένα να μπορέσουν να αποκωδικοποιηθούν, αναγνωσθούν και χρησιμοποιηθούν από κακόβουλους χρήστες. Με άλλα λόγια, η δυνατότητα δημόσιου ελέγχου των συγκεκριμένων δικτύων ενισχύει τη διαφάνεια αλλά ελαχιστοποιεί το απόρρητο.

⁷⁹ Ο κώδικας ανανεώνεται αποκλειστικά από την κοινότητα του κάθε Blockchain δικτύου στην οποία συμμετέχουν εθελοντικά προγραμματιστές.

⁸⁰ Shkoor, M.A. (2019) 'Everything You Need to Know About Public, Private, and Consortium Blockchain', The Startup. Διαθέσιμο σε: <https://medium.com/swlh/everything-you-need-to-know-about-public-private-and-consortium-blockchain-54821c159c7a> (Πρόσβαση: Ιούνιος 2022).

⁸¹ Να σημειωθεί ότι αποτελεί το πλέον διαδεδομένο είδος με τους περισσότερους χρήστες και το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς, σε επίπεδο κρυπτονομισμάτων με πάνω από 70 δισεκατομμύρια USD (\$), είναι το πρότυπο με το οποίο παρουσιάστηκε στον ψηφιακό κόσμο και η πρώτη αλυσίδα, εκείνη του bitcoin.

⁸² Παραδείγματα δημόσιων Blockchains αποτελούν το Bitcoin και το Ethereum τα οποία είναι από τα μεγαλύτερα σε αριθμό συμμετεχόντων καταναμημένα δίκτυα.

Επίσης, στα δημόσια δίκτυα blockchain, βασικό χαρακτηριστικό της συμμετοχής των κόμβων στη διαδικασία συνάθροισης των συναλλαγών σε block, ήτοι στον μηχανισμό συναίνεσης, είναι η παροχή κινήτρου που συνήθως είναι το οικονομικό όφελος, είτε μέσω πίστωσης, στη διεύθυνση τους, ενός αριθμού κρυπτονομισμάτων είτε μέσω είσπραξης τελών επί των συναλλαγών που εγκρίθηκαν, δεδομένου του περιορισμένου μεγέθους των blocks το οποίο υπερκαλύπτεται από τις συναλλαγές που περιμένουν έγκριση.

Στα ιδιωτικά δίκτυα blockchain, από την άλλη πλευρά, όλοι οι συμμετέχοντες είναι γνωστοί και αξιόπιστοι εκ των προτέρων, ενώ λειτουργεί σε κλειστό δίκτυο, όπως σε ένα intranet ή VPN δίκτυο (Virtual Private Network), δηλ. σε περιοριστικό (ελεγχόμενο) περιβάλλον. Αφενός, τα δικαιώματα για εγγραφή ελέγχονται κεντρικά από έναν οργανισμό και αφετέρου, τα δικαιώματα για ανάγνωση μπορεί να είναι δημόσια ή και να περιορίζονται σε ένα ορισμένο βεληνεκές. Επομένως, σε αυτόν τον τύπο blockchain μόνο μερικοί κόμβοι (nodes) δύνανται να είναι μέρος της διαδικασίας συναίνεσης, και μόνο ένα υποσύνολο αυτών των κόμβων μπορεί να δημιουργήσει το επόμενο block. Τα ιδιωτικά Blockchain συνήθως έχουν έναν διαχειριστή δικτύου (operator) που μπορεί να ορίζει τα δικαιώματα χρήστη και παραμέτρους του δικτύου, όπως προσβασιμότητα, εξουσιοδότηση και λοιπά στοιχεία⁸³.

Με άλλα λόγια, τα private blockchains δεν είναι τίποτα περισσότερο από κλειστές ασφαλείς βάσεις δεδομένων που εδράζουν την ασφάλεια αυτή σε μεθόδους κρυπτογραφίας. Επιπλέον, ο διαχειριστής μπορεί να δικαιούται, κατά περίπτωση, να επεμβαίνει στα δεδομένα, ακόμα και αν αυτά έχουν ήδη εγγραφεί, γεγονός που καθιστά τη δομή αυτή ευκολότερη στη διαχείριση μεν, αδιαφανή δε, και οδηγεί, επί της ουσίας, στην απεμπόληση των «επαναστατικών» ιδεών πίσω από την τεχνολογία των blockchains⁸⁴. Έχουν επίσης χαμηλό κόστος λειτουργίας,

⁸³ Παράδειγμα: χρήση του συγκεκριμένου δικτύου blockchain για εκτέλεση παραγγελιών (εσωτερικά) σε μια εταιρεία ή ένα οργανισμό όπως λ.χ. μια Τράπεζα.

⁸⁴ Shkoor, M.A. (2019) 'Everything You Need to Know About Public, Private, and Consortium Blockchain', The Startup. Διαθέσιμο σε: <https://medium.com/swlh/everything-you-need-to-know-about-public-private-and-consortium-blockchain-54821c159c7a> (Πρόσβαση: Ιούνιος 2022).

απεριόριστη χωρητικότητα και μπορούν να κατασκευαστούν σε πολύ γρήγορο χρονικό διάστημα. Εντούτοις τα περισσότερα ιδιωτικά Blockchain δεν χρησιμοποιούν κρυπτονόμισμα (συνδεδεμένο με τη λειτουργία τους) και δεν έχουν την ίδια ασφάλεια που παρέχει ένα αποκεντρωμένο Blockchain δίκτυο⁸⁵. Το είδος του δικτύου blockchain πρόκειται, κατά την άποψή μας, να αποτελέσει σημαντικό κριτήριο ως προς την ενδεχόμενη νομοθετική ρύθμισή τους και ένταξή τους στο σύστημα του ιδιωτικού δικαίου, καθώς τα πιο πάνω χαρακτηριστικά διαφοροποιούν πλήρως τα ως άνω δίκτυα.

Τέλος, στα consortium blockchain (ημι-ιδιωτικό) το δίκτυο απαρτίζεται από μία αυστηρά ελεγχόμενη ομάδα χρηστών η οποία και έχει πρόσβαση στα δεδομένα κι έτσι η διαδικασία συναίνεσης ελέγχεται από ένα προεπιλεγμένο σύνολο των κόμβων. Το δικαίωμα ανάγνωσης του blockchain μπορεί να είναι δημόσιο ή να περιορίζεται στους συμμετέχοντες. Η βασική διαφορά αυτού του τύπου από τον ιδιωτικό είναι ότι εν προκειμένω υφίσταται παράλληλα δημόσιος χαρακτήρας, έστω και εν μέρει, καθώς ένα μέρος του blockchain είναι διαθέσιμο στον καθένα και ένα μέρος είναι ιδιωτικό, καθότι ελέγχεται από την ομάδα χρηστών⁸⁶. Πρόκειται για ένα υβριδικό μοντέλο⁸⁷, κατά το οποίο επιτρέπεται η πρόσβαση και σε άλλους χρήστες, κατόπιν ορισμένων ακολουθούμενων

⁸⁵ Παραδείγματα private blockchains αποτελούν οι περιπτώσεις Hyperledger Fabric, του Corda και του Quorum, κ.α. Η Hyperledger Fabric αποτελεί την πιο διαδεδομένη εκ των 5 δομών καταμεμημένου καθολικού που δημιούργησε το ίδρυμα Linux τον Δεκέμβριο του 2015. Στο πρόγραμμα αυτό συμμετέχουν διάφορες εταιρίες και χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, όπως η IBM, η Intel, η J.P. Morgan, η Accenture, η Deutsche Bank και η American Express.

⁸⁶ Bashir, I. (2018) Mastering Blockchain: Distributed ledger technology, decentralization, and smart contracts explained. 2η. Packt Publishing LTD., σελ. 32.

⁸⁷ Αξίζει να σημειωθεί ότι ο διαχωρισμός μεταξύ των private και των consortium blockchains δεν είναι εύκολος με τις διαφορές να είναι περισσότερο διαχειριστικές ως προς την υλοποίηση, παρά τεχνικές, χωρίς ωστόσο να αποκλείεται και ουσιαστική απόκλιση σε ακραίες περιπτώσεις μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών.

διαδικασιών⁸⁸. Και σε αυτήν την περίπτωση πρόκειται για Blockchain «μερικώς αποκεντρωμένο»⁸⁹.

Περαιτέρω διάκριση ως προς το είδος των δικτύων blockchain μπορεί να γίνει βάσει της ύπαρξης ή μη ελέγχου πρόσβασης, σε δύο κατηγορίες: permissioned (με άδεια) και permissionless (χωρίς άδεια). Η διαφορά τους σχετίζεται όχι μόνο με την ικανότητα των κόμβων (nodes) να διαβάζουν, να γράφουν και να υποβάλλουν συναλλαγές, αλλά και με τον βαθμό στον οποίο οι κόμβοι μπορούν να συμμετέχουν στη διαδικασία συναίνεσης. Τα permissionless blockchains δεν έχουν περιορισμό στην εγγραφή των χρηστών και στην ανωνυμία ταυτότητας. Εξ αυτού του λόγου απαιτείται η επιβολή ισχυρού μηχανισμού συναίνεσης. Αντίθετα, ο έλεγχος πρόσβασης σε permissioned blockchains διέπεται από έναν μόνο κόμβο (private chain) ή μια ομάδα κόμβων (consortium chain). Η κεντρική αυτή αρχή γνωρίζει τους συμμετέχοντες και δίνει το δικαίωμα συμμετοχής και επικύρωσης των συναλλαγών σε έμπιστα προς αυτούς άτομα. Αυτό το χαρακτηριστικό διευκολύνει την αύξηση του όγκου των συναλλαγών που πραγματοποιούνται ημερησίως και ταυτόχρονα τα εξουσιοδοτημένα δίκτυα μπορούν να είναι πολύ γρήγορα με μεγαλύτερη αποθηκευτική χωρητικότητα. Επίσης ο βασικός κώδικας του κάθε εξουσιοδοτημένου Blockchain μπορεί να εκδίδεται ανοιχτά προς όλους για να τον επιθεωρήσουν ή και όχι.

Τέλος, διάκριση των δικτύων μπορεί να γίνει και βάσει των μηχανισμών σε δίκτυα που χρησιμοποιούν α) Πρωτόκολλα εκλογής βάσει εργασίας (PoW), β) Πρωτόκολλα εκλογής βάσει ιδιότητας (PoX)⁹⁰, και γ) Υβριδικά πρωτόκολλα.

⁸⁸ Παράδειγμα: κοινοπραξία 10 τραπεζών που για την κατοχύρωση απόφασης απαιτείται η συγκατάθεση τουλάχιστον των 8 από τις 10 που συμμετέχουν.

⁸⁹ Shkoor, M.A. (2019) 'Everything You Need to Know About Public, Private, and Consortium Blockchain', σε The Startup. Διαθέσιμο σε: <https://medium.com/swlh/everything-you-need-to-know-about-public-private-and-consortium-blockchain-54821c159c7a> (Πρόσβαση: Ιούνιος 2022).

⁹⁰ Το υψηλότερο κόστος και οι αδυναμίες των μηχανισμών Proof of Work, οδήγησαν στην ανάπτυξη μίας νέας κατηγορίας μηχανισμών επίτευξης συναίνεσης που αντικαθιστά την εργασία με κάποια άλλη ιδιότητα X (εξ' ου και το όνομα της). Η κατηγορία περιλαμβάνει πληθώρα διαφορετικών ιδιοτήτων που χρησιμοποιούνται ως κομβικές και είθισται να αφαιρούν πλήρως την απαίτηση υπολογιστικής εργασίας από την εξίσωση.

VI. Αλληλεπίδραση με άλλες τεχνολογίες

Η τεχνολογία blockchain αποτελεί ένα επιπλέον επίπεδο (layer) στο διαδίκτυο, και, όπως είναι αναμενόμενο, συνυπάρχει και αλληλεπιδρά, και μάλιστα έντονα, και με τις λοιπές τεχνολογίες αιχμής. Αυτό είναι εύλογο, δεδομένου ότι το blockchain παρέχει εξαιρετικά γόνιμο έδαφος, για την ανάπτυξη ιδίως του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things), της Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence), αλλά και του Υπολογιστικού Νέφους (Cloud Computing). Το blockchain λειτουργεί επί της ουσίας κατά τρόπο που καθιστά δυνατή την κάλυψη των αναγκών για ασφάλεια αλλά και των αυξημένων υπολογιστικών απαιτήσεων που δημιουργούν οι τεχνολογίες αυτές, με αποτέλεσμα μέσω της εν λόγω αλληλεπίδρασης να αναπτύσσονται και να εξελίσσονται, δημιουργώντας ολοένα και περισσότερα πεδία εφαρμογής για το blockchain, ωθώντας το να εξελιχθεί και αυτό με τη σειρά του ακόμη περισσότερο.

1. Τεχνολογία blockchain και Internet of Things

Σύμφωνα με το IEEE, τον μεγαλύτερο τεχνικό επαγγελματικό οργανισμό στον κόσμο για την πρόοδο της τεχνολογίας, το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι η διασύνδεση των ηλεκτρικών συσκευών, των οχημάτων, κ.α. (οι οποίες αναφέρονται επίσης ως «συνδεδεμένες συσκευές» και «έξυπνες συσκευές»), κτιρίων και άλλα στοιχεία, ενσωματωμένων με ηλεκτρονικά είδη, λογισμικό, αισθητήρες, ενεργοποιητές και δίκτυο-συνδεσιμότητα που επιτρέπει σε αυτά τα αντικείμενα να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Τα αντικείμενα αυτά έχουν την δυνατότητα επικοινωνίας με συσκευές και υπηρεσίες μέσω Διαδικτύου για την επίτευξη στόχων (αλληλο-σύνδεση και ανταλλαγή δεδομένων)⁹¹. Με άλλα

⁹¹ Ορισμός του Διαδικτύου των Πραγμάτων δίδεται πλέον και στο άρθρο 31 περ. 5 του Ν 4961/2022 και είναι ο εξής: «Διαδίκτυο των Πραγμάτων (ΔτΠ – Internet of Things – IoT)»: κάθε τεχνολογία η οποία: α) επιτρέπει σε συσκευές ή ομάδα διασυνδεδεμένων ή σχετιζόμενων συσκευών, μέσω της σύνδεσής τους με το διαδίκτυο, να εκτελούν, βάσει προγράμματος, αυτόματη επεξεργασία ψηφιακών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της τεχνολογίας εκείνης που αφορά στη διασύνδεση φυσικών πραγμάτων, ιδίως συσκευών, οχημάτων και κτιρίων, με ηλεκτρονικά εξαρτήματα, λογισμικό, αισθητήρες (sensors), ελεγκτές ενεργοποίησης (actuators), ραδιοζεύξεις και σύνδεση δικτύου, και β) επιτρέπει τη συλλογή και ανταλλαγή

λόγια, η φιλοσοφία του IoT είναι η σύνδεση όλων των ηλεκτρονικών συσκευών μεταξύ τους (τοπικό δίκτυο) ή με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο (παγκόσμιο ιστό). Καθώς η τεχνολογία προχωράει, το IoT αναμένεται να εξελιχθεί σε ένα δίκτυο αυτόνομων συσκευών που (θα) μπορούν να αλληλο-επιδρούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους και να λαμβάνουν έξυπνες αποφάσεις χωρίς την ύπαρξη ανθρώπινης παρέμβασης⁹²⁹³. Σε αυτήν την εξέλιξη, η τεχνολογία Blockchain μπορεί να αναπτυχθεί και να αποτελέσει τη βάση που θα υποστηρίξει την επικοινωνία «μηχανή με μηχανή» (M2M - Machine - to - Machine).

Ήδη παρατηρείται αύξηση με γεωμετρική πρόοδο στις διασυνδεδεμένες συσκευές⁹⁴, η χρήση των οποίων πολλαπλασιάστηκε την τελευταία διετία και εξαιτίας της πανδημίας, με αποτέλεσμα ο όγκος των δεδομένων και των πληροφοριών ο οποίος συλλέγεται, ανταλλάσσεται και αποθηκεύεται να είναι πραγματικά ασύλληπτος⁹⁵. Καθώς όμως οι συσκευές IoT (οι οποίες είναι συνήθως συσκευές με άλλη χρήση) δεν είναι εξοπλισμένες με εκτεταμένο χώρο αποθήκευσης, τα δεδομένα που συλλέγονται πρέπει να αποθηκεύονται εκτός αυτών. Οι τυπικές λύσεις μέχρι στιγμής περιλαμβάνουν την αποθήκευση όλων αυτών των δεδομένων σε κεντρικούς διακομιστές cloud. Ωστόσο, η αναμενόμενη δριμυαία αύξηση του όγκου των δεδομένων αυτών αναμένεται να υπερκαλύψει τη

ψηφιακών δεδομένων, προκειμένου να προσφέρουν ποικίλες υπηρεσίες στους χρήστες, με ή χωρίς την ανθρώπινη συμμετοχή».

⁹² Βλ. Παναγοπούλου –Κουτνατζή Φ., Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things IoT: Αποικισμός της καθημερινής ζωής ή νέα τεχνολογική πρόκληση), ΔιΜΜΕ 2014, σελ. 346 επ. όπου και πολλά παραδείγματα IoT.

⁹³ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en>

⁹⁴ Διασυνδεδεμένες συσκευές μπορεί να είναι από ένα ρολόι (activity tracker), και συσκευές του σπιτιού («έξυπνες τηλεοράσεις», «έξυπνα κλιματιστικά», κ.α.) μέχρι (αυτόνομα) αυτοκίνητα, σπίτια και «έξυπνες» πόλεις.

⁹⁵ Για το 2020 ο αριθμός των διασυνδεδεμένων συσκευών υπολογίζεται ότι τριπλασιάστηκε σε σχέση με το 2016. Παρά το γεγονός ότι ο αριθμός τους δεν είναι εύκολο να προσεγγιστεί επακριβώς, εκτιμάται ότι το 2025 θα συνδέονται στο διαδίκτυο 152.000 συσκευές IoT το λεπτό. Το 2030 ο αριθμός των διασυνδεδεμένων συσκευών αναμένεται να φτάσει τα 125 δισεκατομμύρια. Για αναλυτικά στατιστικά στοιχεία αναφορικά με το IoT και τη χρήση του το 2022, αλλά και μελλοντικές προβλέψεις βλ. ενδεικτικά <https://findstack.com/internet-of-things-statistics/>

χωρητικότητα των κέντρων αποθήκευσης δεδομένων cloud και, επιπλέον, να καταστήσει περαιτέρω δυσχερή την απαιτούμενη ανάλυση των δεδομένων αυτών.

Περαιτέρω, αυτή η διασύνδεση μεγάλου αριθμού συσκευών IoT είναι γνωστό ότι προκαλεί πολλά ζητήματα απορρήτου και ασφάλειας. Αυτό το μοντέλο απαιτεί την αναγνώριση και τον έλεγχο ταυτότητας όλων των συσκευών και τη σύνδεση μέσω κεντρικών διακομιστών cloud, όπου συχνά πραγματοποιείται η απαιτούμενη επεξεργασία και αποθήκευση δεδομένων. Επιπλέον, ακόμη και αν αυτές οι συσκευές απέχουν λίγα μέτρα, επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του Διαδικτύου. Έτσι, αυτό το κεντρικό μοντέλο cloud δημιουργεί κατ' αποτέλεσμα (αφού τα δεδομένα αποθηκεύονται σε έναν κεντρικό διακομιστή) ένα και μοναδικό σημείο αποθήκευσης δεδομένων που μπορεί να διαταράξει ολόκληρο το δίκτυο και είναι ευάλωτο σε πολλές επιθέσεις, όπως επιθέσεις DDoS, hacking, κλοπή δεδομένων, κ.λπ. Οι περισσότερες συσκευές IoT στέλνουν δεδομένα στο cloud και, αντίστοιχα, μετά την απαιτούμενη επεξεργασία των δεδομένων μπορούν να σταλούν μηνύματα από το cloud στις εν λόγω συσκευές. Αυτή η πτυχή (της ύπαρξης δηλ. ενός κεντρικού διακομιστή) είναι ιδιαίτερα σημαντική όσον αφορά την ασφάλεια του IoT, τούτο δε διότι εάν μια συσκευή IoT που είναι συνδεδεμένη σε διακομιστή παραβιαστεί, ενδέχεται να επηρεαστούν όλες οι συσκευές που είναι συνδεδεμένες στον ίδιο διακομιστή.

Πολλοί συγγραφείς προτείνουν ότι η υιοθέτηση προσεγγίσεων Peer-to-Peer (P2P) θα μπορούσε να είναι η ενδεδειγμένη λύση για ένα αποκεντρωμένο και ιδιωτικό από το σχεδιασμό (by design) IoT που θα ξεπερνούσε πολλά από αυτά τα ζητήματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας που σχετίζονται με το κεντρικό μοντέλο cloud⁹⁶. Ένα τόσο δημοφιλές αποκεντρωμένο σύστημα P2P, όπως είδαμε αμέσως πιο πάνω, είναι το blockchain. Για την εκτέλεση των λειτουργιών των παραδοσιακών λύσεων IoT χωρίς κεντρικό έλεγχο, οποιαδήποτε αποκεντρωμένη προσέγγιση πρέπει να υποστηρίζει τρεις θεμελιώδεις λειτουργίες: 1) Peer-to-Peer

⁹⁶ Βλ. Ενδεικτικά D. Minoli, B. Occhiogrosso Blockchain mechanisms for IoT security Internet Things, 1–2 (2018), pp. 1-13, [10.1016/j.iot.2018.05.002](https://doi.org/10.1016/j.iot.2018.05.002)

(P2P) μηνύματα, 2) Κατανεμημένη κοινή χρήση αρχείων και 3) Αυτόνομος συντονισμός συσκευών⁹⁷.

Η αλληλο-επίδραση και ενοποίηση του blockchain με το IoT αναμένεται να έχει πολλά οφέλη, ειδικά όσον αφορά στην επίλυση πολλών ζητημάτων ασφάλειας, απορρήτου και αξιοπιστίας⁹⁸. Τούτο δε διότι το αποκεντρωμένο μοντέλο επικοινωνίας P2P του blockchain έχει τη δυνατότητα να επεξεργαστεί εκατοντάδες δισεκατομμύρια συναλλαγές μεταξύ συσκευών IoT (χωρίς την ανάγκη ύπαρξης κεντρικού διαμεσολαβητή), γεγονός που θα έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση του κόστους που σχετίζεται με την εγκατάσταση και τη συντήρηση κέντρων δεδομένων cloud μεγάλου μεγέθους, και θα καταναίμει τις ανάγκες υπολογισμού και αποθήκευσης σε δισεκατομμύρια συσκευές από δίκτυα IoT. Οι εφαρμογές P2P μπορούν να διευκολύνουν την κοινή χρήση υπολογιστικών πόρων χωρίς εξάρτηση από ένα κεντρικό νέφος ή διακομιστή, βελτιστοποιώντας έτσι τη χρήση των πόρων και το κόστος που συνεπάγεται η εγγραφή σε μια κεντρική υπηρεσία.

Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα (που αφορούν την ασφάλεια και τους υπολογιστικούς πόρους), η τεχνολογία blockchain μπορεί να εξαλείψει το μεμονωμένο σημείο αποτυχίας που σχετίζεται με την κεντρική αρχιτεκτονική του IoT, δημιουργώντας ένα πιο ανθεκτικό σύστημα για την εκτέλεση εφαρμογών IoT, καθώς το blockchain είναι σε θέση να ασφαλίσει τα μηνύματα μεταξύ συσκευών σε ένα δίκτυο μέσω κρυπτογραφικά υπογεγραμμένων συναλλαγών. Το δίκτυο blockchain επαληθεύει αυτές τις υπογραφές για να διασφαλίσει ότι μόνο ο δημιουργός του μηνύματος θα μπορούσε να το έχει στείλει. Αυτό μπορεί ενδεχομένως να εξαλείψει τις επιθέσεις Man-In-The-Middle και επανάληψη. Για την ανταλλαγή μηνυμάτων και την αυτόνομη εκτέλεση ενεργειών, οι συσκευές

⁹⁷ Για παράδειγμα, η IBM σε συνεργασία με τη Samsung ανέπτυξε το Autonomous Decentralized Peer-to-Peer Telemetry (ADEPT) proof-of-concept (PoC) για τη δημιουργία ενός αποκεντρωμένου IoT. Εφάρμοσαν το ADEPT PoC χρησιμοποιώντας τρία πρωτόκολλα: 1) Telehash (για μηνύματα P2P), 2) BitTorrent (για κοινή χρήση κατανεμημένων αρχείων) και 3) Ethereum (για αυτόνομες λειτουργίες συντονισμού συσκευής).

⁹⁸ Malviya, Hitesh, How Blockchain Will Defend IOT (December 10, 2016). Προσβάσιμο σε https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2883711

μπορούν επίσης να αξιοποιήσουν τα «έξυπνα συμβόλαια» (smart contracts), καθώς τα συστήματα διαχείρισης ταυτότητας και πρόσβασης που βασίζονται σε blockchain μπορούν να παρέχουν ισχυρότερη άμυνα έναντι επιθέσεων που περιλαμβάνουν πλαστογράφηση IP ή πλαστογραφία διευθύνσεων IP. Δεδομένου ότι το blockchain δεν μπορεί να τροποποιηθεί, δεν είναι δυνατό για τις συσκευές να συνδεθούν σε ένα δίκτυο «μεταμφιεσμένοι» με την εισαγωγή ψεύτικων υπογραφών στο αρχείο⁹⁹.

2. Τεχνολογία blockchain και Cloud Computing

Κατά το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας των Ηνωμένων Πολιτειών (National Institute of Standards and Technology –NIST) το cloud computing είναι ένα μοντέλο το οποίο παρέχει τη δυνατότητα ευχερούς, βασισμένης στη ζήτηση διαδικτυακής πρόσβασης σε ένα διαμοιραζόμενο χώρο (π.χ. δίκτυα, διακομιστές, αποθήκευση, εφαρμογές και υπηρεσίες) και το οποίο μπορεί να παρασχεθεί και να αποδεσμευθεί ταχέως με ελάχιστη διαχειριστική προσπάθεια ή αλληλεπίδραση με τον πάροχο της υπηρεσίας. Αυτό το μοντέλο αποτελείται από πέντε βασικά χαρακτηριστικά, τρία μοντέλα παροχής υπηρεσιών και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης¹⁰⁰. Αντίστοιχος είναι και ο ορισμός που δίνεται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2016/1148 (Οδηγία για την κυβερνοασφάλεια), στο άρθρο 4, σημείο 19, της οποίας, ως «υπηρεσία νεφοϋπολογιστικής», ορίζεται «η ψηφιακή υπηρεσία που επιτρέπει την πρόσβαση σε κλιμακοθετήσιμο και ελαστικό σύνολο κοινόχρηστων υπολογιστικών πόρων». Ο όρος «cloud computing» δεν προσδιορίζει ένα συγκεκριμένο είδος υπηρεσιών, αλλά τον τρόπο

⁹⁹ Για παράδειγμα, οι επιθέσεις πλαστογράφησης IP ξεκίνησαν στη μεγαλύτερη κυβερνοεπίθεση που έγινε ποτέ στον πάροχο DNS Dyn τον Οκτώβριο του 2016. Η επίθεση προήλθε από εκατομμύρια διευθύνσεις IP στο Διαδίκτυο και τουλάχιστον μέρος της επισκεψιμότητας προήλθε από συσκευές IoT που είχαν μολυνθεί από κακόβουλο λογισμικό που ονομάζεται Mirai που έλεγχε ηλεκτρονικές συσκευές και τις χρησιμοποιούσε για την εκτόξευση επιθέσεων DDoS.

¹⁰⁰ Βλ. The NIST Definition of Cloud Computing, NIST Special Publication 800-145, 2011, σελ. 2 σε <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>

δημιουργίας τους, καθώς οι διάφορες υπηρεσίες και εφαρμογές καθίστανται διαθέσιμες αποκεντρωμένα μέσω του διαδικτύου, δηλ. «μέσα από το σύννεφο»¹⁰¹.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία προσπαθεί να αντιμετωπίσει τα προβλήματα αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων που αντιμετωπίζουν τόσο οι καταναλωτές όσο και, κυρίως, οι μεγάλες εταιρείες, και που προκαλούνται από έναν συνεχώς αυξανόμενο όγκο δεδομένων σε μη πτητικά (non-volatile) συστήματα αποθήκευσης δεδομένων. Παρά το γεγονός ότι οι προσφερόμενες λύσεις αποθηκευτικών νεφών (cloud storage) (όπως το Dropbox και το Google Drive) είναι αρκετά δημοφιλείς, εντούτοις ο έλεγχος, η ασφάλεια και το απόρρητο των δεδομένων παραμένουν οι κύριες ανησυχίες. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο τρέχον μοντέλο που υιοθετείται από τα συστήματα αποθήκευσης νέφους που τα θέτει συχνά υπό κεντρικοποιημένη θεσμική εξουσία¹⁰². Η αρχιτεκτονική αυτή του νέφους καθιστά εφικτή την ταυτόχρονη χρήση των πόρων από περισσότερους χρήστες (Multi-Tenant¹⁰³) και, ως αποτέλεσμα, ενδέχεται να δημιουργήσει ζητήματα επαρκούς διαχωρισμού μεταξύ των δεδομένων διαφορετικών χρηστών. Ως εκ τούτου, ένα από τα εγγενή χαρακτηριστικά του υπολογιστικού νέφους, ήτοι η έλλειψη ελέγχου εκ μέρους του χρήστη, αποτελεί παράλληλα ένα σοβαρό μειονέκτημά του. Τούτο επιρρωνύεται και από το γεγονός ότι ακριβώς αυτή η έλλειψη ελέγχου προκαλεί αναπόφευκτα ένα γενικότερο

¹⁰¹ Βλ. ειδικότερα Κουσουνή –Πανταζοπούλου Α., Cloud Computing και νομικά ζητήματα, εκδ. Νομικής Βιβλιοθήκης, 2022, σελ. 1 επ.

¹⁰² Σε αυτό το μοντέλο, τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω πρωτοκόλλου TCP/IP από έναν πελάτη στους εξυπηρετητές κατά το γνωστό μοντέλο πελάτη-διακομιστή.

¹⁰³ Πρόκειται για την αρχιτεκτονική του νέφους που επιτρέπει στους τελικούς χρήστες να μοιράζονται τους υπολογιστικούς πόρους σε ένα δημόσιο ή ιδιωτικό νέφος. Τα δεδομένα του κάθε «ενοίκου» παραμένουν απομονωμένα και αόρατα στους άλλους «ενοίκους». Η αρχιτεκτονική αυτή εξασφαλίζει μεγαλύτερες αποθηκευτικές δυνατότητες, παρέχει περισσότερους διαθέσιμους πόρους σε περισσότερους χρήστες χωρίς να λειτουργεί σε βάρος της ιδιωτικότητάς τους ή της ταχύτητας της λειτουργίας των εφαρμογών. Μπορεί να παρομοιαστεί με τη λειτουργία μιας πολυκατοικίας, στην οποία κάθε ένοικος έχει πρόσβαση στο δικό του διαμέρισμα και μόνο εξουσιοδοτημένα πρόσωπα έχουν πρόσβαση σε συγκεκριμένους χώρους. Ωστόσο, η πολυκατοικία στο σύνολό της μοιράζεται παροχές όπως το νερό, την ηλεκτρική ενέργεια, και τους κοινόχρηστους χώρους. Για την έννοια της «multi-tenancy», του «πολύ-λειτουργικού λογισμικού» βλ. <https://en.wikipedia.org/wiki/Multitenancy>

αίσθημα έλλειψης εμπιστοσύνης που δημιουργείται στο χρήστη ως προς την προσφυγή του στις IT λύσεις που βασίζονται στο υπολογιστικό νέφος¹⁰⁴. Ένα εξίσου σημαντικό μειονέκτημα άπτεται της ασφάλειας των δεδομένων, των συστημάτων κλπ. και το πώς αυτή μπορεί πραγματικά να εξασφαλιστεί, ιδίως για τα δεδομένα που λόγω της φύσης τους είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα (δεδομένα υγείας, ή δημόσιας ασφάλειας, κ.α.) ενώ δεν πρέπει να παραγνωρίζεται και η αρνητική διάσταση που δημιουργείται λόγω της δέσμευσης του χρήστη με έναν συγκεκριμένο πάροχο, κάτι που μπορεί να του δημιουργήσει προβλήματα σε περίπτωση που αποφασίσει να διακόψει τη συνεργασία του με αυτόν και να τον αντικαταστήσει, ενώ δεν πρέπει να παραβλέπεται ο ευάλωτος γενικά χαρακτήρας του διαδικτύου, με ό,τι αυτό συνεπάγεται¹⁰⁵.

Παρά το γεγονός ότι οι υπηρεσίες του νέφους διαφέρουν σε πολλά σημεία από το Blockchain, όπως για παράδειγμα ότι τα block του Blockchain είναι αμετάβλητα, ενώ τα δεδομένα στο νέφος μεταβλητά, όπως και στο ότι το Blockchain δεν συνίσταται στην παροχή κάποιας υπηρεσίας, αλλά αποτελεί ένα κρυπτογραφημένο σύστημα αποθήκευσης δεδομένων σε ασφαλείς βάσεις δεδομένων, οι δύο τεχνολογίες αλληλεπιδρούν και μάλιστα με αυξανόμενο ρυθμό. Αυτή η αλληλεπίδραση μεταξύ υπολογιστικού νέφους και Blockchain αποτελεί το επόμενο τεχνολογικό βήμα στον τομέα της ασφάλειας και της διαχείρισης των δεδομένων, καθώς και στη διαθεσιμότητα των υπηρεσιών. Και τούτο διότι το Blockchain συμβάλλει αποφασιστικά στην εξάλειψη κάποιων από τα μειονεκτήματα του νέφους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το δημόσιο νέφος, εντός του οποίου η εσωτερική επικοινωνία δεν επιτρέπεται, γεγονός που λειτουργεί ανασταλτικά ως προς την απόφαση κάποιων επιχειρήσεων να το χρησιμοποιήσουν. Με την ενσωμάτωση του Blockchain, τα διαφορετικά νέφη λειτουργούν ως nodes που έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν μεταξύ τους. Συνακόλουθα, ο εν λόγω ανασταλτικός παράγοντας εξαλείφεται και οι

¹⁰⁴ Βλ. ειδικότερα Κουσουνη –Πανταζοπούλου Α., ό.π. σελ. 27 επ. και τις εκεί παραπομπές.

¹⁰⁵ Για τις αδυναμίες του Cloud Computing βλ. και τη Γνωμοδότηση της Ευρωπαϊκής Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής, «Το Υπολογιστικό Νέφος», προσβάσιμη σε <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012AE1701&from=DA>

επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιούν το νέφος υπό συνθήκες μεγαλύτερης ασφάλειας και διαφάνειας.

Επιπρόσθετα, το υπολογιστικό νέφος μπορεί να ωφεληθεί και από την απόλυτα δομημένη αρχιτεκτονική του Blockchain, η οποία εφαρμοζόμενη στην δική του άναρχη αποθήκευση των δεδομένων, μπορεί να προσφέρει στους ιδιώτες και στις επιχειρήσεις που το χρησιμοποιούν αυξημένη ασφάλεια. Πέραν αυτού, το ίδιο ωφέλιμη για το νέφος μπορεί να αποβεί και η μέθοδος της κρυπτογράφησης των δεδομένων που ακολουθείται στο Blockchain. Ακόμη και στο επίπεδο των Service Level Agreements (SLAs) μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι «έξυπνες συμβάσεις» του Blockchain, προκειμένου να οικοδομηθεί η απαιτούμενη μεταξύ χρήστη και παρόχου εμπιστοσύνη και να λυθεί το ζήτημα της όποιας μεταξύ τους ανισότητας κατά την κατάρτιση των εν λόγω συμφωνιών στο πλαίσιο της σύναψης της σύμβασης για την παροχή υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους. Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η ενσωμάτωση των στοιχείων της αρχιτεκτονικής του Blockchain στο υπολογιστικό νέφος θα έχει ως αποτέλεσμα την εξάλειψη βασικών αδυναμιών του νέφους καθώς θα ενισχύσει την προστασία των δεδομένων σε αυτό και θα δημιουργήσει συνθήκες ασφάλειας και διαφάνειας. Η αλληλεπίδραση αυτή μεταξύ των δύο τεχνολογιών έχει οδηγήσει στην δημιουργία του επονομαζόμενου Blockchain-cloud, ενώ πλέον το Blockchain έχει αναχθεί και σε παρεχόμενη μέσω του νέφους υπηρεσία (Baas –Blockchain as a service)¹⁰⁶.

3. Τεχνολογία blockchain και Artificial Intelligence (AI)

Η Τεχνητή Νοημοσύνη θα μπορούσε να οριστεί ως μια ομάδα τεχνολογιών που επιτρέπουν στους υπολογιστές να αντιλαμβάνονται, να μαθαίνουν, να επιχειρηματολογούν και να συνδράμουν στη λήψη αποφάσεων για την επίλυση προβλημάτων με τρόπους που μοιάζουν με αυτά που κάνουν οι άνθρωποι¹⁰⁷.

¹⁰⁶ <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchainasaservice-baas.asp>

¹⁰⁷ Η Τεχνητή Νοημοσύνη θεωρείται ένας επαναστατικός κλάδος της Πληροφορικής που έχει πολλές προοπτικές εξέλιξης στο μέλλον, αλλά και ένας τομέας που απασχολεί πληθώρα επιστημών και που

Ενσαρκώνει, επί της ουσίας, εκείνο τον τομέα της επιστήμης των υπολογιστών που ασχολείται με την σχεδίαση ευφυών υπολογιστικών συστημάτων, τα οποία επιδεικνύουν χαρακτηριστικά που παραδοσιακά σχετίζονται με την ανθρώπινη νοημοσύνη και συμπεριφορά¹⁰⁸.

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να θεωρηθεί ότι προκύπτει ουσιαστικά από τη σύγκλιση τεσσάρων τομέων των (υπό εξέλιξη) δυνατοτήτων των υπολογιστών, και συγκεκριμένα της επεξεργασίας, της αντίληψης, της εκμάθησης και του ελέγχου. Για την υποστήριξη των παραπάνω δραστηριοτήτων (Big Data analytics, deep learning κ.α.) απαιτείται η διαχείριση μεγάλου πλήθους δεδομένων από τις μηχανές της Τεχνητής Νοημοσύνης και η εκπαίδευση εξειδικευμένου προσωπικού από συγκεκριμένες εταιρείες που θα αναλάβουν τις διεργασίες, ενώ ήδη η τεχνολογία αυτή αντιμετωπίζεται, όχι αβάσιμα, τόσο από τους πολίτες όσο και από τους αρμόδιους φορείς από έντονο σκεπτικισμό¹⁰⁹.

Παρά ταύτα όμως, η αλληλοεπίδραση και η σύγκλιση μεταξύ της Τεχνητής Νοημοσύνης και της Τεχνολογίας Blockchain αποτελεί ήδη αντικείμενο ερευνών και είναι ενδεχόμενο να συμβεί παρά την εκ διαμέτρου αντίθετη φιλοσοφία των δύο τεχνολογιών¹¹⁰. Τούτο δε διότι η αποκεντρωμένη και διαφανή λειτουργία της Τεχνολογίας Blockchain, όπως την εξετάσαμε αμέσως πιο πριν, έρχεται σε ευθεία αντίθεση με την κεντρική και, κατά κανόνα, αδιαφανή διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων (Big Data) από τους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται στα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης. Οι υπό εξέλιξη έρευνες αφορούν την αποθήκευση των δεδομένων που συλλέγονται από διάφορες συσκευές του διαδικτύου σε ψηφιακές

προκαλεί συζητήσεις και εγείρει προβληματισμούς σε επιστημονικό, ιδεολογικό, κοινωνικό, φιλοσοφικό και πρακτικό επίπεδο και επηρεάζει τελικά κάθε πτυχή της ανθρώπινης δραστηριότητας.

¹⁰⁸ Για την έννοια της τεχνητής νοημοσύνης βλ. αναλυτικά Κανέλλο Λ. Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στο δίκαιο και στη δικαστική πρακτική, εκδ. Νομικής Βιβλιοθήκης (2020), σελ. 26 επ. ενώ συνοπτικά <https://hai.stanford.edu/sites/default/files/2020-09/AI-Definitions-HAI.pdf>

¹⁰⁹ Βλ. Πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 21.4.2021 για την έκδοση Κανονισμού του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη θέσπιση εναρμονισμένων κανόνων σχετικά με την Τεχνητή Νοημοσύνη (Πράξη για την Τεχνητή Νοημοσύνη) σε <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0206&from=EN>

¹¹⁰ Βλ. Κανέλλο Λ. Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης, ό.π. σελ. 198 επ.

πλατφόρμες blockchain, χάριν διαφάνειας και ελέγχου των διαδικασιών λήψης αποφάσεων από τις Εποπτικές Αρχές¹¹¹.

Με άλλα λόγια, η συστηματική καταχώρηση σε μια ψηφιακή πλατφόρμα των πληροφοριών, τις οποίες λαμβάνει υπόψη ο αλγόριθμος του εκάστοτε συστήματος τεχνητής νοημοσύνης, σε κάθε στάδιο λήψης απόφασης, θα μπορούσε να συμβάλει στην καταπολέμηση της αδιαφάνειας, η οποία χαρακτηρίζει σήμερα τα περισσότερα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης. Με τον τρόπο αυτό, η τεχνολογία Blockchain θα μπορούσε να συμβάλλει στην πρόσβαση και, κατ' επέκταση στον έλεγχο, των ειδικών της επιστήμης της πληροφορικής όσον αφορά στους χρησιμοποιούμενους αλγόριθμους και στον τρόπο λειτουργίας, εν γένει, των συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης (explainable AI). Παράλληλα, θα μπορούσαν να αποθηκευθούν σε ψηφιακές πλατφόρμες blockchain αξιόπιστα, πιστοποιημένα και χωρίς κόστος ανοικτά δεδομένα εκπαίδευσης αλγορίθμων, με αποκλειστικό σκοπό τον «εκδημοκρατισμό» του σημερινού καθεστώτος, όπου λίγες μόνο εταιρείες στον κόσμο διαθέτουν την σχετική τεχνογνωσία και, κυρίως, ικανό όγκο δεδομένων, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους της συγκεκριμένης τεχνολογίας¹¹².

Από την άλλη πλευρά, αυτοματοποιημένα συστήματα μηχανικής μάθησης, θα μπορούσαν, στο πλαίσιο μιας αμφίδρομης σχέσης, να ελέγχουν σε μόνιμη βάση (από τον σχεδιασμό) ανωμαλίες, τυχόν ύποπτες συναλλαγές ή απατηλές συμπεριφορές που εκδηλώνονται στις πλατφόρμες blockchain, προς αποτροπή παραβίασης της ασφάλειας και της ακεραιότητας της υποδομής. Ομοίως, η Τεχνητή Νοημοσύνη θα μπορούσε να συνεισφέρει στον έλεγχο των smart contracts, για τα οποία θα γίνει λόγος αμέσως στην συνέχεια, ώστε να καταγραφούν προβλήματα εκτέλεσης και δυνατότητες βελτίωσης των συναλλαγών ανά τομέα εφαρμογής.

¹¹¹ Raj Shroff, When Blockchain Meets Artificial Intelligence, The convergence of Blockchain and AI can enhance machine learning and enable AI to create and trade financial products, Διαθέσιμο σε: <https://medium.com/swlh/when-blockchain-meets-artificial-intelligence-e448968d0482>

¹¹² Πρόκειται για αμερικανικές εταιρείες με κυρίαρχη θέση στην αγορά συστημάτων AI. Βλ. The 15 most important AI companies in the world, Διαθέσιμο σε: <https://towardsdatascience.com/the-15-most-important-ai-companies-in-the-world-79567c594a11>

VII. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Τεχνολογίας Blockchain

Η σχέση χαρακτηριστικών και πλεονεκτημάτων των blockchains εμπεριέχει μία ανάδρομη και κυκλική αιτιότητα, καθώς είναι μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε ώστε να πετύχει συγκεκριμένους στόχους, οι οποίοι προφανώς επιτυγχάνονται από τις ιδιότητες που της προσδόθηκαν. Όμως, όπως κάθε τεχνολογική εξέλιξη και κάθε προσφερόμενο από αυτήν τεχνολογικό εργαλείο, έτσι και το blockchain συνδέεται πέραν από σειρά πλεονεκτημάτων και με μειονεκτήματα (ή, πιο ορθά, αδυναμίες) που μπορεί να προκύπτουν από τη χρήση του. Η απέναντί του δυσπιστία κατά το αρχικό στάδιο της εμφάνισής του (κυρίως όσον αφορά στα «κρυπτονομίσματα»), αλλά και ο συχνά χωρίς αντίλογο προβληματισμός ως προς -ιδίως- τα ζητήματα της ασφάλειας και της προστασίας των δεδομένων φαίνονται να υποχωρούν σε ένταση μπροστά στην πληθώρα των πλεονεκτημάτων που εμφανίζει. Τα σημαντικότερα εξ αυτών, αλλά και οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν από τη χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας, οι οποίοι αναμφίβολα εξακολουθούν να υπάρχουν και να απασχολούν όχι μόνο τους εν δυνάμει, αλλά τους χρήστες των υπηρεσιών του blockchain εν γένει, έχουν κυρίως ως ακολούθως:

1. Πλεονεκτήματα

Αποδιαμεσολάβηση. Ο συμμετοχικός χαρακτήρας των χρηστών με την ταυτόχρονη χρήση «πρωτοκόλλων συναίνεσης» με χρήση κρυπτογραφικών μεθόδων και η, κατ' αποτέλεσμα, κατάργηση του «αξιόπιστου τρίτου μέρους», αποτελούν το πλέον χαρακτηριστικό γνώρισμα του blockchain, το οποίο το διαφοροποιεί από τις «κοινές» βάσεις δεδομένων, καθώς μέσω των κόμβων των χρηστών (nodes), οι οποίοι ενημερώνουν ταυτόχρονα, μέσω εγκατάστασης ειδικού λογισμικού, για τις εκάστοτε αλλαγές, όλοι οι χρήστες έχουν ταυτόχρονα την ίδια εικόνα εγγραφών στο μητρώο. Η συμφωνία (consensus) ανάμεσα στους κόμβους εξασφαλίζει εμπιστοσύνη και ουδετερότητα, σε συμμόρφωση με προκαθορισμένους ηθικούς και δεοντολογικούς κανόνες λειτουργίας και πρωτόκολλα λειτουργίας (whitepapers).

Όπως είδαμε αμέσως πιο πάνω, με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία blockchain επιτυγχάνεται σταθερή και αξιόπιστη συμφωνία για ένα αρχείο γεγονότων μεταξύ ανεξάρτητων συμμετεχόντων, οι οποίοι μπορεί να έχουν διαφορετικά κίνητρα και στόχους. Με άλλα λόγια, οι συμμετέχοντες στο blockchain δεν χρειάζεται να εμπιστεύονται ο ένας τον άλλον για να μπορούν να αλληλεπιδρούν και να συναλλάσσονται στο blockchain στο οποίο συμμετέχουν. Ο διαμοιρασμός του ημερολογίου συναλλαγών (ledger) σε όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο ουσιαστικά εξαλείφει την ανάγκη για ένα αξιόπιστο και κεντρικό τρίτο μέρος που θα διατηρεί την εποπτεία των συναλλαγών. Αυτή η κατάργηση του αξιόπιστου τρίτου μέρους αποκαλείται «αποδιαμεσολάβηση» και θεωρείται ως ένα από τα κύρια οφέλη του blockchain.

Αυξημένη ασφάλεια. Η χρήση συναρτήσεων κατακερματισμού (hash functions) και της ασύμμετρης κρυπτογράφησης (με την χρήση των public – private keys), όπως αναφέρθηκε, αποτελεί μια καινοτόμο μέθοδο η οποία διασφαλίζει ότι οι αποθηκευμένες πληροφορίες (transactions) είναι αδύνατο να αλλοιωθούν από τον οποιονδήποτε (ακόμη και από τον χρήστη της πλατφόρμας που ζήτησε την καταχώρησή τους). Αυτό το χαρακτηριστικό ενισχύεται ακόμη περισσότερο από τη χρήση χρονολογικών σφραγίδων και ψηφιακών υπογραφών. Χάρη σε αυτά, οι λεπτομέρειες των συναλλαγών μεταξύ συμβαλλόμενων μερών μπορούν να είναι κρυπτογραφημένες από άκρο σε άκρο (end to end encrypted) και άρα ασφαλείς και κρυφές.

Διαφάνεια. Η τεχνολογία Blockchain παρέχει διαφάνεια τόσο μέσω του ανοικτού πηγαίου κώδικα (στον οποίο όλοι οι χρήστες δύναται να έχουν πρόσβαση) όσο, κυρίως, μέσω του διανεμημένου ημερολογίου (ledger). Καθώς όλοι οι κόμβοι στο δίκτυο έχουν πρόσβαση στο πλήρες ημερολόγιο συναλλαγών, έχουν εποπτεία σε όλα όσα συμβαίνουν στο ledger. Οι λογαριασμοί που συμμετέχουν στο ledger καθίστανται συνήθως ανώνυμοι μέσω κρυπτογράφησης, για να διατηρήσουν την ιδιωτικότητα. Ωστόσο, με τα σωστά στοιχεία λογαριασμού ή με το κατάλληλο κλειδί πληροφοριών, όλες οι συναλλαγές ενός λογαριασμού μπορούν να εντοπιστούν ως προς την προέλευσή τους.

Ιχνηλασιμότητα. Το blockchain παρέχει βελτιωμένη ιχνηλασιμότητα μέσω της διαφάνειας και της αμεταβλητότητας του (μέσω κυρίως των χρησιμοποιούμενων συναρτήσεων κατακερματισμού). Κάθε προηγούμενη συναλλαγή μπορεί να ανιχνευθεί από οποιονδήποτε κόμβο, κάθε φορά που αποκτά ένα κλειδί πρόσβασης που παρέχει δυνατότητα αποκρυπτογράφησης. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τους ρυθμιστές και τους φορείς που ελέγχουν ένα σύστημα.

Αυξημένη απόδοση και ταχύτητα. Οι παραδοσιακές διαδικασίες τήρησης μητρώων που καθορίζονται συνήθως από έναν μεσάζοντα περιλαμβάνουν ενός είδους «γραφειοκρατία», μέσω διαδικασιών υποβολής αιτημάτων κ.ο.κ. και για το λόγο αυτό είναι αρκετά αργές, επιρρεπείς σε ανθρώπινα λάθη και απαιτούν αρκετούς μεσάζοντες (third parties) για την ολοκλήρωσή τους. Το blockchain βοηθά στην απαλλαγή από third parties και βοηθά στην πιο γρήγορη και αποτελεσματική ολοκλήρωση συμφωνιών και συναλλαγών. Τα απαιτούμενα έγγραφα αποθηκεύονται χωρίς καθυστέρηση στο δίκτυο του blockchain, και οι λεπτομέρειες των συναλλαγών αυτών καταγράφονται στο distributed ledger. Έτσι είναι αδύνατη η απώλεια των πληροφοριών αυτών.

Αυτοματοποίηση. Η λειτουργικότητα των έξυπνων συμβολαίων, όπως θα εξετάσουμε αμέσως πιο κάτω, παρέχει τη δυνατότητα αυτοματοποίησης των διαπραγματεύσεων και της διευθέτησης των συμβάσεων. Οι μη αυτόματες εργασίες μπορούν να παραλειφθούν, εξοικονομώντας κόστος και επιταχύνοντας τις διαδικασίες. Επιπλέον, η χρήση έξυπνων συμβολαίων μπορεί να ενισχύσει τη βεβαιότητα ολοκλήρωσης της συναλλαγής, καθώς τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να ελέγξουν τις λεπτομέρειες του λογαριασμού και των δύο μερών για να διασφαλίσουν ότι η συναλλαγή μπορεί να γίνει και ακόμη και να πραγματοποιήσουν άμεσα την ίδια τη συναλλαγή.

2. Μειονεκτήματα και αδυναμίες του blockchain

Αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Η λειτουργία ενός τέτοιου κατακερματισμένου δικτύου υπολογιστών απαιτεί, τουλάχιστον υπό τις σημερινές συνθήκες, τεράστια υπολογιστική ισχύ και, ανάλογα με την έκταση του δικτύου,

τεράστια κατανάλωση ενέργειας¹¹³. Για να γίνει αντιληπτή η κλίμακα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να απαιτεί ένα σύστημα blockchain, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η λειτουργία του λογισμικού του Bitcoin μπορεί να καταναλώσει σχεδόν τόση ισχύ όση ολόκληρη η χώρα της Δανίας ως προς την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας¹¹⁴. Στις αρχές του 2018, εκτιμήθηκε ότι ο μηχανισμός Proof of Work της πλατφόρμας του Bitcoin δημιουργούσε ετήσιες εκπομπές CO2 που θα μπορούσαν να συγκριθούν με τις αντίστοιχες εκπομπές ενός εκατομμυρίου υπερατλαντικών πτήσεων¹¹⁵. Με τα δεδομένα αυτά και με την ευρεία χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας σε όλο και περισσότερες εφαρμογές το blockchain αναμένεται να αποκτήσει ολοένα και μεγαλύτερη δημοτικότητα, με αποτέλεσμα η συντήρησή του να αποτελεί τεράστια περιβαλλοντική πρόκληση. Ωστόσο, υπάρχουν επί του παρόντος πιο «πράσινες λύσεις» εξόρυξης οι οποίες μάλιστα έχουν δοκιμαστεί στην πράξη (π.χ. Hydrominer). Επιπλέον, υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των χωρών από την άποψη αυτή κοστίζει περισσότερο από 26.000 \$ για την εξόρυξη μόνο ενός Bitcoin στη Νότια Κορέα, η οποία είναι μια από τις μεγαλύτερες αγορές στον κόσμο για συναλλαγές κρυπτονομισμάτων – ενώ στη Βενεζουέλα κοστίζει μόλις 531 \$¹¹⁶. Παρά το γεγονός ότι παλαιότερα blockchain όπως το Bitcoin θα συνεχίσει να βασίζεται στον μηχανισμό Proof of

¹¹³ Για παράδειγμα, οι τρέχουσες ενεργειακές δαπάνες μόνο για το Bitcoin, οι οποίες υποστηρίζονται από την τεχνολογία blockchain, ανταγωνίζονται τη συνολική κατανάλωση ενέργειας ολόκληρων κρατών, όπως η Ελβετία και η Τσεχική Δημοκρατία. Για να έχουμε μια τάξη μεγέθους, αξίζει να αναφερθεί ότι κατά μέσο όρο πραγματοποιούνται 390.000 συναλλαγές Bitcoin σε μία μόνο περίοδο 24 ωρών, καθεμία εκ των οποίων χρειάζεται 470 κιλοβατώρες, ποσότητα ενέργειας που εκτιμάται ότι ισοδυναμεί με την τροφοδοσία ενός αμερικανικού σπιτιού για μια περίοδο δύο εβδομάδων.

¹¹⁴ Mark Papermaster, 'Blokchains and Its Implementation Challenges' (April 2018), διαθέσιμο σε <https://www.networkcomputing.com/network-security/blockchain-and-its-implementation-challenges> (τελευταία πρόσβαση την 16-8-2022).

¹¹⁵ Roman Beck, Christoph Müller-Bloch and John King, 'Governance in the Blockchain Economy: A Framework and Research Agenda' (2018), διαθέσιμο σε https://www.researchgate.net/publication/323689461_Governance_in_the_Blockchain_Economy_A_Framework_and_Research_Agenda (τελευταία πρόσβαση την 16-8-2022)

¹¹⁶ Ryan Browne, 'It costs \$26,000 to mine one bitcoin in South Korea-and just \$530 in Venezuela' (2018), διαθέσιμο σε <https://www.cnn.com/2018/02/15/the-cheapest-and-most-expensive-countries-to-mine-bitcoin.html> (τελευταία πρόσβαση Αύγουστο 2022).

Work, οι περισσότερες νέες εξελίξεις blockchain είναι που εμφανίζεται με χρήση του μηχανισμού Proof of Stake, όπως επίσης χρήση συναρτήσεων μεταβλητής καθυστέρησης και διάμεσων χρονικών σφραγίδων (median timestamps)¹¹⁷. Τα κρίσιμα ζητήματα στο μέλλον είναι πιθανό να σχετίζονται λιγότερο με το αν θα κατασκευαστούν νέα συστήματα PoW, αλλά μάλλον με το θέμα πώς να διαχειρίζονται παλαιότερα αποκεντρωμένα συστήματα εκτός του ελέγχου οποιασδήποτε δικαιοδοσίας.

Ανάγκη για μεγάλη υπολογιστική ισχύ. Λόγω της εντατικής επικοινωνίας και της υπολογιστικής ισχύος που απαιτείται κυρίως για τις απαιτούμενες διαδικασίες επικύρωσης των block και των μηχανισμών συναίνεσης, η ταχύτητα επεξεργασίας (και επικύρωσης) συναλλαγών του blockchain συχνά δεν είναι επαρκής για την υλοποίηση της τεχνολογίας σε μεγάλη κλίμακα. Για συστήματα όπως το Bitcoin, το μέγεθος των block συναλλαγών και η συχνότητα που συμβαίνουν είναι επίσης περιορισμένα, περιορίζοντας τον όγκο των δεδομένων, δημιουργώντας ταυτόχρονα προβλήματα ως προς την απόδοση του συστήματος¹¹⁸. Την παρούσα στιγμή, υπάρχουν πολλές τεχνολογικές εξελίξεις στην επεξεργαστική ισχύ που απαιτείται για τη συναίνεση¹¹⁹. Ως εκ τούτου, οι προσδοκίες της βιομηχανίας είναι ότι η ταχύτητα επεξεργασίας θα αυξηθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια. Το εάν θα αυξηθεί αρκετά για να καταστεί δυνατή η επεξεργασία μεγάλης κλίμακας σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, μένει να αποδειχθεί.

Κενά ασφαλείας, τρωτότητες και ευπάθειες. Οι ψηφιακές πλατφόρμες blockchain, ενώ είναι κατά το σχεδιασμό και την φιλοσοφία τους αδιάβλητες, παρουσιάζουν, όπως κάθε τεχνολογία, προβλήματα ασφάλειας και διαφόρων

¹¹⁷ Anatoly Yakovenko, 'Proof of History: a clock for blockchain' (April 2018), διαθέσιμο σε <https://medium.com/solana-labs/proof-of-history-a-clock-for-blockchain-cf47a61a9274> (τελευταία πρόσβαση Αύγουστο 2022).

¹¹⁸ Scalability, interoperability and sustainability of blockchain, a thematic report prepared by the European Union blockchain observatory and forum, διαθέσιμο σε https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report_scalability_06_03_2019.pdf?width=1024&height=800&iframe=true (τελευταία πρόσβαση Αύγουστο 2022).

¹¹⁹ Για παράδειγμα το VDF Research Effort, <https://vdfresearch.org> (τελευταία πρόσβαση 16-8-2022).

ειδών ευπάθειες. Όπως σε κάθε αναδυόμενη τεχνολογία, τυχόν τεχνικές αδυναμίες του χρησιμοποιούμενου λογισμικού καθιστούν το δίκτυο ευάλωτο σε επιθέσεις hacking. Αρκετές εγκληματικές ενέργειες εκδηλώθηκαν, κατά τα τελευταία έτη, σε διάφορα δίκτυα κρυπτονομισμάτων. Οι επιθέσεις αυτές δρομολογήθηκαν, κατά περίπτωση, είτε εκ των έσω, από χρήστες του δικτύου που έδρασαν κακόβουλα εκμεταλλευόμενοι τις διαπιστωθείσες ευπάθειες, είτε και από εξωτερικούς εισβολείς. Επιθέσεις εκ των έσω αποτελούν οι λεγόμενες επιθέσεις «51% attacks»¹²⁰ κατά τις οποίες χρήστες των δικτύων (miners) κατάφεραν να αποκτήσουν πληροφορική ισχύ άνω του 50% της συνολικής ισχύς του δικτύου και κατάφεραν με τον τρόπο αυτό να το χειραγωγήσουν¹²¹. Επιθέσεις αυτού του είδους έχουν ως αποτέλεσμα οι κακόβουλοι χρήστες είτε να αποσπούν χρήματα είτε να προκύπτουν φαινόμενα «διπλοξοδέματος» (double spending error), κατά τις οποίες τα ίδια ψηφιακά νομίσματα διατίθενται ταυτόχρονα προς ανάλωση σε δύο διαφορετικούς χρήστες. Επίσης ως ευπάθειες αναφορικά με τα θέματα ασφάλειας έχουν αναφερθεί περιπτώσεις κατά τις οποίες «ψηφιακά πορτοφόλια» έχουν αλλάξει ξαφνικά χέρια όπως και υποθέσεις απαίτησης λύτρων (ransomware) καταβλητέων σε κρυπτονομίσματα Bitcoin¹²².

Ιδιωτικότητα. Βασικό χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης τεχνολογίας αποτελεί η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα χάριν των χρησιμοποιούμενων μεθόδων

¹²⁰ 'Blockchain challenges and opportunities: A survey, International Journal of Web and grid Services' (2018), διαθέσιμο σε https://www.researchgate.net/publication/328338366_Blockchain_challenges_and_opportunities_A_survey/link/5bd1e50d299bf12253b018d9/download (τελευταία πρόσβαση στις 16-8-2022).

¹²¹ Επιθέσεις του συγκεκριμένου είδους (51% attacks) εκδηλώθηκαν λ.χ. τον Ιανουάριο του 2019 στο Blockchain Ethereum Classic, με αποτέλεσμα να χαθούν 1,1 εκατομμύρια δολάρια, όπως και τον μήνα Μάιο του 2018 στο Bitcoin Gold, όπου ένα ποσό κρυπτονομισμάτων αξίας 70.000 δολαρίων δαπανήθηκε δύο φορές. Το 2014 είχαν, μέσω του συγκεκριμένου είδους επίθεσης, κλαπεί Bitcoin αξίας σχεδόν μισού δισεκατομμυρίου δολαρίων από το χρηματιστήριο Gox. Βλ. αναλυτικότερα: Blockchain' s potential stats with security, https://www.accenture.com/_acnmedia/pdf-96/accenture-blockchain-technology-security-pov-digital.pdf

¹²² Allens, 'Blockchain reaction: understanding the opportunities and navigating the legal frameworks of distributed ledger technology and blockchain' διαθέσιμο σε <https://www.allens.com.au/globalassets/pdfs/specials/blockchainreport.pdf> (τελευταία πρόσβαση 16-8-2022).

ασύμμετρης κρυπτογράφησης. Πλην όμως, σε ορισμένες περιπτώσεις, κακόβουλοι χρήστες εκμεταλλεζόμενοι ευπάθειες του συστήματος έχουν καταφέρει να ανακαλύψουν την πραγματική ταυτότητα άλλων χρηστών blockchain μέσω ανάλυσης των προτύπων συναλλαγών τους. Περισσότερο να σημειωθεί ότι η δυνατότητα ανεύρεσης των ταυτοτήτων αποτελεί παραβίαση του Γενικού Κανονισμού για την Προστασία των Δεδομένων. Προς αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτού του είδους (που αφορούν δηλ. στην προστασία της ιδιωτικότητας των χρηστών) ορισμένες πλατφόρμες blockchain έρχονται με εναλλακτικές προσεγγίσεις για κρυπτογράφηση και αποθήκευση δεδομένων που καθιστούν δυνατή την πλήρη ανωνυμία. Ωστόσο, έχουν και μειονεκτήματα, καθώς οι περισσότερες από αυτές τις εναλλακτικές προσεγγίσεις έχουν ακόμη υψηλότερες απαιτήσεις επεξεργασίας από τις γενικές πλατφόρμες.

Έλλειψη τυποποίησης και προβλήματα διασύνδεσης. Μία από τις πλέον βασικές αδυναμίες της τεχνολογίας Blockchain είναι η έλλειψη της τυποποίησης και της δια-λειτουργικότητας μεταξύ των δικτύων αυτών. Εκτιμάται ότι στις αρχές του 2020 τα projects που χρησιμοποιούσαν τεχνολογία blockchain ήταν περί τα 6500. Ωστόσο στις περισσότερες από τις πλατφόρμες αυτές ο πηγαίος κώδικας, τα πρωτόκολλα, οι μηχανισμοί συναίνεσης και τα μέτρα για την εξασφάλιση της ιδιωτικότητας ήταν κατασκευασμένα κατά τρόπον ώστε να λειτουργούν μόνον στην συγκεκριμένη πλατφόρμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η επικοινωνία μεταξύ των δικτύων αυτών να καθίσταται μη εφικτή αλλά και την αποτροπή από το ενδεχόμενο συνεργασίας μεταξύ τους. Η υιοθέτηση τυποποιήσεων όσον αφορά στις τεχνικές προδιαγραφές των δικτύων blockchain και η σύγκλιση ως προς τα χρησιμοποιούμενα πρότυπα (πηγαίο κώδικας, πρωτόκολλα συναίνεσης κλπ.) θα έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την περαιτέρω χρήση των δικτύων αυτών, την συνεργασία των εταιρειών που τα χρησιμοποιούν, και, κατ' αποτέλεσμα την ταχύτερη διεκπεραίωση των σχετικών διαδικασιών (συναλλαγές, συμφωνίες κ.α.), ενώ παράλληλα με τον τρόπο αυτό θα διευκολυνθεί και η συνεργασία συστημάτων blockchain με τα υπάρχοντα υπολογιστικά συστήματα.

Περαιτέρω, μία από τις κυριότερες αδυναμίες των δικτύων Blockchain αποτελεί η έλλειψη επεκτασιμότητας. Τα παραδοσιακά συστήματα στα οποία γίνονται συναλλαγές (πχ Visa) έχουν την δυνατότητα να επεξεργάζονται περίπου 2000 συναλλαγές ανά λεπτό. Ωστόσο, στο δίκτυο του Bitcoin το νούμερο αυτό είναι 7 ενώ στο δίκτυο του Ethereum είναι περίπου 20. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται κυρίως στα δημόσια blockchain, αφού στα ιδιωτικά blockchain οι συναλλαγές είναι πιο γρήγορες.

Εξοικείωση με την τεχνολογία - Εκπαίδευση προσωπικού. Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι εξαιρετικά νεοπαγής και περίπλοκη και, ως εκ τούτου, ένα χρονικό διάστημα εξοικείωσης των (εν δυνάμει) χρηστών με αυτή είναι επιβεβλημένο, ώστε να υπάρξει η απαραίτητη εκπαίδευση (και όπου απαιτείται εμπάθυνση), προκειμένου να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες που προσφέρει η νέα αυτή τεχνολογία. Σε μια κοινωνία που δεν είναι εξοικειωμένη σε ικανοποιητικό βαθμό με τις νέες τεχνολογίες, οι τεχνολογίες blockchain φαντάζουν δυσπρόσιτες, πόσο μάλλον όταν κάποιος δεν κατανοεί την αξία που αυτές μπορούν να προσδώσουν.

Ασάφεια νομικού καθεστώτος. Στην ίδια συλλογιστική, μια σημαντική αδυναμία της τεχνολογίας blockchain και του γενικότερου οικοσυστήματος που αυτή υποστηρίζει, είναι η απουσία ρύθμισης και το ασαφές νομικό της καθεστώσ από άποψη ευθύνης, ελέγχου και ασφαλούς πιστοποίησης εγκυρότητας συναλλαγών. Όπως αναφέρθηκε εισαγωγικά η συγκεκριμένη τεχνολογία αποτελεί το θεμέλιο των κρυπτονομισμάτων και των smart contracts, εφαρμογές δηλ. οι οποίες αποτελούν πρόκληση ως προς την αντιμετώπιση που θα πρέπει να έχουν από τις αρμόδιες ρυθμιστικές αρχές (τόσο τις εθνικές όσο, κυρίως, τις υπερεθνικές, ΕΕ κλπ.). Μέχρι σήμερα η ρύθμιση των συγκεκριμένων θεμάτων είναι μόνον αποσπασματική (λ.χ. σε σχέση με την νομιμοποίηση του «μαύρου χρήματος» ή τις κυβερνοεπιθέσεις). Η ρυθμιστική αβεβαιότητα και η έλλειψη διεθνών προτύπων δυσχεραίνουν την ανάπτυξη εφαρμογών στο διαδίκτυο και κάνουν τους χρήστες να διστάζουν να δεσμευτούν σε εφαρμογές κρυπτονομισμάτων και blockchain.

Τα αδιαμφισβήτητα οφέλη της τεχνολογίας blockchain καθιστούν την ευρεία υιοθέτηση της, τόσο από τον ιδιωτικό (εταιρείες, ιδιώτες) όσο και από τον δημόσιο τομέα, σχεδόν βέβαιη. Τα σημεία των εφαρμογών που αποτελούν σήμερα «αδυναμίες» τελούν υπό διερεύνηση στα εργαστήρια των ειδικών του Blockchain σε όλο τον κόσμο. Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι, κατά το παρόν στάδιο ανάπτυξής της, αναδύουσα, και εξαιρετικά σύντομα τα περισσότερα μειονεκτήματα αυτής θα έχουν ξεπεραστεί.

ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ

Νομικό και κανονιστικό πλαίσιο τεχνολογιών DLT και Blockchain

I. Έλλειψη ειδικού νομοθετικού πλαισίου

Αν και η υλοποίηση της πρώτης εφαρμογής του blockchain, το κρυπτονόμισμα Bitcoin (BTC), εντοπίζεται, όπως αναφέρθηκε, το 2009 και μέχρι σήμερα έχει εφαρμοστεί ως τεχνολογία σε πολλούς τομείς, εντούτοις, στην Ευρωπαϊκή Ένωση (και μέχρι πρόσφατα και στην Ελλάδα) δεν υπάρχει ακόμα ειδικό νομοθετικό πλαίσιο που να ρυθμίζει τη λειτουργία των Τεχνολογιών Κατανεμημένου Καθολικού (Distributed Ledger Technology -DLT) και του blockchain¹²³. Η Ευρωπαϊκή Ένωση -καθώς και οι κρατικές αρχές των περισσότερων κρατών μελών- φαίνεται συγκρατημένη στο να προβεί στη νομοθετική ρύθμιση του φαινομένου, καθώς δεν επιθυμεί, δρώντας βιαστικά, να πλήξει άθελά της την καινοτομία, να επιβραδύνει την τεχνολογική πρόοδο, και να μείνει πίσω στον τεχνολογικό ανταγωνισμό¹²⁴.

Όπως αναφέρθηκε και στο αμέσως προηγούμενο κεφάλαιο, η απουσία ρύθμισης και το ασαφές νομικό της καθεστώς από άποψη ευθύνης, ελέγχου και

¹²³ Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και σε κράτη εκτός ΕΕ έχει σημειωθεί μια προσπάθεια αντιμετώπισης, έστω αποσπασματικά, κρίσιμων ζητημάτων που αφορούσαν κυρίως στον τρόπο λειτουργίας και διάθεσης των κρυπτονομισμάτων, αλλά και τις παράνομες πράξεις που προέκυπταν από αυτά. Όπως ενδεικτικά ο «Κανονισμός του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τις αγορές κρυπτοστοιχείων και για την τροποποίηση της οδηγίας (ΕΕ) 2019/1937», 24/9/2020, COM(2020) 593 διαθέσιμο σε https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:f69f89bb-fe54-11ea-b44f-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF αλλά και οι διατάξεις για την Καταπολέμηση της νομιμοποίησης εσόδων από παράνομες δραστηριότητες και Καταπολέμηση της χρηματοδότησης της τρομοκρατίας.

¹²⁴ Το διαδίκτυο και η επιστήμη της Πληροφορικής εξελίσσεται συνεχώς και η αρχή της διαδικτυακής ουδετερότητας επιβάλλει, τρόπον τινά, την αποχή από νομοθετικές ρυθμίσεις που, κατ' αποτέλεσμα, θα περιόριζαν ενδεχομένως την εξέλιξη αυτή. Η εν λόγω αρχή εμποδίζει την συγκέντρωση του ελέγχου επί του μέσου σε κρατικά ή ιδιωτικά κέντρα αποφάσεων και έτσι διασφαλίζει τον ανοικτό χαρακτήρα του τόσο ως προς την απρόσκοπτη άσκηση της ελευθερίας έκφρασης και πληροφόρησης όσο και ως προς την καινοτομία. Για την συγκεκριμένη αρχή, μεταξύ άλλων, βλ. <https://cs.stanford.edu/people/eroberts/cs181/projects/2010-11/NetNeutrality/Articles/Proponents.html>

ασφαλούς πιστοποίησης εγκυρότητας συναλλαγών αποτελεί, σε ορισμένες περιπτώσεις, μια σημαντική αδυναμία της τεχνολογίας blockchain και του γενικότερου οικοσυστήματος που αυτή υποστηρίζει. Εξ ορισμού η οποιαδήποτε προσπάθεια νομικής αναγνώρισης και, κατά το δυνατό, ρύθμισης της συγκεκριμένης τεχνολογίας απαιτεί κοινά αποδεκτές λύσεις σε ευρωπαϊκό αλλά και διεθνές επίπεδο.

Κάθε προσπάθεια όμως αυτού του είδους, που να αφορά δηλ. στην νομοθετική ρύθμιση τεχνολογιών αιχμής ή την εν γένει λειτουργία του διαδικτύου, γεννά αρκετά ερωτήματα τεχνικής και νομικής φύσης. Μεταξύ αυτών, ποια είναι η κατάλληλη μίξη μεταξύ δικαίου, τεχνολογίας και προτύπων: Υπάρχει τρόπος νομοθετικής εποπτείας του διαδικτύου και ποια τα πιθανά προβλήματα κατάχρησης δεσπόζουσας θέσης από άποψη δικαίου του ανταγωνισμού; Στην αρχιτεκτονική δομή που διέπει τον τρόπο λειτουργία ενός κατανεμημένου δικτύου ομότιμων κόμβων (peer to peer) -το οποίο εξ ορισμού λειτουργεί ανώνυμα- σε ποιους θα πρέπει να αποδοθεί η νομική ευθύνη της σύννομης λειτουργίας του; Έτι περαιτέρω, με δεδομένο ότι στις συναλλαγές που συνάπτονται μέσω της χρήσης των συγκεκριμένων τεχνολογιών υπάρχουν έντονα στοιχεία αλλοδαπότητας ποιο θα πρέπει να είναι το εφαρμοστέο δίκαιο για κάθε συναλλαγή και ποια η ενδεδειγμένη διαδικασία επίλυσης των νομικών διαφορών που ανακύπτουν;

Επιπλέον, όπως θα εξετάσουμε πιο διεξοδικά στην συνέχεια, υπάρχουν σημαντικές ασυμβατότητες μεταξύ των τεχνικών χαρακτηριστικών της τεχνολογίας του blockchain και του Ευρωπαϊκού Κανονισμού eIDAS περί ηλεκτρονικών υπογραφών, γεγονός που δημιουργεί προσκόμματα στην δογματική ένταξη της εν λόγω τεχνολογίας στο δίκαιο των συμβάσεων. Ειδικότερα, ο Κανονισμός 910/2014 ορίζει (άρθρο 46) ότι δεν απορρίπτεται η νομική ισχύς και το παραδεκτό ηλεκτρονικού εγγράφου ως αποδεικτικού στοιχείου σε νομικές διαδικασίες μόνο λόγω του γεγονότος ότι είναι σε ηλεκτρονική μορφή. Αναγνωρίζει δε ότι οι ηλεκτρονικές υπογραφές είναι απλές, προηγμένες και εγκεκριμένες (simple, advanced, qualified) εκ των οποίων το blockchain

ικανοποιεί τα τεχνικά κριτήρια για τις πρώτες δύο μορφές. Παρόμοια ζητήματα ασυμβατότητας τίθενται και τις ηλεκτρονικές σφραγίδες και τις χρονο-σφραγίδες.

Από άποψη εφαρμογών με τη χρήση της πλατφόρμας, υπάρχει ακόμα έλλειψη διεθνούς εναρμόνισης, όπως για παράδειγμα, σε ότι αφορά τα εικονικά νομίσματα. Κατά περίπτωση, αυτά θεωρούνται από την εθνική νομοθεσία διαφόρων χωρών ως μονάδες λογαριασμού αξίας, ως τίτλοι, ως επενδυτικά αγαθά, ως αντικείμενο κερδοσκοπικής δραστηριότητας, ή τελούν εκτός οποιασδήποτε ρύθμισης. Για παράδειγμα, στην Ευρώπη τα ψηφιακά νομίσματα δεν αντιμετωπίζονται ως χρήμα, αφού μοναδικό μέσο πληρωμών είναι το Ευρώ, κατά τον Κανονισμό (ΕΚ) 974/1998. Ακόμη, δεν υπάρχει καμία εγγύηση υπέρ του επενδυτή περί συνέχειας της έκδοσής τους και καμία προστασία των κατόχων σε περίπτωση αιφνίδιας αναστολής ή διακοπής της κυκλοφορίας τους. Επίσης, η χρήση των εικονικών νομισμάτων ως μέσου πληρωμών δεν εμπίπτει στη νομοθεσία περί προστασίας του καταθέτη. Η απουσία σαφών κανόνων λειτουργίας, διασφάλισης διαφάνειας και ελέγχου, όπως προβλέπεται για τον τραπεζικό και χρηματοπιστωτικό κλάδο (Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα, χρηματιστηριακές αρχές), εγκυμονεί ενδεχόμενο εκδήλωσης καταχρήσεων και απατηλών πρακτικών κατά των συναλλασσομένων και των επενδυτών¹²⁵. Σε αυτές ανήκει η άντληση κεφαλαίων από το κοινό με ασαφείς και απατηλούς όρους, κατά παράβαση της νομοθεσίας περί προστασίας και ενημέρωσης των επενδυτών, καθώς και των ρυθμίσεων περί ξεπλύματος μαύρου χρήματος. Στο σημερινό πλαίσιο ανύπαρκτου και ανεπαρκούς ελέγχου, εκδηλώνονται διεθνώς φαινόμενα εξαπάτησης επενδυτών, οι οποίες ενισχύουν την καχυποψία των εποπτικών και χρηματιστηριακών αρχών¹²⁶. Ήδη τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής

¹²⁵ Η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ECB), σε έκθεσή της, το 2012, διατύπωνε τις ανησυχίες της για τα εικονικά νομίσματα λίγο μετά την έκδοσή τους, καθώς αναφερόταν σε αυτά ως «schemes» παρομοιάζοντάς τα με σχέδια οικονομικής πυραμίδας εκμετάλλευσης (Pyramid Scheme), λόγω των δύο πτυχών της ομοιότητας του χρήματος και της κατοχής των δικών τους συστημάτων λιανικής πληρωμής. Βλ. ειδικότερα σχετική έκθεση «Σχέδια εικονικού νομίσματος», διαθέσιμη σε <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/virtualcurrencyschemes201210en.pdf>

¹²⁶ Ενδεικτικά, η αμερικανική επιτροπή Securities and Exchange Commission (SEC), σε οδηγίες της προς το επενδυτικό κοινό, αλλά και οι ευρωπαϊκές αρχές (Οδηγία 2018/843) και η Τράπεζα της Ελλάδος

Ένωσης, όσο και σε επίπεδο κρατών-μελών, έχουν ξεκινήσει διεργασίες νομοθετικής ρύθμισης των τεχνολογιών καταναλωμένου καθολικού και του blockchain, σταθμίζοντας από την μια πλευρά την ανάγκη για τήρηση ουδετερότητας και από την άλλη την αναγκαιότητα θέσπισης ενός πλαισίου προστασίας για τους χρήστες -καταναλωτές.

II. Υφιστάμενες διεργασίες σε ευρωπαϊκό επίπεδο

1. Πρωτοβουλία Ευρωπαϊκή Συνεργασία Τεχνολογίας blockchain

Οι διεργασίες που έλαβαν χώρα σε ευρωπαϊκό επίπεδο αφορούσαν κυρίως την ένταξη της συγκεκριμένης τεχνολογίας σε ένα πλαίσιο έρευνας και ανάπτυξης της και όχι σε νομοθετική ρύθμισή της. Μια πρώτη πρωτοβουλία που ανέδειξε το αυξανόμενο ενδιαφέρον της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την τεχνολογία Blockchain, ήταν στο πλαίσιο ανάπτυξης της ενιαίας ψηφιακής αγοράς, σύμφωνα και με τους στόχους της Digital Agenda 2020¹²⁷. Πιο συγκεκριμένα, τον Φεβρουάριο του 2017, δημοσιεύτηκε η πρώτη έκθεση του ερευνητικού τμήματος του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου (EPRS) με τίτλο «How Blockchain technology can change our lives»¹²⁸, ενώ ένα έτος αργότερα (2018), τα κράτη μέλη της ΕΕ και η Νορβηγία υπέγραψαν Κοινή Δήλωση με την οποία δημιουργήθηκε η Ευρωπαϊκή Συνεργασία Τεχνολογίας Blockchain (European Blockchain Partnership)¹²⁹ και συμφώνησαν να συνεργαστούν για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Υποδομής Υπηρεσιών Blockchain (European Blockchain Services Infrastructure - EBSI)¹³⁰ που θα στηρίζει την ανάπτυξη διασυνοριακών ψηφιακών δημόσιων υπηρεσιών, με τα

επισημαίνουν την ανάγκη προστασίας των καταναλωτών από φαινόμενα αθέμιτης απόσπασης χρημάτων εκ μέρους επιτηδείων.

¹²⁷ Digital Agenda for Europe | Fact Sheets on the European Union | European Parliament (no date). Διαθέσιμο σε: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/64/digital-agenda-for-europe>

¹²⁸ How blockchain technology could change our lives - Publications Office of the EU (no date). <https://op.europa.eu/el/publication-detail/-/publication/9964fbfd-6141-11e7-8dc1-01aa75ed71a1>

¹²⁹ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/blockchain-partnership>

¹³⁰ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-blockchain-services-infrastructure>

υψηλότερα πρότυπα ασφάλειας και ιδιωτικότητας¹³¹. Με την κοινή αυτή δήλωσή τους τα κράτη μέλη είχαν συμφωνήσει να επικεντρωθούν, σε πρώτη φάση, στη δημιουργία διασυνοριακών ψηφιακών δημόσιων υπηρεσιών, χρησιμοποιώντας την Τεχνολογία Κατανεμημένου Καθολικού (DLT), πληρώντας παράλληλα τα υψηλότερα πρότυπα ασφάλειας, ιδιωτικότητας, αειφορίας και συμμόρφωσης προς τη νομοθεσία της ΕΕ. Επίσης, είχαν συμφωνήσει, σε δεύτερο στάδιο, η Τεχνολογία Κατανεμημένου Καθολικού (DLT) να είναι διαθέσιμη στις τοπικές δημόσιες αρχές και στον ιδιωτικό τομέα, γεγονός που θα ενίσχυε την ανάπτυξη ενός ανοιχτού, καινοτόμου, αξιόπιστου και επιτυχημένου οικοσυστήματος τεχνολογίας Blockchain.

2. Η πρόταση του Ψηφίσματος του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με τις Τεχνολογίες Κατανεμημένου Καθολικού (DLT) και blockchain

Στο πιο πάνω πλαίσιο τήρησης ουδετερότητας -όσον αφορά στην νομική ρύθμιση-, κινείται και το ψήφισμα¹³² του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με τις Τεχνολογίες Κατανεμημένου Καθολικού και το blockchain, το οποίο εγκρίθηκε στις 3 Οκτωβρίου 2018, όπου συνοπτικά, επισημαίνεται ότι οποιαδήποτε κανονιστική ρύθμιση της τεχνολογίας DLT θα πρέπει να είναι φιλική προς την καινοτομία, θα πρέπει να επιτρέπει τη μεταβίβαση σε αυτή και θα πρέπει να καθοδηγείται από τις αρχές της ουδετερότητας της τεχνολογίας και της ουδετερότητας των επιχειρηματικών μοντέλων. Σύμφωνα με το ψήφισμα, οι Τεχνολογίες Κατανεμημένου Καθολικού (DLT) μπορούν να βελτιώσουν βασικούς τομείς της οικονομίας, καθώς και την ποιότητα των δημοσίων

¹³¹ Στόχος της λειτουργίας της πλατφόρμας Ευρωπαϊκή Υποδομή Υπηρεσιών Blockchain (EBSI) είναι η γνησιότητα των εγγράφων καθώς και αυθεντικοποίησή τους (π.χ. ευρωπαϊκοί τίτλοι σπουδών), ώστε ο κάθε χρήστης, π.χ. μια εταιρεία ή οργανισμός που θέλει να προσλάβει εργαζόμενο, να μπορεί να διασταυρώσει την αξιοπιστία τους. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει η πεποίθηση ότι θα αποφευχθούν οι μεμονωμένες προσεγγίσεις των Κρατών – Μελών, επιτυγχάνοντας τη δια-λειτουργικότητα των υπηρεσιών που θα βασίζονται στην τεχνολογία blockchain.

¹³² Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 3ης Οκτωβρίου 2018 σχετικά με τις τεχνολογίες κατανεμημένου καθολικού (DLT) και το σύστημα blockchain: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2018-0373_EL.html?redirect

υπηρεσιών, παρέχοντας στους καταναλωτές και πολίτες, υψηλού επιπέδου συναλλακτική εμπειρία.

Το Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τις ακόλουθες βασικές συστάσεις:

i. να πραγματοποιηθεί εμπειριστατωμένη ανάλυση του ισχύοντος νομικού πλαισίου των κρατών μελών όσον αφορά την εκτελεστικότητα των έξυπνων συμβάσεων (smart contracts),

ii. να αναπτυχθούν τεχνικά πρότυπα για τις τεχνολογίες κατανεμημένου καθολικού,

iii. να αναπροσαρμοσθούν τα εξειδικευμένα προγράμματα σπουδών σε πανεπιστημιακό επίπεδο, ώστε να συμπεριλαμβάνονται οι σπουδές σε αναδυόμενες τεχνολογίες όπως η τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού,

iv. οποιαδήποτε κανονιστική αντιμετώπιση της τεχνολογίας κατανεμημένου καθολικού θα πρέπει να είναι φιλοκαινοτόμος, να επιτρέπει μηχανισμό διαβατηρίου (passporting), και να διέπεται από τις αρχές της τεχνολογικής ουδετερότητας και της ουδετερότητας του επιχειρηματικού προτύπου,

v. η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα να παράσχουν ενημέρωση για τις πηγές αστάθειας των κρυπτονομισμάτων, να εντοπίσουν τους κινδύνους για το κοινό και να διερευνήσουν τις δυνατότητες ενσωμάτωσης των κρυπτονομισμάτων στο ευρωπαϊκό σύστημα πληρωμών,

vi. ενθαρρύνεται η δημιουργία πολλών και ανθεκτικών κόμβων τεχνολογίας κατανεμημένου καθολικού προκειμένου να αποφευχθεί η συγκέντρωση δεδομένων στα χέρια λίγων φορέων της αγοράς που θα μπορούσε να οδηγήσει σε αθέμιτη σύμπραξη, και

vii. να διερευνηθούν περιπτωσιολογικές μελέτες χρήσης τεχνολογίας κατανεμημένου καθολικού στη διαχείριση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης.

Επίσης, το Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου αναγνωρίζει την ανάγκη συμμόρφωσης της τεχνολογίας blockchain με το Γενικό Κανονισμό για την Προστασία των Προσωπικών Δεδομένων (GDPR) και επισημαίνει τους

κινδύνους που συνδέονται με την ιδιωτική ζωή και την προστασία των προσωπικών δεδομένων. Υπογραμμίζει ότι σε ένα δημόσιο καθολικό (public ledger) τα δεδομένα είναι ψευδωνυμοποιημένα και όχι ανώνυμα. Αν και δεν είναι δυνατή η άμεση αναγνώριση των μεμονωμένων μελών σε ένα δίκτυο, είναι δυνατή η έμμεση αναγνώριση (μέσω αναγνωριστικών που συνδέονται με τα δεδομένα). Τα ψευδωνυμοποιημένα δεδομένα εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του Γενικού Κανονισμού για την Προστασία των Προσωπικών Δεδομένων (GDPR).

Έτσι, το Ψήφισμα αναγνωρίζει ότι είναι «υψίστης σημασίας» να τηρείται κατά τη χρήση των τεχνολογιών καταμεμημένου καθολικού (DLT) η ενωσιακή νομοθεσία περί προστασίας των προσωπικών δεδομένων, ιδία δε ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία των Προσωπικών Δεδομένων (GDPR), και καλεί την Επιτροπή και τον Ευρωπαϊκό Επόπτη Προστασίας Δεδομένων να προσφέρουν περαιτέρω καθοδήγηση στο θέμα αυτό.

Πέραν όμως των προβληματισμών που αφορούν στην προστασία των προσωπικών δεδομένων, το Ψήφισμα εκτίμησε ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία ενδέχεται να ανατρέψει τα δεδομένα, όσον αφορά στον τρόπο λειτουργίας του διαδικτύου, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, όπως: α) τη δυνατότητα «αυτοδυναμίας» των πολιτών ως προς τον έλεγχο για την επιλογή και τον διαμοιρασμό των δεδομένων, β) την απουσία διαμεσολαβητών, γ) τη δυνατότητα δημιουργίας ενιαίου ηλεκτρονικού προτύπου δεδομένων για την εκτέλεση των συναλλαγών, δ) την ψευδωνυμοποίηση του εκάστοτε χρήστη, ε) τη δυνατότητα ανίχνευσης και εντοπισμού παράνομων δραστηριοτήτων, στ) τη διαφύλαξη της ακεραιότητας των δεδομένων των χρηστών σε συνδυασμό με τη διαπίστευση, η οποία δημιουργεί συναισθήματα ασφάλειας ενώ ταυτόχρονα εγκαινιάζει ένα νέο μοντέλο δημόσιας διοίκησης. Τέλος, στο Ψήφισμα υπογραμμίζεται ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία ενδέχεται να τύχει εφαρμογής σε πάρα πολλούς τομείς όπως στις μεταφορές, στην υγειονομική περίθαλψη, στις αλυσίδες εφοδιασμού, στην εκπαίδευση, στα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, στον χρηματοοικονομικό τομέα, κ.α.

3. Συνεργασίες σε περιφερειακό επίπεδο -Συνεργασία MED 7

Διεργασίες που αφορούν στην συνεργασία κρατών στην χρήση τεχνολογιών DLT έχουν λάβει χώρα και σε περιφερειακό επίπεδο. Επιγραμματικά να αναφερθεί ότι η Ελλάδα υπέγραψε τον Δεκέμβριο του 2018 μαζί με άλλες έξι Μεσογειακές χώρες (Γαλλία, Ιταλία, Πορτογαλία, Κύπρο, Μάλτα και Ισπανία) στο πλαίσιο της συνεργασίας MED 7, μία Δήλωση Συνεργασίας για τη χρήση των Τεχνολογιών Κατανεμημένου Καθολικού. Η υπογραφή αυτής της Δήλωσης ανοίγει ενδεχόμενα συνεργασιών στη μεσογειακή λεκάνη των τεχνολογικών εταιριών με έδρα την Ελλάδα. Η Δήλωση και η εν λόγω συνεργασία θα πρέπει να αξιοποιηθεί για απορρόφηση διαθέσιμων κονδυλίων της ΕΕ για την τεχνολογία DLT, ειδικότερα στα πλαίσια του νέου Πολυετούς Δημοσιονομικού Πλαισίου (2021-2027).

4. Προσωρινή πολιτική συμφωνία της 21^{ης} Δεκεμβρίου 2021

Μετά ταύτα, στις 21 Δεκεμβρίου 2021, οι πρέσβεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση ενέκριναν την προσωρινή πολιτική συμφωνία, η οποία επιτεύχθηκε στις 24 Νοεμβρίου 2021, μεταξύ της Προεδρίας του Συμβουλίου και των διαπραγματευτών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με ένα πιλοτικό καθεστώς για τις υποδομές της αγοράς που βασίζονται στην τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού (DLT), κάνοντας το πρώτο ουσιαστικό βήμα για την νομοθετική παρέμβαση, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, για τις τεχνολογίες κατανεμημένου καθολικού¹³³. Ειδικότερα το πιλοτικό καθεστώς καθορίζει τις προϋποθέσεις για την απόκτηση άδειας λειτουργίας υποδομής της αγοράς DLT, καθορίζει ποια χρηματοπιστωτικά μέσα DLT μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο διαπραγμάτευσης και περιγράφει λεπτομερώς τη συνεργασία μεταξύ των διαχειριστών υποδομών της αγοράς DLT, των εθνικών αρμόδιων αρχών και της ESMA¹³⁴. Στο πλαίσιο της συμφωνίας αυτής ψηφίστηκε από την Βουλή των

¹³³ <https://www.consilium.europa.eu/el/press/press-releases/2021/12/21/distributed-ledger-technology-member-states-endorse-agreement-reached-with-european-parliament/>

¹³⁴ Βλ. ειδικότερα: <https://www.consilium.europa.eu/media/53681/st14993-en21.pdf>

Ελλήνων, στις 27 Ιουλίου 2022, ο Νόμος 4961/2022 για τις «Αναδυόμενες Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών, ενίσχυση της Ψηφιακής Διακυβέρνησης και άλλες διατάξεις», ο οποίος ρυθμίζει, μεταξύ άλλων, και τις τεχνολογίες καταναμεμένου καθολικού.

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι η υιοθέτηση του παραπάνω ψηφίσματος, αλλά και οι εν γένει πρωτοβουλίες που έχουν ληφθεί εκ μέρους των οργάνων της Ευρωπαϊκή Ένωσης¹³⁵, για τις τεχνολογίες καταναμεμένου καθολικού αποτελούν απόρροια του αυξημένου ενδιαφέροντος για την στροφή στον ψηφιακό μετασχηματισμό των υπηρεσιών στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και παρακολούθημα σειράς νομοθετημάτων που ρυθμίζουν σχετικά ζητήματα συναλλαγών, όπως ο Κανονισμός (ΕΚ) υπ' αριθ. 593/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 17ης Ιουνίου 2008, για το εφαρμοστέο δίκαιο στις συμβατικές ενοχές (Ρώμη Ι)¹³⁶, ο Κανονισμός (ΕΚ) με αριθ. 864/2007 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 11ης Ιουλίου 2007, για το εφαρμοστέο δίκαιο στις εξωσυμβατικές ενοχές («Ρώμη ΙΙ»)¹³⁷, αλλά και το Σχέδιο κανονισμού για ένα Κοινό Πλαίσιο Αναφοράς.

Στο πλαίσιο της παρούσας θεματικής θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι ερμηνευτικές προσεγγίσεις –από την σκοπιά κυρίως του αστικού δικαίου- των νέων τεχνολογιών και των ειδικότερων χαρακτηριστικών που εισάγει η καθεμιά αλλά και οι γενικοί («κατευθυντήριοι») κανόνες, που περιέχονται στα προαναφερόμενα κείμενα και ψηφίσματα, μπορούν να αποτελέσουν, κατά την άποψή μας, κρίσιμα ερμηνευτικά «εργαλεία», τα οποία θα μπορούσαν ενδεχομένως να ληφθούν υπόψη στην μελέτη των ψηφιακών ιδιωτικών

¹³⁵ Βλ. επίσης Γνωμοδότηση της Ευρωπαϊκής Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής με θέμα «Αλυσίδες συστοιχιών και ενιαία αγορά της ΕΕ: τι μέλλει γενέσθαι;» σε <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019IE2261&from=EN>

¹³⁶ Ο Κανονισμός Ι των Βρυξελλών υποδεικνύει τον τόπο των ζημιόγων γεγονότων που συνέβησαν ή πρόκειται να συμβούν (Council Regulation (EC) 1215/2012).

¹³⁷ ο Κανονισμός ΙΙ της Ρώμης (Rome II Regulation) καθορίζει τον τόπο που συμβαίνει ένα γεγονός ή ζημία και βοηθά στην επιλογή των κατάλληλων νόμων που θα εφαρμοστούν ανάλογα με την περιοχή (Council Regulation (EC) 864/2007).

συναλλαγών και στην ερμηνεία των συμβάσεων που προκύπτουν από την χρήση τους.

III. Η νομοθετική ρύθμιση με τον Ν 4961/2022

Με την ψήφιση του Ν 4961/2022 για τις «Αναδυόμενες Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών, ενίσχυση της Ψηφιακής Διακυβέρνησης και άλλες διατάξεις» η Ελλάδα γίνεται μία από τις πρώτες χώρες¹³⁸ που εισάγει ένα συνολικό πλαίσιο κανόνων λειτουργίας συγκεκριμένων νέων τεχνολογιών δίνοντας για πρώτη φορά απτή – νομική διάσταση σε έννοιες που υπήρχαν μέχρι σήμερα μόνο στον ψηφιακό κόσμο, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things), η Διαδικασία Τρισδιάστατης Εκτύπωσης, αλλά και τα αντικείμενα της παρούσας θεματικής όπως οι Τεχνολογίες Κατανεμημένου Καθολικού (DLT), η Αλυσίδα συστοιχιών (Blockchain), τα «Εξυπνα Συμβόλαια» (Smart Contract). Έννοιες στις οποίες οι επιμέρους διατάξεις του ως άνω νόμου δίνουν πλέον συγκεκριμένους ορισμούς και επιβάλλουν κανόνες στη χρήση και τους χρήστες τους.

Με τις επιμέρους διατάξεις του νέου νόμου εισάγονται κανόνες για την αξιοποίηση των δυνατοτήτων και την ενίσχυση της λογοδοσίας και της διαφάνειας κατά τη χρήση τεχνολογίας τεχνητής νοημοσύνης (άρθρα 3-14). Ενδεικτικά, προβλέπεται ότι οι δημόσιοι φορείς (πλην του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας και της ΕΥΠ) χρησιμοποιούν συστήματα τεχνητής νοημοσύνης μόνο όταν αυτό προβλέπεται νομοθετικά και μόνο εφόσον έχουν εκπονήσει αλγοριθμική εκτίμηση αντικτύπου (άρθρο 5). Οι φορείς αυτοί δημοσιοποιούν τις παραμέτρους στις οποίες στηρίχθηκε η λήψη της απόφασης ή η έκδοση της πράξης με βάση την τεχνολογία αυτή, ενώ οι επιχειρήσεις του ιδιωτικού τομέα

¹³⁸ Η Λευκορωσία ήταν η πρώτη χώρα στον κόσμο που δημιούργησε συγκεκριμένο κανονιστικό πλαίσιο για την τεχνολογία του blockchain. Ειδικότερα, το 2017, ο Πρόεδρος της χώρας υπέγραψε Διάταγμα που ρύθμιζε νομοθετικά τις καινοτομίες που σχετίζονται με το blockchain και τα κρυπτονομίσματα με επίκεντρο την ίδρυση ενός τομέα υψηλής τεχνολογίας με την ονομασία High-Tech Park (HTP), με «ειδικό» φορολογικό και νομικό καθεστώς.

υποχρεούνται, αντιστοίχως, να δημοσιοποιούν τις σχετικές παραμέτρους κατά της διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με την εργασία (άρθρο 9).

Περαιτέρω, εισάγονται ρυθμίσεις για τη χρήση των τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων, όρος ο οποίος περιγράφει ένα δίκτυο έξυπνων συσκευών (smart devices) οι οποίες συνδέονται τόσο μεταξύ τους, όσο και με βάσεις δεδομένων με στόχο να παρέχουν πλήθος υπηρεσιών που αξιοποιούν και βασίζονται στα δεδομένα (άρθρα 32 έως 42). Η λογική των ρυθμίσεων αυτών, οι οποίες αφορούν στις κρίσιμες υποδομές του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα, χαρακτηρίζεται από την επιβολή αυστηρών προδιαγραφών ασφαλείας στις συσκευές αυτής της τεχνολογίας, όπως είναι η χρήση ασφαλών κωδικών και η κρυπτογράφηση, η υποχρέωση τήρησης μητρώου διασυνδεδεμένων συσκευών για λόγους διευκόλυνσης της εποπτείας, η επιβολή υποχρεώσεων στους φορείς εκμετάλλευσής τους, στους κατασκευαστές, τους εισαγωγείς και τους διανομείς, ώστε να καθίσταται δυνατή η απόδοση ευθύνης στην περίπτωση αστοχιών.

Με τον νέο νόμο θεσμοθετείται επίσης η χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (drones) για την παροχή ταχυδρομικών υπηρεσιών επί τη βάσει τεχνικώς χαρακτηριστικών και προδιαγραφών που θα καθοριστούν από το Υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης και την Αρχή Πολιτικής Αεροπορίας, δυνατότητα η οποία στοχεύει στην διευκόλυνση της πρόσβασης σε ακριτικές ή νησιωτικές περιοχές (άρθρα 43 έως 46).

Τέλος, όσον αφορά στην θεματική της παρούσας εργασίας, ο νέος νόμος εισάγει διατάξεις που αφορούν την δυνατότητα εγγραφής δεδομένων ή συναλλαγών μέσω blockchain ή άλλης Τεχνολογίας Κατανεμημένου Καθολικού, όπως επίσης και την κατάρτιση των «έξυπνων συμβολαίων». Ειδικότερα, στις διατάξεις των άρθρων 47 έως 52, ορίζεται πλέον νομοθετικά ότι το blockchain, αλυσίδα συστοιχιών, λειτουργεί ως δημόσια βάση καταγραφής δεδομένων, η οποία σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες, εξασφαλίζει επεξεργασία στοιχείων από ένα αποκεντρωμένο δίκτυο με ασφαλή και διαφανή τρόπο.

Επίσης ορίζεται ότι στη βάση της συγκεκριμένης τεχνολογίας αναπτύσσονται τα «έξυπνα συμβόλαια», δηλαδή, συμβάσεις οι όροι των οποίων εκτελούνται αυτοματοποιημένα και ψηφιακά, ακολουθώντας πρωτόκολλα

πληροφορικής και αλγορίθμους. Οι συναλλακτικοί αυτοί τρόποι αναγνωρίζονται με το προτεινόμενο νομοσχέδιο ως έγκυρες μορφές συμβάσεων και εντάσσονται στους ισχύοντες κανόνες του αστικού δικαίου της χώρας μας αναπτύσσοντας ισχύ έναντι διοικητικών αρχών και δικαστηρίων. Όλες οι προαναφερόμενες διατάξεις θα αναλυθούν έτι περαιτέρω, στην συνέχεια της εργασίας μας, στο πλαίσιο της εξεταζόμενης δογματικής ένταξης της τεχνολογίας του blockchain στο δίκαιο των συμβάσεων.

ΤΕΤΑΡΤΟ ΜΕΡΟΣ

Η νομική φύση του μητρώου δεδομένων blockchain

I. Το μητρώο δεδομένων του blockchain ως βάση δεδομένων

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται στο άρθρο 1 της Οδηγίας 96/9/EK για τη νομική προστασία των βάσεων δεδομένων, ο οποίος ενσωματώθηκε στον Ν 2121/1993 με το άρθρο 7 παρ. 1 του Ν 2819/2000, ως «βάση δεδομένων νοείται η συλλογή έργων, δεδομένων ή άλλων ανεξάρτητων στοιχείων, διευθετημένων κατά συστηματικό ή μεθοδικό τρόπο και ατομικώς προσιτών με ηλεκτρονικά μέσα ή κατ' άλλον τρόπο». Ο ορισμός αυτός είναι ιδιαίτερα ευρύς, αφού βασική προϋπόθεση για την παροχή έννομης προστασίας αποτελεί, κυρίως, η ύπαρξη ενός συστήματος που επιτρέπει την άμεση (βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων) πρόσβαση σε ανεξάρτητα αρχεία που είναι αποθηκευμένα στην βάση με τη συνδρομή ψηφιακών (ή μη) μέσων. Ο πιο πάνω ορισμός περιλαμβάνει τόσο τις ηλεκτρονικές (ψηφιακές) όσο και τις παραδοσιακές, μη ηλεκτρονικές, βάσεις, ενώ ο σκοπός για τον οποίο δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων (αν είναι δηλ. κερδοσκοπικός ή μη) είναι νομικά αδιάφορος και δεν επηρεάζει την παροχή προστασίας από τον νόμο. Εξίσου αδιάφορο είναι και το μέσο αποθήκευσης των πληροφοριών, καθώς κάτι τέτοιο δεν διευκρινίζεται στο νόμο.

Συνακόλουθα, οι δύο κύριες ιδιότητες μιας ψηφιακής βάσης δεδομένων είναι η συμπερίληψη σε αυτές δεδομένων και «εργαλείων», τα οποία χρησιμεύουν για την αποθήκευση, οργάνωση, αναζήτηση και μετάδοση πληροφοριών¹³⁹, ενώ η πρωταρχική αξία κάθε βάσης μπορεί να έγκειται είτε στα δεδομένα που περιέχει¹⁴⁰, είτε στα εξειδικευμένα εργαλεία που χρησιμοποιεί¹⁴¹. Κρίσιμο στοιχείο για τον καθορισμό μίας συλλογής ως βάσης δεδομένων, όπως έχει κριθεί

¹³⁹ Για το περιεχόμενο της ψηφιακής βάσης δεδομένων και τα είδη τους βλ. ειδικότερα: Μαρίνο, Νομική Προστασία Βάσεων Δεδομένων –το ιδιαίτερο (sui generis) δικαίωμα της Οδηγίας 96/9ΕΟΚ, ΔΕΕ 1997, σελ. 129 επ.

¹⁴⁰ Λ.χ. η ψηφιακή βιβλιοθήκη ενός Πανεπιστημιακού Ιδρύματος.

¹⁴¹ Λ.χ. η μηχανή αναζήτησης του διαδικτύου Google.

νομολογιακά¹⁴², αποτελεί αφενός η ύπαρξη δυνατότητας διαχωρισμού των επιμέρους στοιχείων της (δεδομένων) χωρίς να επηρεάζεται η αξία του περιεχομένου τους, αφετέρου δε η ύπαρξη ορισμένης τεχνολογικής μεθόδου που να επιτρέπει την ταχεία και με χρήση διαφόρων κριτηρίων ανεύρεση των επιμέρους στοιχείων της. Επιπρόσθετα, εφόσον μια βάση δεδομένων παρουσιάζει το στοιχείο της «πρωτοτυπίας» ως προς το περιεχόμενό της, αν δηλαδή έχει γίνει δημιουργική επιλογή του περιεχομένου της ή πρωτότυπη διευθέτησή του, σε αυτήν την περίπτωση ο δημιουργός προστατεύεται ως κάτοχος πνευματικού δικαιώματος. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να διευκρινιστεί ότι η παρεχόμενη προστασία προς τον δημιουργό ή τον κατασκευαστή της βάσης δεδομένων αφορά τη βάση δεδομένων καθεαυτή και δεν εκτείνεται στα περιεχόμενα στοιχεία της.

Εξ όσων αναλυτικά έχουν εκτεθεί στο δεύτερο μέρος της εργασίας, συμπεραίνεται ότι τα μητρώα δεδομένων που βασίζονται στην τεχνολογία blockchain αποτελούν, κατ' αρχήν, «συλλογές», κατά την έννοια της Οδηγίας 96/9/ΕΚ, εντός των οποίων αποθηκεύονται (καταχωρούνται) εγγραφές δεδομένων, έργων ή άλλων ανεξάρτητων στοιχείων, διευθετημένες κατά συστηματικό τρόπο σε block. Επιπρόσθετα, υπάρχει η τεχνική δυνατότητα αναζήτησης και εξαγωγής μεμονωμένων δεδομένων από την αλυσίδα blockchain, χωρίς να επηρεάζεται, καθ' οιονδήποτε τρόπο η «αξία» των υπολοίπων. Όπως επίσης υφίσταται η δυνατότητα να αναζητηθούν επιμέρους στοιχεία εντός του blockchain με τη χρήση ορισμένης μεθόδου ή συστήματος, ιδίως από τη στιγμή που οι εγγραφές των δεδομένων είναι τακτοποιημένες σε αλληλένδετα μεταξύ τους block, τοποθετημένα με σειρά χρονικής προτεραιότητας. Επίσης, με δεδομένο ότι το μητρώο blockchain τηρείται σε ορισμένο δίκτυο υπολογιστών, δίδεται η δυνατότητα στους χρήστες, με τη χρήση του κατάλληλου λογισμικού, να αποκτήσουν πρόσβαση στο περιεχόμενο του μητρώου δεδομένων. Ως εκ τούτου, πρέπει να γίνει δεκτό ότι το μητρώο δεδομένων του blockchain εμπίπτει στην έννοια της βάσεως δεδομένων και απολαμβάνει της προστασίας του νόμου,

¹⁴² Αποφάσεις ΔΕΚ της 9.11.2004 επί των υποθέσεων C-203/2002, C-46/2002, C-444/2002 και C-338/2002.

τουλάχιστον με το *sui generis* δικαίωμα¹⁴³ του κατασκευαστή της βάσης δεδομένων¹⁴⁴.

Με την εννοιολογική ένταξη των μητρώων δεδομένων blockchain στις βάσεις δεδομένων που απολαμβάνουν την προστασία που παρέχει η Οδηγία 96/9/EK και ο Ν 2121/1994 φαίνεται να συμφωνεί και η θεωρία¹⁴⁵, ενώ το θέμα αυτό δεν έχει απασχολήσει ακόμη τη νομολογία των δικαστηρίων. Η έννομη προστασία συνίσταται στην αξίωση του δημιουργού όσον αφορά στην αναγνώριση του δικαιώματός του, την άρση της προσβολής και την παράλειψή της στο μέλλον, καθώς και την καταβολή αποζημίωσης για την ανόρθωση της περιουσιακής ζημίας και την ικανοποίηση της ηθικής βλάβης, σύμφωνα με το άρθρο 65 παρ. 6 του Ν 2121/1993. Επίσης υπάρχουν στο νόμο και ποινικές διατάξεις σε περιπτώσεις χωρίς δικαίωμα αναπαραγωγής της βάσεως δεδομένων και για άλλες παράνομες προσβολές (άρθρα 66 παρ. 9 και 10 του Ν 2121/1993).

II. Το blockchain ως παροχή υπηρεσιών

Πέραν της ένταξης των μητρώων δεδομένων του blockchain στην έννοια των βάσεων δεδομένων της οδηγίας 96/9/EK μένει να διερευνηθεί αν οι υπηρεσίες που παρέχονται εντός μιας πλατφόρμας blockchain δύνανται, και υπό ποιες προϋποθέσεις, να χαρακτηριστούν ως υπηρεσίες της Κοινωνίας της

¹⁴³ Για την αποτελεσματική προστασία του δημιουργού βάσης δεδομένων η Οδηγία 96/6 εισάγει ένα νέο, ιδιαίτερο δικαίωμα (*sui generis*). Το δικαίωμα *sui generis* συνίσταται στην εξουσία του κατασκευαστή της βάσης δεδομένων να απαγορεύει την εξαγωγή ή/και επαναχρησιμοποίηση του συνόλου ή ουσιώδους μέρους του περιεχομένου της βάσης δεδομένων, αξιολογούμενου ποιοτικά ή ποσοτικά, εφόσον η απόκτηση, ο έλεγχος ή η παρουσίαση του περιεχομένου της βάσης δεδομένων καταδεικνύουν ουσιώδη ποιοτική ή ποσοτική επένδυση. Η θέσπιση του δικαιώματος αυτού αποσκοπεί στην προστασία της σημαντικής επένδυσης του κατασκευαστή της βάσης, από άποψη χρηματοδοτικών μέσων, δαπάνης χρόνου, προσπαθειών και ενέργειας. Βλ. Ιγγλεζάκη Ι., Δίκαιο Πληροφορικής, εκδ. Σάκκουλα, Δ έκδοση, σελ. 62 επ.

¹⁴⁴ Βλ. Σανταμούρη Π., ό.π.

¹⁴⁵ Βλ. σχετικά Γιαννόπουλου Α., Νομικά θέματα σχετικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, Περιβάλλον και Δίκαιο, τεύχος 2.2019 σελ. 4, και Παπαδόπουλου Α., Blockchain: Η τεχνολογία που υπόσχεται «ψηφιακή ασφάλεια» -Πιθανές εφαρμογές και συνέπειες για το δίκαιο της πνευματικής ιδιοκτησίας και ιδίως στο ζήτημα της ψηφιακής ανάλωσης, ΕπισκεΕΔ, τεύχος 2/2018, σελ. 212 επ.

Πληροφορίας υπό την έννοια των διατάξεων της Οδηγίας 2000/31/EK¹⁴⁶, όπως αυτή έχει μεταφερθεί στην ελληνική έννομη τάξη με το Προεδρικό Διάταγμα 131/2003. Ειδικότερα το πεδίο εφαρμογής του π.δ. 131/2003 καλύπτει τις υπηρεσίες της κοινωνίας των πληροφοριών, δηλ. περιλαμβάνει κάθε υπηρεσία που συνήθως παρέχεται έναντι αμοιβής, με ηλεκτρονικά μέσα εξ αποστάσεως και κατόπιν συγκεκριμένης επιλογής ενός αποδέκτη υπηρεσιών, κατά την έννοια του άρθρου 2 στοιχ. Β΄ του π.δ. 81/2018 (άρθρο 1 περ. α΄ π.δ. 131/2003).

Η διάταξη αυτή (το άρθρο 2 του π.δ. 81/2018) ορίζει ότι με τους ως άνω όρους νοείται: α) «εξ αποστάσεως»: υπηρεσία που παρέχεται χωρίς τα συμβαλλόμενα μέρη να είναι ταυτόχρονα παρόντα, β) «με ηλεκτρονικά μέσα»: υπηρεσία που παρέχεται στην αφετηρία της και γίνεται αποδεκτή στον προορισμό της μέσω εξοπλισμών ηλεκτρονικής επεξεργασίας (συμπεριλαμβανομένης της ψηφιακής συμπίεσης) ή αποθήκευσης δεδομένων και η οποία παρέχεται, διαβιβάζεται και λαμβάνεται εξ ολοκλήρου μέσω τηλεφωνικής γραμμής, ραδιοφωνικής μετάδοσης, οπτικής ίνας ή με άλλα ηλεκτρομαγνητικά μέσα, γ) «κατόπιν συγκεκριμένης παραγγελίας ενός αποδέκτη υπηρεσιών»: υπηρεσία που παρέχεται με μετάδοση δεδομένων κατόπιν συγκεκριμένης παραγγελίας.

Λαμβάνοντας υπόψη όσα λεπτομερώς εκτέθηκαν στο δεύτερο μέρος της εργασίας σχετικά με την αρχιτεκτονική των εν λόγω μητρώων δεδομένων (που στηρίζονται στην τεχνολογία blockchain), γίνεται σαφές ότι οι υπηρεσίες που παρέχονται εντός δικτύου blockchain πληρούν τουλάχιστον τις τρεις από τις τέσσερις συνολικά προϋποθέσεις που τίθενται προκειμένου να χαρακτηριστούν ως υπηρεσίες της «Κοινωνίας της Πληροφορίας», κατά την έννοια της Οδηγίας 2000/31/EK. Αναλυτικότερα, η παροχή υπηρεσιών σε πλατφόρμες blockchain παρέχονται με ηλεκτρονικά μέσα, «εξ αποστάσεως», ήτοι μέσω των αποκεντρωμένων δικτύων peer to peer, χωρίς τα συμβαλλόμενα μέρη να είναι ταυτόχρονα παρόντα, ενώ οι υπηρεσίες παρέχονται κατόπιν εξατομικευμένου αιτήματος του αποδέκτη τους, δηλαδή του χρήστη που συμμετέχει στο δίκτυο blockchain¹⁴⁷. Ως εκ τούτου, μόνη πραγματική προϋπόθεση για την υπαγωγή της

¹⁴⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0031&from=EL>

¹⁴⁷ Βλ. Σανταμούρη Π., ό.π.

παροχής υπηρεσιών εντός μιας πλατφόρμας blockchain στο αντικειμενικό πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας 2000/31/EK, είναι η παροχή των προσφερόμενων υπηρεσιών στον αποδέκτη τους έναντι αμοιβής, αυτό δε συμβαίνει στην πλειονότητα των περιπτώσεων.

Πέραν όμως των πιο πάνω προϋποθέσεων, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η εν γένει αρχιτεκτονική των συγκεκριμένων δικτύων και η φιλοσοφία που διέπει την χρήση τους ώστε να κριθεί αν υπάγονται στο υποκειμενικό πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας 2000/31/EK, δηλ. ως προς τα πρόσωπα που αυτή καταλαμβάνει. Ειδικότερα, σύμφωνα με την γραμματική διατύπωση των διατάξεων της Οδηγίας 2000/31/EK (άρθρο 1) ως φορέας υπηρεσιών της «Κοινωνίας της Πληροφορίας» μπορεί να θεωρηθεί κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο που παρέχει τις σχετικές υπηρεσίες εντός του δικτύου. Πέραν αυτού όμως ο φορέας των υπηρεσιών έχει ορισμένες υποχρεώσεις όπως: την άσκηση της οικονομικής δραστηριότητάς του μέσω μιας μόνιμης εγκατάστασης, την παροχή συγκεκριμένων «γενικών πληροφοριών», όπως την επωνυμία του φορέα της υπηρεσίας, την γεωγραφική διεύθυνση στην οποία είναι εγκατεστημένος, ενώ υφίστανται εκτεταμένες ευθύνες που σχετίζονται με την τήρηση υποχρεώσεων δημοσιότητας, με τον έλεγχο του περιεχομένου των συντελούμενων επικοινωνιών, με τη διασφάλιση του σύννομου χαρακτήρα της διενεργούμενης επεξεργασίας προσωπικών δεδομένων, με τη λήψη τεχνικών μέτρων για την κατοχύρωση της ασφάλειας και της ακεραιότητας του δικτύου κ.ο.κ.

Οι υποχρεώσεις αυτές, όπως ειδικά αναφέρονται τόσο στην Οδηγία 2000/31/EK, όσο και στο π.δ. 131/2003, έρχονται σε αντίθεση με βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των μητρώων δεδομένων του blockchain, όπως είναι η «αποδιαμεσολάβηση» και ο αποκεντρωμένος χαρακτήρας του δικτύου, καθώς και η προστασία των δεδομένων των χρηστών (nodes) του εκάστοτε δικτύου. Τούτο δε διότι θα πρέπει να αρθούν τα βασικά αυτά χαρακτηριστικά και να υπάρξει, κατά τις επιταγές της Οδηγίας, ορισμός ενός υπεύθυνου προσώπου στο οποίο θα δύνανται να καταλογιστούν οι ευθύνες που προβλέπονται στις διατάξεις της ως άνω Οδηγίας. Συνεπώς, στα δίκτυα blockchain, αφενός υπάρχουν οι αντικειμενικές δυσκολίες ως προς τον ορισμό του συγκεκριμένου προσώπου

(node) ως υπεύθυνου κατά τις ως άνω διατάξεις (καθώς οι ρόλοι των χρηστών εναλλάσσονται κάθε φορά), αφετέρου υπάρχει ο κίνδυνος να υπάρξει σύγχυση ως προς τον φορέα των παρεχόμενων υπηρεσιών και να λογιστούν ως «φορείς υπηρεσιών» και οι υπόλοιποι χρήστες ενός δικτύου blockchain, με αποτέλεσμα την ανάληψη δυσανάλογα μεγάλων ευθυνών σε αυτούς¹⁴⁸ ειδικά αν αναλογιστεί κανείς το πλήθος και τον όγκο των συναλλαγών που διενεργούνται εντός ενός δικτύου blockchain με τη μορφή της παροχής υπηρεσιών.

Περισσότερο πρόσφορη φαίνεται η λύση να μην αντιμετωπίζονται και οι υπόλοιποι χρήστες ενός δικτύου blockchain ως «φορείς υπηρεσιών», αλλά ως «μεσάζοντες» υπηρεσιών της «Κοινωνίας της Πληροφορίας» και να απαλλάσσονται από κάθε ευθύνη σύμφωνα με τα οριζόμενα στις διατάξεις του Τμήματος 4 της Οδηγίας 2000/31/ΕΚ. Οι διατάξεις του Τμήματος 4 της Οδηγίας, που φέρει τίτλο «Ευθύνη των μεσαζόντων παροχής υπηρεσιών», εφαρμόζονται σε πρόσωπα που φέρουν μεν την ιδιότητα του φορέα υπηρεσιών της «Κοινωνίας της Πληροφορίας», πλην όμως ο ρόλος τους περιορίζεται στην απλή μετάδοση των πληροφοριών που ανταλλάσσονται εντός δικτύου χωρίς να επεμβαίνουν σε αυτές. Η συγκεκριμένη προσέγγιση λαμβάνει υπόψη και την αρχιτεκτονική στην οποία βασίζεται το blockchain καθώς κατά τη λειτουργία του δικτύου οι χρήστες του δεν επεμβαίνουν στις πληροφορίες που ανταλλάσσονται σε αυτό, αλλά λειτουργούν περισσότερο ως απλοί αγωγοί διευκολύνοντας τη μετάδοσή τους.

¹⁴⁸ Βλ. Σανταμούρη Π., ό.π.

ΠΕΜΠΤΟ ΜΕΡΟΣ

Η ένταξη του Blockchain στον χώρο του δικαίου των συμβάσεων

I. Οι εγγραφές δεδομένων ως ηλεκτρονικά έγγραφα

Όπως είδαμε στο αμέσως προηγούμενο κεφάλαιο τα μητρώα δεδομένων blockchain αποτελούν, κατά την έννοια του νόμου, βάσεις δεδομένων στις οποίες ο κάθε χρήστης μπορεί να καταχωρίσει –αποθηκεύσει οποιοδήποτε αρχείο επιθυμεί (ηλεκτρονικά έγγραφα, οπτικοακουστικό υλικό, ηλεκτρονικές συναλλαγές, κ.α.). Οι εφαρμογές του blockchain είναι πλέον αναρίθμητες και αφορούν σε κάθε σχεδόν κλάδο της οικονομικής ζωής των χρηστών του, είτε αυτοί είναι ιδιώτες είτε εταιρείες. Συνακόλουθα, μια βάση δεδομένων blockchain δύναται να αποτελείται είτε από συναλλαγές άυλων αγαθών (π.χ. οικονομικές αξίες, κρυπτονομίσματα), είτε να ενσωματώνει υλικά αγαθά (π.χ. τίτλους ιδιοκτησίας υλικών αγαθών, ψηφιακά πιστοποιητικά, έξυπνα συμβόλαια, κλπ). Ως κύρια και πρωταρχική μορφή των δεδομένων που δύναται να αποθηκευθούν στις πλατφόρμες blockchain θα εξεταστεί, κατ' αρχάς, το ιδιωτικό έγγραφο (είτε αυτό περιλαμβάνει δηλώσεις βούλησης του συντάκτη του που ενδιαφέρουν νομικά, είτε όχι).

Τα ηλεκτρονικά έγγραφα, δηλ. τα έγγραφα που αποθηκεύονται στην μνήμη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή και διακινούνται ηλεκτρονικά, παρουσιάζουν μια σειρά από μειονεκτήματα, όπως ότι στερούνται της σταθερότητας κατά την ενσωμάτωσή τους και μπορεί να υποστούν μετατροπές, αλλοιώσεις ή διαγραφές που είναι αδύνατον να εντοπιστούν, αλλά και ότι δεν διαθέτουν την ιδίοχειρη υπογραφή που είναι απαραίτητη στα έγγραφα όπου ο τύπος είναι συστατικός. Επιπλέον, όταν διακινούνται μέσω ανοικτών δικτύων, όπως είναι το διαδίκτυο, υπάρχει κίνδυνος να υποκλαπούν αυτά από τρίτους και να αλλοιωθεί ή τροποποιηθεί το περιεχόμενό τους¹⁴⁹.

¹⁴⁹ Βλ. για τα ηλεκτρονικά έγγραφα Ιγγλεζάκη Ι., Δίκαιο Πληροφορικής, εκδ. Σάκκουλα (Δ έκδοση), σελ. 251 επ. και Μανιώτη Δ., Το ηλεκτρονικό έγγραφο –Επίκαιρες πρακτικές εφαρμογές, ΕΠολΔ (2017), σελ. 105.

Βασικό πρόβλημα των ηλεκτρονικά διακινούμενων εγγράφων αποτελεί, αφενός, η δυσχέρεια ως προς την εξακρίβωση της ταυτότητας του συντάκτη τους, αφετέρου δε, η δυσχέρεια της αυθεντικότητας και μη αλλοίωσής τους. Όπως ήδη ειπώθηκε στο δεύτερο μέρος της εργασίας, ήδη αξιοποιούνται πλήρως οι δυνατότητες που προσφέρει η επιστήμη των υπολογιστών αναφορικά με την ενίσχυση της ασφάλειας των ηλεκτρονικών συναλλαγών με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων ασύμμετρης κρυπτογράφησης που εξασφαλίζουν την ασφαλή διακίνηση και αποθήκευση δεδομένων σε ανοικτά δίκτυα (και σε δίκτυα ομότιμων κόμβων-peer to peer). Επίσης αναφέρθηκε στο οικείο κεφάλαιο της εργασίας ότι για την εξασφάλιση της γνησιότητας των εγγράφων που διακινούνται και αποθηκεύονται εντός των δικτύων blockchain χρησιμοποιείται η τεχνολογία της ηλεκτρονικής υπογραφής.

Ως ηλεκτρονική υπογραφή, σύμφωνα με τον ορισμό που δίδεται στο άρθρο 3 αριθμ. 10 του Κανονισμού 2014/910¹⁵⁰, νοούνται τα «δεδομένα σε ηλεκτρονική μορφή τα οποία είναι συνημμένα σε άλλα ηλεκτρονικά δεδομένα ή συσχετίζονται λογικά με άλλα δεδομένα σε ηλεκτρονική μορφή και τα οποία χρησιμοποιούνται από τον υπογράφο για να υπογράψει»¹⁵¹. Περαιτέρω, στο άρθρο 25 παρ. 2 του Κανονισμού προβλέπεται ότι νομική ισχύ, ισοδύναμη με την ιδιόχειρη υπογραφή έχει η εγκεκριμένη υπογραφή, ως τέτοια δε ορίζεται «η προηγμένη ηλεκτρονική υπογραφή που δημιουργείται από εγκεκριμένη διάταξη δημιουργίας ηλεκτρονικής υπογραφής και η οποία βασίζεται σε εγκεκριμένο πιστοποιητικό ηλεκτρονικής υπογραφής¹⁵²». Η εξομοίωση της εγκεκριμένης ηλεκτρονικής με την ιδιόχειρη υπογραφή σημαίνει ότι όπου προβλέπεται έγγραφος τύπος από το νόμο ή από τη συμφωνία των μερών, το ηλεκτρονικό έγγραφο με την ηλεκτρονική υπογραφή

¹⁵⁰ Βλ. Κανονισμό (ΕΕ) 910/2014 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23^{ης} 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, προσβάσιμο σε: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0910&from=CS>

¹⁵¹ Από τον ορισμό αυτό γίνεται σαφές ότι στην έννοια της ηλεκτρονικής υπογραφής εμπίπτουν οι τεχνικές κρυπτογράφησης, με τις οποίες κρυπτογραφείται όλο ή τμήμα του ηλεκτρονικού εγγράφου.

¹⁵² Βλ. άρθρο 3 αριθμ. 12 του Κανονισμού.

επέχει θέση ιδιωτικού εγγράφου με την έννοια του άρθρου 160 ΑΚ και θεωρείται, κατά πλάσμα δικαίου, ως ιδιωτικό έγγραφο κατά το άρθρο 443 ΚΠολΔ¹⁵³.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα δίκτυα blockchain είναι βάσεις δεδομένων στις οποίες οι εγγραφές -συναλλαγές (transactions) καταχωρούνται σε block, το οποίο αποτελεί το δομικό στοιχείο της αλυσίδας blockchain. Η σκοπιμότητα ως προς την ένταξη συγκεκριμένων δεδομένων σε ένα δίκτυο blockchain, συνδέεται αυτονόητα με τα λειτουργικά πλεονεκτήματα που προσφέρει η συγκεκριμένη τεχνολογία, καθώς μετά από την καταχώρηση συγκεκριμένων δεδομένων σε ένα block, αυτά παραμένουν αμετάβλητα, δεν διαγράφονται, αλλά μετατρέπονται σε «αμάχητα τεκμήρια απόδειξης¹⁵⁴». Συνεπώς, για την ταυτότητα του νομικού λόγου, οι εγγραφές σε δίκτυο blockchain συνιστούν ιδιωτικά ηλεκτρονικά έγγραφα¹⁵⁵ και έχουν, εξ αυτού του λόγου, ανάλογη αποδεικτική ισχύ.

Ο αρχικός στόχος των εμπνευστών της συγκεκριμένης τεχνολογίας ήταν η δημιουργία ενός ηλεκτρονικού συστήματος πληρωμών, βασισμένου όχι στην εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων χρηστών, αλλά στην κρυπτογραφική επαλήθευση. Έτσι, εκ του σχεδιασμού του το blockchain παρέχει στους συμμετέχοντες στο δίκτυο ένα σύνολο προκαθορισμένων λειτουργιών -ιδιοτήτων, που σχετίζονται με την Απόδειξη της Ιδιοκτησίας (Proof of Ownership). Σε αυτή τη περίπτωση, το blockchain χρησιμοποιείται, σε συνδυασμό με τις τεχνολογικές μεθόδους που αφορούν στην εξουσιοδότηση και την αυθεντικοποίηση του εκάστοτε χρήστη, για να αποδείξει πρωτίστως την ιδιοκτησία σε ένα αποθηκευμένο έγγραφο ή, ακόμη, και σε ένα περιουσιακό στοιχείο (digital asset).

Παρόλα αυτά, η τεχνολογία blockchain, λόγω των εγγενών χαρακτηριστικών της, παρουσιάζει και άλλες ιδιότητες που μπορούν να αξιοποιηθούν αποδεικτικά όσον αφορά στην αποθήκευση εγγράφων, μεταξύ των οποίων ενδεικτικά: α) η

¹⁵³ Βλ. Ιγγλεζάκη Ι., ό.π., σελ. 257 επ.

¹⁵⁴ Ακόμη και παρά τη θέληση του συντάκτη τους.

¹⁵⁵ Βλ. Νικολόπουλο Γ., Δίκαιο Απόδειξης, εκδ. Αντ. Ν. Σάκκουλα, έκδ. 2^η, σελ. 337-338, και Θεοδωράκη Ν. -Καλογεράκη Γ., Blockchain: εφαρμογές, προοπτικές και προκλήσεις για το ελληνικό νομικό σύστημα, ΔΙΜΕΕ, τεύχος 1/2019, σελ. 20, οι οποίοι αναφέρουν ότι οι εγγραφές του blockchain δεν θεωρούνται αποσπάσματα από ηλεκτρονικώς τηρούμενα εμπορικά βιβλία (κατά το άρθρο 444 του ΚΠολΔ) για τον λόγο ότι το βιβλίο του καθολικού είναι προαιρετικό εμπορικό βιβλίο.

Απόδειξη της Ύπαρξης (Proof of Existence), καθώς η αποθήκευση των δεδομένων έχει κύριο στόχο την απόδειξη της ύπαρξης (π.χ. έργα πνευματικής ιδιοκτησίας, άδειες ή άλλα αποδεικτικά έγγραφα κ.ά.), β) Απόδειξη του Χρόνου (Proof of time), με την χρήση των κατάλληλων τεχνολογιών υπάρχει η δυνατότητα παροχής απόδειξης της χρονικής στιγμής (με μεγάλη ακρίβεια)¹⁵⁶ κατά την οποία μια εγγραφή προστέθηκε σε ένα δίκτυο blockchain¹⁵⁷. Αυτό καθίσταται δυνατό λόγω της εγγενούς δυνατότητας του blockchain, όπως αναφέρθηκε στο οικείο κεφάλαιο της εργασίας, να εγγράφει τον χρόνο σε κάθε block, όταν αυτό εισάγεται στο δίκτυο, και γ) Απόδειξη της Σειράς (Proof of order) λόγω της προηγούμενης δυνατότητας, ουσιαστικά το blockchain προσφέρεται για την απόδειξη της αλληλουχίας των γεγονότων. Περιπτώσεις που μπορούν να ωφεληθούν από το χαρακτηριστικό αυτό είναι εκείνες για τις οποίες έχει σημασία η χρονική σειρά των γεγονότων (π.χ. η παρακολούθηση μιας διαδικασίας δημόσιων προμηθειών, μιας διαδικασίας αιτήσεων, κ.ά.).

Οι τεχνολογικές δυνατότητες δηλ. που προσφέρει το blockchain αφορούν τόσο στον τύπο των εγγράφων, καθώς τα έγγραφα που καταχωρούνται σε ένα δίκτυο blockchain φέρουν ηλεκτρονική υπογραφή, όσο και σε άλλες ιδιότητες όπως την απόκτηση βέβαιης χρονολογίας σύνταξής του. Ωστόσο υπάρχουν σημαντικές ασυμβατότητες μεταξύ των τεχνικών χαρακτηριστικών της τεχνολογίας του blockchain και του Ευρωπαϊκού Κανονισμού eIDAS περί ηλεκτρονικών υπογραφών, γεγονός που δημιουργεί προσκόμματα στην δογματική ένταξη της εν λόγω τεχνολογίας στο δίκαιο των συμβάσεων. Ειδικότερα, ο Κανονισμός 910/2014 ορίζει, στο άρθρο 46, ότι δεν απορρίπτεται η νομική ισχύς και το παραδεκτό ηλεκτρονικού εγγράφου ως αποδεικτικού στοιχείου σε νομικές διαδικασίες μόνο λόγω του γεγονότος ότι είναι σε ηλεκτρονική μορφή. Αναγνωρίζει όμως ότι οι ηλεκτρονικές υπογραφές διακρίνονται σε απλές, προηγμένες και εγκεκριμένες (simple, advanced, qualified) εκ των οποίων το

¹⁵⁶ Time-stamping.

¹⁵⁷ Βλ. Παπαδοπούλου Ανθ., Blockchain: Η τεχνολογία που υπόσχεται «ψηφιακή ασφάλεια» -Πιθανές εφαρμογές και συνέπειες στο δίκαιο πνευματικής ιδιοκτησίας και ιδίως στο ζήτημα της ψηφιακής ανάλωσης, ΕπισκΕΔ 2018, σελ. 211 επ.

blockchain ικανοποιεί τα τεχνικά κριτήρια για τις πρώτες δύο μορφές¹⁵⁸ καθώς ελλείπει ο κεντρικός διαχειριστής για το απαιτούμενο έλεγχο του ψηφιακού πιστοποιητικού. Παρόμοια ζητήματα ασυμβατότητας τίθενται και τις ηλεκτρονικές σφραγίδες και τις χρονο-σφραγίδες¹⁵⁹.

Τα έγγραφα αυτά δεν είναι αποθηκευμένα σε έναν κεντρικό υπολογιστή αλλά σε κάθε έναν κόμβο (node) του ομότιμου δικτύου κατά τρόπον ώστε κάθε κόμβος να διαθέτει ένα πρωτότυπο αρχείο δεδομένων (εγγραφών), οι δε χρήστες του δικτύου, με την επιλογή τους να χρησιμοποιήσουν την συγκεκριμένη τεχνολογία αποδέχονται (και επιδιώκουν) τη διάχυση των δεδομένων στους κόμβους του δικτύου για αποδεικτικούς σκοπούς. Συνακόλουθα, οι κόμβοι του δικτύου blockchain, κατά την μάλλον επικρατούσα άποψη¹⁶⁰, συνιστούν διαιτητικούς πραγματογνώμονες, στην εξουσία των οποίων προσφεύγουν τα μέρη για την απόδειξη πραγματικών γεγονότων. Με άλλα λόγια, οι κόμβοι αναλαμβάνουν ως «κάτοχοι» των κατανεμημένων βάσεων δεδομένων του συγκεκριμένου δικτύου να επαληθεύσουν την πραγματική κατάσταση σχετικά με κάθε συναλλαγή –εγγραφή που έχει αποθηκευτεί σε block του συγκεκριμένου δικτύου (χωρίς να έχουν καμία άλλη ανάμιξη στην έννομη σχέση των μερών – χρηστών).

II. Οι ρυθμίσεις του Ν 4961/2022 για τις «εγγραφές δεδομένων»

Παρόμοια προσέγγιση των πιο πάνω θεμάτων επιχειρείται και στις διατάξεις του νέου νόμου για τις αναδυόμενες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών, καθώς στο 5ο κεφάλαιο ρυθμίζονται οι «Εφαρμογές Τεχνολογίας Κατανεμημένου Καθολικού (Τ.Κ.Κ. – Distributed Ledger Technology – D.L.T.)». Με το άρθρο 47 που αφορά στις προϋποθέσεις εγκυρότητας εγγραφής σε αλυσίδα συστοιχιών ή

¹⁵⁸ Blockchain and digital identity, Thematic Report (2019). Διαθέσιμο σε: https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/report_identity_v0.9.4.pdf

¹⁵⁹ Βλ. Κανέλλου Α., Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στο Δίκαιο και στη Δικαστική Πρακτική, εκδ. Νομικής Βιβλιοθήκης (2001), σελ. 220.

¹⁶⁰ Βλ. Θεοδωράκη Ν. –Καλογεράκη Γ., ό.π. 20, όπου κατά τη διατύπωση της συγκεκριμένης αυτής άποψης γίνεται αναφορά και στην απόφαση ΑΠ 631/2012 ΕφΑΔΠολΔ 2013, σελ. 454, ως προς τον νομικό χαρακτήρα και τα επιμέρους χαρακτηριστικά της διαιτητικής πραγματογνωμοσύνης (παρατ. Κ. Κόμνιος).

άλλη τεχνολογία καταναμημένου, καθολικού αφενός αναγνωρίζεται νομοθετικά, με μάλλον ατυχή διατύπωση¹⁶¹, η δυνατότητα να πραγματοποιούνται εγγραφές δεδομένων ή συναλλαγές μέσω αλυσίδας συστοιχιών (blockchain) ή άλλης Τ.Κ.Κ. Ειδικότερα με τις διατάξεις του άρθρου 47 του Ν 4961/2022 επιχειρείται η δογματική ένταξη των εγγραφών και συναλλαγών του blockchain στον χώρο των γενικών αρχών του αστικού δικαίου.

Αναλυτικότερα προβλέπεται ότι οι εγγραφές και οι συναλλαγές που πραγματοποιούνται μέσω αλυσίδας συστοιχιών (blockchain) είναι άκυρες, εάν συντρέχει περίπτωση ακυρότητας των άρθρων 130, 138, 159 και 174 έως 179 του Αστικού Κώδικα. Οι περιπτώσεις των άρθρων αυτών ρυθμίζουν την εγκυρότητα των δικαιοπραξιών σε περίπτωση που συντρέχει περίπτωση δήλωσης βούλησης από ανίκανο (άρθρο 130 ΑΚ), εικονικής δήλωσης, δηλ. δήλωσης βούλησης που δεν έγινε στα σοβαρά παρά μόνο φαινομενικά (άρθρο 138 ΑΚ), αν δεν τηρήθηκε ο τύπος που απαιτεί ο νόμος (159 ΑΚ), και περιπτώσεις δικαιοπραξιών που είναι αντίθετες στο νόμο και στα χρηστά ήθη (άρθρα 174 έως 179 ΑΚ).

Περαιτέρω, στην παρ. 3 του ιδίου άρθρου ορίζεται ότι ως προς τα ελαττώματα της βούλησης ενός μέρους που πραγματοποιεί μια εγγραφή δεδομένων ή μια συναλλαγή εφαρμόζονται τα άρθρα 140 έως 157 του Αστικού Κώδικα, τα οποία ρυθμίζουν τις περιπτώσεις ακυρότητας μιας δικαιοπραξίας όταν αυτή εμπεριέχει δηλώσεις βούλησης που έχουν γίνει κατόπιν πλάνης ή απάτης ή και απειλής του δικαιοπρακτήσαντος.

Έτι περαιτέρω, στην παράγραφο 4 του ιδίου άρθρου προβλέπεται ότι μία εγγραφή ή συναλλαγή μπορεί να αποτελεί μέρος κύριας σύμβασης που έχει συναφθεί με άλλον τρόπο, και ότι στην περίπτωση αυτή εφαρμόζεται το άρθρο 181 του Αστικού Κώδικα.

Τέλος στην παρ. 5 ορίζεται ότι εφόσον λάβει χώρα εγγραφή ή συναλλαγή σε αλυσίδα συστοιχιών ή άλλη Τ.Κ.Κ., για την οποία συντρέχουν οι προϋποθέσεις της παρ. 2 ή της παρ. 3, το δικαστήριο δύναται να διατάξει την επαναφορά των

¹⁶¹ Ενδεχομένως το περιεχόμενο της πρώτης παραγράφου του άρθρου 47 να αποτελεί εισαγωγική διατύπωση, παραβλέπεται όμως το γεγονός ότι οι εγγραφές αυτές μέσω blockchain (και, πολύ περισσότερο οι συναλλαγές) ήδη πραγματοποιούνταν, αφήνοντας ερωτηματικά ως προς την νομοθετική τους κάλυψη.

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.

Στο άρθρο 48 του Ν 4961/2022 ρυθμίζονται τα ειδικότερα θέματα που αφορούν την απόδειξη εγγραφής σε αλυσίδα συστοιχιών ή άλλη τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού, προβλέποντας ότι όποιος επικαλείται, ενώπιον δικαστηρίου ή άλλης δικαστικής ή διοικητικής αρχής, την ύπαρξη εγγραφής ή συναλλαγής που πραγματοποιήθηκε μέσω αλυσίδας συστοιχιών ή άλλης Τ.Κ.Κ. προσκομίζει όλα τα δεδομένα ή τις πληροφορίες που την αποδεικνύουν. Για τη μετατροπή δεδομένων ή πληροφοριών από οποιαδήποτε γλώσσα προγραμματισμού ή κώδικα σε αναγνώσιμη μορφή δύναται να προσκομίζεται έκθεση πραγματογνώμονα με ειδικές γνώσεις στην επιστήμη της κρυπτογραφίας.

Οι διατάξεις κινούνται προς θετική κατεύθυνση, όσον αφορά στην νομοθετική αναγνώριση των δυνατοτήτων που προσφέρει η νεοπαγής και καινοτόμος τεχνολογία του blockchain, ωστόσο, κατά την άποψή μας, ο νόμος μάλλον προσπερνά και δεν αντιμετωπίζει τα κρίσιμα θέματα σχετικά με τη συμβατότητα της συγκεκριμένης τεχνολογίας με τον Κανονισμό 2014/910 eIDAS, και πιο ειδικά ως προς τα θέματα των ψηφιακών υπογραφών και των χρονοσφραγίδων. Επίσης, για λόγους που θα αναπτύξουμε αμέσως στη συνέχεια, εκτιμούμε ότι η νομοθετική πρόβλεψη περί δυνατότητας επαναφοράς των πραγμάτων στην προτέρα κατάσταση είναι προβληματική.

III. Τα «έξυπνα συμβόλαια» -smart contracts

Η πιο σημαντική εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στο χώρο του δικαίου των ιδιωτικών συμβάσεων είναι τα λεγόμενα, ίσως κατ' ευφημισμό¹⁶², «έξυπνα¹⁶³ συμβόλαια» (smart contracts)¹⁶⁴. Τα smart contracts αναμένεται να

¹⁶² Έτσι Κανέλλος Λ., ό.π., σελ. 209.

¹⁶³ Ο επιθετικός προσδιορισμός «έξυπνος» (smart) χρησιμοποιείται στην ηλεκτρονική βιομηχανία γενικόλογα για πληθώρα εφαρμογών, οι οποίες είναι σε θέση να επεξεργάζονται δεδομένα, βάσει ενός

διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στον τρόπο διενέργειας των σύγχρονων συναλλαγών σε παγκόσμιο επίπεδο. Ήδη σε ορισμένες έννομες τάξεις έχουν ψηφιστεί διατάξεις που αναφέρονται κυρίως στην εννοιολογική οριοθέτησή τους και την ένταξή τους (ως εφαρμογή) στις τεχνολογίες κατακευματισμένου καθολικού (DLT)¹⁶⁵. Λόγω της πρωταρχικής σημασίας τους, όσον αφορά στη θεματική της παρούσας εργασίας, θα επιχειρηθεί εν πρώτοις, μια εννοιολογική και λειτουργική προσέγγιση των smart contracts, ενώ στη συνέχεια θα διερευνηθεί η ιεράρχηση της σχέσης μεταξύ των όρων λειτουργίας των smart contracts και των διατάξεων του νέου Ν 4961/2022 για τις αναδύομενες τεχνολογίες πληροφορικής, αν και ποιες συμβατικές σχέσεις δημιουργούνται μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών στα smart contracts και αν η κατάρτιση και εκτέλεσή τους μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά με διατάξεις του παραδοσιακού δικαίου των συμβάσεων.

1. Εννοιολογική προσέγγιση του όρου smart contract

Τα smart contracts δεν αποτελούν συμβάσεις με την νομική σημασία του όρου αλλά κωδικοποιημένα πρωτόκολλα ηλεκτρονικού υπολογιστή, τα οποία είναι σε θέση να επαληθεύουν ή να επιβάλλουν τη διαπραγμάτευση ή την κατάρτιση και εκτέλεση μιας συναλλαγής με τη χρήση της τεχνολογίας blockchain¹⁶⁶. Περαιτέρω, η εκτέλεσή τους δεν επιβάλλεται μέσω δικαστικών αποφάσεων ή αναγκαστικών μέτρων αλλά αυτοματοποιημένα, μέσω προγραμματισμένων ηλεκτρονικών συστημάτων.

Αν και η ιδέα των έξυπνων συμβάσεων πρωτοεμφανίστηκε το 1994, η πρώτη εφαρμογή τους πραγματοποιήθηκε, είκοσι έτη μετά, το 2014, μέσω του Ethereum, μίας πλατφόρμας λογισμικού βασισμένης στην τεχνολογία

συνόλου προκαθορισμένων οδηγιών και εντολών, τα οποία ανταλλάσσονται με άλλους συνδεδεμένους χρήστες.

¹⁶⁴ Και για την συγκεκριμένη έννοια θα προτιμηθεί στο εξής η χρήση του διεθνούς όρου smart contracts.

¹⁶⁵ Για το συγκεκριμένο θέμα Βλ. Σπυρίδωνος Αλ., Έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) και ελευθερία των συμβάσεων, σε Δίκαιο και Τεχνολογία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς –Ελεγκτικό Συνέδριο, σελ. 290.

¹⁶⁶ Βλ. Παπαδημόπουλου Ι., Η δογματική ένταξη των smart contracts στο δίκαιο των συμβάσεων, Χρονικά Ιδιωτικού Δικαίου, τ. 2020, σελ. 469.

blockchain¹⁶⁷ με κυριότερη λειτουργία την υποστήριξη και διακίνηση του κρυπτονομίσματος ether (ETH) παγκοσμίως. Η αρχική ιδέα της προέλευσης και εξέλιξης των smart contracts ανήκει στο νομικό και επιστήμονα της πληροφορικής Nick Szabo¹⁶⁸. Σύμφωνα με αυτόν, ως smart contract καλείται ένα κωδικοποιημένο υπολογιστικό πρωτόκολλο συναλλαγών, που εκτελεί τους όρους μιας σύμβασης, χωρίς την ύπαρξη κάποιου μεσάζοντα-τρίτου¹⁶⁹. Πρωταρχική επιδίωξη ήταν, όπως και στην αρχική εργασία που αφορούσε στο blockchain, η εξεύρεση ενός μηχανισμού για την ενίσχυση τόσο της διαφάνειας των συναλλαγών, όσο και της εμπιστοσύνης των συναλλασσομένων μερών εντός του διαδικτύου, καθώς επίσης, κατ' αποτέλεσμα, ο περιορισμός των περιστατικών απάτης και πρακτικών

¹⁶⁷ Η βασική ιδέα του Ethereum ήταν η εξέλιξη της πρώτης φάσης του blockchain (blockchain 0.1) με την περαιτέρω ανάπτυξη μιας «καθολικής» γλώσσας (Turing Complete Language) που να επιτρέπει την εκτέλεση οποιασδήποτε υπολογιστικής πράξης και να διευκολύνει την ανάπτυξη περίπλοκων προγραμμάτων, όπως είναι οι έξυπνες συμβάσεις, καθώς και την δημιουργία αποκεντρωμένων εφαρμογών (Decentralized Applications - DApps). Με την εξέλιξη αυτή του blockchain, πρακτικά, μία έξυπνη σύμβαση μέσα στην πλατφόρμα Ethereum καθιστά δυνατή την κωδικοποίηση των προϋποθέσεων μετακίνησης των κρυπτονομισμάτων ether (ETH) μέσα σε ένα περιβάλλον ίδιων κρυπτονομισμάτων, χωρίς την ανάγκη μεσολάβησης «τρίτου έμπιστου μέρους», δίνοντας παράλληλα τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να χρησιμοποιούν την τεχνολογία για περισσότερο από μία απλή συναλλαγή (π.χ. σύμβαση δανείου μέσω χρήσης έξυπνης σύμβασης).

¹⁶⁸ Βλ. Szabo N., Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets (1996), διαθέσιμο σε: https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html

¹⁶⁹ Για την κατανόηση της λειτουργίας έξυπνων συμβάσεων συχνά δίνεται στην πράξη το παράδειγμα του μηχανήματος αυτόματου πωλητή (vending machine), ως την πιο απλουστευμένη μορφή μίας έξυπνης σύμβασης: πρώτα ο χρήστης κάνει την επιλογή προϊόντος και ταυτόχρονα τοποθετεί τα χρήματα στο μηχάνημα, το οποίο με την σειρά του με το που εισπράξει τα νομίσματα, μέσω ενός αυτοματοποιημένου μηχανισμού, δίνει στον χρήστη το προϊόν επιλογής του και τα ρέστα του. Η απλούστατη αυτή διαδικασία δεν περιλαμβάνει κανένα ενδιάμεσο πρόσωπο ή διαμεσολαβητή. Σαφώς, οι έξυπνες συμβάσεις που βασίζονται στην τεχνολογία blockchain υπερβαίνουν κατά πολύ την λειτουργία του μηχανήματος αυτόματου πωλητή, προτείνοντας την ευρύτερη ενσωμάτωση τέτοιων αλγορίθμων σε όλα τα είδη εμπορικών συναλλαγών που μπορούν να αποκωδικοποιηθούν και να ελεγχθούν με ψηφιακά μέσα, παρέχοντας ταυτόχρονα τρόπους για ορθότερη παρατήρηση και επαλήθευση των συμφωνημένων όρων της αρχικής σύμβασης.

αθέτησης των όρων μιας σύμβασης, αλλά και η μείωση του συναλλακτικού κόστους.

Όπως και για το blockchain, δεν υπάρχει συγκεκριμένος, κοινά αποδεκτός, ορισμός για την οριοθέτηση της έννοιας smart contract, αλλά χρησιμοποιούνται διαφορετικοί ορισμοί, οι οποίοι μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες: στην πρώτη κατηγορία προτάσσονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά, ενώ στη δεύτερη δίδεται βαρύτητα στα νομικά στοιχεία που συνδέονται με μια «έξυπνη σύμβαση». Συνακόλουθα, από την πλευρά της επιστήμης της πληροφορικής, ως smart contract θεωρείται ένα πρωτόκολλο ηλεκτρονικού υπολογιστή, το οποίο βασίζεται στην τεχνολογία καταμεμημένου καθολικού (DLT) και στην τεχνολογία blockchain, και είναι σε θέση να επαληθεύει ή να επιβάλλει τη διαπραγμάτευση ή την κατάρτιση και εκτέλεση μιας σύμβασης σε ψηφιακή μορφή. Ενώ από την πλευρά της νομικής επιστήμης ως smart contract μπορεί να οριστεί μια διαδικτυακή σύμβαση, οι συμφωνημένοι όροι της οποίας εφαρμόζονται αυτόματα μέσω κωδικοποιημένου υπολογιστικού συστήματος, το οποίο διευθύνει, ελέγχει και αποδεικνύει την πλήρωση και εκτέλεση των συμβατικών όρων, χωρίς την παρέμβαση τρίτων και της δυνατότητας χειραγώγησής της (self –fulfilling contract)¹⁷⁰.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι, κατ' ακριβολογία, η έννοια του smart contract δεν αφορά μία σύμβαση καθεαυτή, αλλά αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης σύμβασης που εκτελείται αυτόματα. Περαιτέρω, η έννοια του smart contract συντίθεται επί της ουσίας από δύο στοιχεία: το σύστημα κωδικοποίησης (smart contract code) και τους κρυπτογραφημένους όρους μιας συμφωνίας στο εν λόγω σύστημα (smart legal contract). Ειδικότερα, το smart contract code περιγράφει τη λειτουργία ενός αποκεντρωμένου πρωτοκόλλου ηλεκτρονικού υπολογιστή, το οποίο μέχρι ενός συγκεκριμένου

¹⁷⁰ Ως προς την απόδοση των συγκεκριμένων ορισμών βλ. εκτενέστερα Παπαδημόπουλου Ι., Η δογματική ένταξη των smart contracts στο δίκαιο των συμβάσεων, Χρονικά Ιδιωτικού Δικαίου, τ. 2020, σελ. 469, και τις εκεί παραπομπές.

σημείου επιδεικνύει μια δική του αυτόνομη συμπεριφορά με την εκτέλεση των συμφωνημένων όρων και την εποπτεία επί του συμβατικού αντικειμένου. Το στοιχείο smart legal contract αναφέρεται στους συμβατικούς όρους που είναι αποτυπωμένοι κρυπτογραφικά σε γλώσσα προγραμματισμού στο λογισμικό σύστημα και στον τρόπο με τον οποίο εκτελούνται εντός του συστήματος αυτού¹⁷¹.

Με άλλα λόγια στην πράξη προηγείται χρονικά η σύναψη μιας σύμβασης (λ.χ. σύμβασης πώλησης, ή σύμβαση παροχής υπηρεσιών) στο πλαίσιο της οποίας συμφωνείται μεταξύ των συμβαλλομένων μερών ότι η εκτέλεσή της (ή κάποιο άλλο μέρος της συμφωνίας) θα γίνει με την χρήση smart contract¹⁷². Η αρχική συμφωνία λαμβάνει χώρα σε φυσική γλώσσα την οποία κατανοούν αμφότερα τα συμβαλλόμενα μέρη καθώς μόνο με τον τρόπο αυτό επέρχεται σύμπτωση των δηλώσεων βούλησης. Έπειτα το μέρος της σύμβασης που θα αποτελέσει αντικείμενο ενός smart contract αποδίδεται σε υπολογιστικό κώδικα, ο οποίος «τρέχει» σε ένα περιβάλλον blockchain και περιλαμβάνει το σύνολο εκείνων των συμφωνημένων όρων, οι οποίοι όταν συντρέξουν, θα επιφέρουν την αυτόματη εκτέλεση της αρχικώς συμφωνηθείσας σύμβασης. Σκοπός είναι η εκτέλεση μιας «υπηρεσίας», βάσει των δεδομένων που δίνει ο χρήστης. Ένα smart contract έχει την ικανότητα να εκτελεί πολύπλοκες συναλλαγές και όχι μόνο την αποστολή κεφαλαίων μεταξύ λογαριασμών. Το πεδίο δυνητικής εφαρμογής των smart contracts είναι ευρύ και μπορεί να επεκταθεί σε όλο σχεδόν το φάσμα των οικονομικών συναλλαγών. Έτσι, μπορεί μεταξύ άλλων να πραγματοποιήσει υπολογισμούς, να αποθηκεύσει πληροφορίες και να στείλει αυτόματα χρήματα σε άλλους λογαριασμούς.

¹⁷¹ Βλ. Παπαδημόπουλου Ι., ό.π., σελ. 471, και τις εκεί παραπομπές.

¹⁷² Βλ. Σπυρίδωνος Αλ., Έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) και ελευθερία των συμβάσεων, σε Δίκαιο και Τεχνολογία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς –Ελεγκτικό Συνέδριο, σελ. 279 επ.

2. Χαρακτηριστικά, δομή και λειτουργία ενός smart contract

Όπως εξ αρχής διευκρινίστηκε τα smart contracts δεν αποτελούν συμβάσεις με την νομική έννοια του όρου αλλά συμφωνημένες ρήτρες μιας (ευρύτερης ως προς το περιεχόμενο) αρχικής σύμβασης που εφαρμόζονται αυτόματα μέσω κωδικοποιημένου υπολογιστικού συστήματος, το οποίο διευθύνει, ελέγχει και αποδεικνύει την πλήρωση και εκτέλεση των συμβατικών αυτών ρητρών, χωρίς την παρέμβαση τρίτων και της δυνατότητας χειραγώγησής της (self – fulfilling contract).

Αναλυτικότερα, ένα smart contract χαρακτηρίζεται από τις εξής επιμέρους λειτουργίες¹⁷³: α) Αυτο-εκτέλεση: Το smart contract εκτελείται μόνο του με βάση την προεπιλεγμένη λογική του προγράμματος (κώδικα υπολογιστή), με την έννοια ότι δεν απαιτείται επέμβαση, παρέμβαση ή μεσολάβηση οποιασδήποτε εξωτερικής αρχής (δικαστηρίου ή άλλης κρατικής αρχής) ή τρίτου έμπιστου μέρους για να εφαρμοστούν τα συμφωνηθέντα¹⁷⁴, β) Αυτο-επικύρωση: Κάθε smart contract «επικυρώνεται» από μόνο του, με την έννοια ότι γίνεται αποδεκτό από το ίδιο το δίκτυο blockchain και η ύπαρξή του μέσα στο σύστημα πιστοποιείται από όλους τους χρήστες του, χωρίς να απαιτείται η ύπαρξη σχέσης εμπιστοσύνης ανάμεσα στους συμβαλλόμενους. Δεν προβλέπεται δηλ. ούτε απαιτείται κανενός είδους επικύρωση, κατά τη νομική έννοια, των όρων και προϋποθέσεων, όπως συμβαίνει στις παραδοσιακές συμβάσεις (δεν απαιτείται «τρίτο έμπιστο μέρος»)¹⁷⁵, γ) Αυτο-προσδιορισμός: Η εκτέλεση των ειδικότερων όρων ενός smart contract βασίζεται στον καθορισμένο υπολογιστικό κώδικα, ενώ οι παρεμβάσεις τρίτων δεν είναι καταρχήν δυνατές, δ) Μη δυνατότητα μεταβολής: Όπως ειπώθηκε στο οικείο κεφάλαιο, οι συναλλαγές που καταγράφονται στο δίκτυο blockchain δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή να αντιστραφούν,

¹⁷³ Βλ. ως προς το συγκεκριμένο θέμα: Καραγεώργου Α., «Εξυπνες συμβάσεις» στη Ναυτιλία – Smart Contracts, Διπλωματική Εργασία, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Εμπορικό Δίκαιο, Ειδικευση: Ναυτικό Δίκαιο, ΕΚΠΑ, 2021, σε: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/2972699/file.pdf>

¹⁷⁴ Βλ. Σπυρίδωνος Αλ., Έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) και ελευθερία των συμβάσεων, σε Δίκαιο και Τεχνολογία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς –Ελεγκτικό Συνέδριο, σελ. 280.

¹⁷⁵ Με άλλα λόγια στα smart contracts η εμπιστοσύνη στον αντισυμβαλλόμενο υποκαθίσταται από την εμπιστοσύνη στο ίδιο το σύστημα του δικτύου blockchain.

συνακόλουθα οι συμβατικές ρήτρες που έχουν συμπεριληφθεί σε ένα smart contract είναι αδύνατον να τροποποιηθούν. Με δεδομένο ότι δεν υπάρχει τεχνικά η δυνατότητα τροποποίησης των συμβατικών όρων, η τεχνολογική και νομική ασφάλεια στην εκτέλεση των συναλλαγών είναι αυξημένη, αφού το αποτέλεσμα μπορεί να προβλεφθεί με μεγάλο βαθμό βεβαιότητας, και ε) Αμιγώς ψηφιακή φύση: Στο μέρος της σύμβασης που έχει συμπεριληφθεί σε smart contract τα αποτελέσματα δεν υφίστανται στον πραγματικό κόσμο αλλά πραγματοποιούνται “μεταφορές” ψηφιακών προϊόντων (digital assets) και υπηρεσιών. Ως εκ τούτου δεν απαιτείται ιδιαίτερος – έως και κανένας – βαθμός εμπιστοσύνης στο πρόσωπο του αντισυμβαλλόμενου, επειδή η εκτέλεση της σύμβασης αντικατοπτρίζεται στον προσχεδιασμένο κώδικα υπολογιστή.

Επιπρόσθετα, τα κύρια δομικά στοιχεία ενός smart contract είναι τα εξής: α) η διεύθυνση (address), του αποστολέα και του παραλήπτη της εκάστοτε συναλλαγής, β) η αξία (value), που μεταφέρεται κάθε φορά, δηλαδή το αντικείμενο της εκάστοτε συναλλαγής γ) η κατάσταση (state), η οποία περιλαμβάνει τα δεδομένα που οργανώνονται στο εκάστοτε «έξυπνο συμβόλαιο» και δ) οι μεταβλητές (variables). Το στοιχείο αυτό συνίσταται στις μεταβλητές των ανωτέρω δεδομένων του έξυπνου συμβολαίου που αποτυπώνονται στην εκάστοτε γλώσσα προγραμματισμού.

Με βάση τα ως άνω δομικά στοιχεία, η έξυπνη σύμβαση δομείται και ακολουθεί συγκεκριμένες φάσεις, από στο στάδιο της σύναψης της σύμβασης έως και την ολοκλήρωσή της. Η πρώτη φάση της δημιουργίας ενός smart contract λαμβάνει χώρα κατά το στάδιο των διαπραγματεύσεων της κύριας σύμβασης στην οποία αυτό πρόκειται να ενσωματωθεί, και περιλαμβάνει την εξειδίκευση των ειδικότερων όρων της σύμβασης οι οποίοι θα «μεταφερθούν» στο smart contract με υπολογιστικό κώδικα.

Αμέσως μετά και αφού έχει εξειδικευθεί το ακριβές περιεχόμενο των συμβατικών ρητρών και ο τρόπος απόδοσής σε υπολογιστικό κώδικα ακολουθεί η φάση της ανάπτυξης του smart contract. Η ανάπτυξη αφορά κυρίως τη διαδικασία συμπερίληψης και αποθήκευσης των ψηφιακών

περιουσιακών στοιχείων (digital assets), που αποτελούν στην ουσία το αντικείμενο της αρχικής σύμβασης, στην πλατφόρμα του smart contract. Αμέσως μετά ακολουθεί η διαδικασία αυτόματου ελέγχου εγκυρότητας και το smart contract αποθηκεύεται στο περιβάλλον συγκεκριμένης πλατφόρμας blockchain. Στην φάση αυτή τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία (κρυπτοστοιχεία ή άλλα περιουσιακά στοιχεία) είναι κλειδωμένα, έως ότου ολοκληρωθεί το smart contract.

Η αμέσως επόμενη φάση δημιουργίας ενός smart contract αφορά την εκτέλεσή του, καθώς αυτό ενεργοποιείται αυτόματα κάθε φορά που λαμβάνουν χώρα γεγονότα ενεργοποίησης (όπως αυτά έχουν οριστεί εξ αρχής στην σύμβαση). Να σημειωθεί ότι, στη φάση αυτή, οι συμβατικοί όροι και προϋποθέσεις έχουν αξιολογηθεί και ελεγχθεί αυτόματα. Συνεπώς, εφόσον συντρέξει ένας εκ των συμβατικών όρων, η σύμβαση εκτελείται αυτόματα, επικυρώνεται και πραγματοποιείται η ενημέρωση της κατάστασης των μερών.

Η τελευταία φάση, που είναι και η φάση της ολοκλήρωσης του smart contract, περιλαμβάνει την αποθήκευση των αποτελεσμάτων της σύμβασης που έχει υλοποιηθεί στο περιβάλλον blockchain. Ταυτόχρονα, τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία (λ.χ. αξία κρυπτονομισμάτων) που είχαν αποθηκευτεί «αποδεσμεύονται» και αποδίδονται στα συμβαλλόμενα μέρη όπως είχε εξ αρχής συμφωνηθεί. Με την ολοκλήρωση του smart contract τα αποτελέσματα της αρχικής σύμβασης έχουν επέλθει και μάλιστα με τρόπο μη αναστρέψιμο¹⁷⁶.

Συνοπτικά, μπορούμε να πούμε ότι, ένα smart contract, όσον αφορά στη δομή και τη λειτουργία του, είναι ένα ηλεκτρονικό πρωτόκολλο συναλλαγών που εκτελεί αυτόματα συγκεκριμένες ρήτρες μίας σύμβασης όταν επέρχονται οι συνθήκες -προϋποθέσεις που έχουν προηγουμένως συμφωνηθεί από τα μέρη, με

¹⁷⁶ Βλ. ειδικότερα Πακτίτη Μ., Δίκαιο και Οικονομικά των «Εξυπνων Συμβολαίων» (Smart Contracts) και εφαρμογές τους στον τουρισμό, Διπλωματική εργασία, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Δίκαιο και Οικονομικά, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, 2021, προσβάσιμο σε: <https://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/25360>

άμεσο αποτέλεσμα να προάγει την αυτοματοποιημένη εκτέλεση μιας αρχικής συμφωνίας, χωρίς καθυστερήσεις και χωρίς την ανάγκη ύπαρξης ενός τρίτου έμπιστου μέρους. Λειτουργεί, με άλλα λόγια, βάσει της λογικής «If This –Then That¹⁷⁷», σύμφωνα με την οποία κάθε έξυπνη σύμβαση είναι ικανή να εκτελεστεί από μόνη της όταν ικανοποιηθούν ορισμένες προκαθορισμένες παράμετροι ή άλλως ενεργοποιείται αυτόματα κάθε φορά που λαμβάνουν χώρα γεγονότα ενεργοποίησής της (trigger events)¹⁷⁸.

3. Οι ρυθμίσεις του Ν 4961/2022 για τα «έξυπνα συμβόλαια»

Η ελληνική έννομη τάξη πρόσφατα ρύθμισε νομοθετικά τα «έξυπνα συμβόλαια», δίνοντας στο άρθρο 31 του Ν 4961/2022, αριθμ. 9, τον εξής ορισμό: «9. «Έξυπνο συμβόλαιο (smart contract)»: 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». Περαιτέρω, ο νόμος εντάσσει, ορθώς, συστηματικά τα «έξυπνα συμβόλαια» στο 5ο κεφάλαιο όπου ρυθμίζονται νομοθετικά οι «Εφαρμογές Τεχνολογίας Κατανεμημένου Καθολικού (Τ.Κ.Κ. – Distributed Ledger Technology – D.L.T.)» και ειδικότερα στα άρθρα 49 έως 51, αντιμετωπίζοντας αυτά ως συμβάσεις του αστικού δικαίου.

Η προσέγγιση του έννοιας smart contract που δίδεται στο άρθρο 31 δεν είναι ορθή, κατά τη γνώμη μας, καθώς γίνεται από τη σκοπιά της επιστήμης της πληροφορικής (και όχι της νομικής) δημιουργώντας λογικά κενά ως προς την συστηματική προσέγγιση του εν λόγω θέματος και τη προσπάθεια της δογματικής ένταξης των «έξυπνων συμβάσεων» στον χώρο του αστικού δικαίου. Περισσότερο συνεπής δογματικά θα ήταν, κατά την άποψή μας, η εννοιολογική

¹⁷⁷ Av – [συμβεί] αυτό – τότε [θα συμβεί] – εκείνο (if – this – then – that, εν συντομία IFTTT).

¹⁷⁸ I. Bashir, Mastering Blockchain: A deep dive into distributed ledgers, consensus protocols, smart contracts, DApps, cryptocurrencies, Ethereum, εκδ. Packt Publishing, 3^η έκδοση, 2020, σ. 311

απόδοση των «έξυπνων συμβολαίων» ως νομικά δεσμευτικών και έγκυρων¹⁷⁹ διαδικτυακών συμβάσεων¹⁸⁰, οι συμφωνημένοι όροι των οποίων εφαρμόζονται αυτόματα μέσω κωδικοποιημένου υπολογιστικού συστήματος, το οποίο διευθύνει, ελέγχει και αποδεικνύει την πλήρωση και εκτέλεση των συμβατικών όρων, χωρίς την παρέμβαση τρίτων και της δυνατότητας χειραγώγησής της. Πλην όμως, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η προσέγγιση που γίνεται από τον νομοθέτη συνηγορεί υπέρ της άποψης, που διατυπώθηκε αμέσως πιο πριν, ότι το smart contract δεν ταυτίζεται απόλυτα με την σύμβαση ιδιωτικού δικαίου στην οποία αφορά, αλλά αποτελεί μέρος αυτής της σύμβασης, υπό την έννοια ότι ειδικότερες ρήτρες (μιας ευρύτερης συμφωνίας) εξειδικεύονται και ενσωματώνονται με την χρήση υπολογιστικού κώδικα σε ένα smart contract¹⁸¹.

Σε κάθε περίπτωση, οι διατάξεις των επόμενων άρθρων (άρθρα 49 έως 51) επιχειρούν τη συστηματική ένταξη των «έξυπνων συμβάσεων» στο αστικό δίκαιο και πιο συγκεκριμένα στο Πέμπτο Κεφάλαιο των Γενικών Αρχών, το οποίο αφορά στις δικαιοπραξίες. Ειδικότερα, το άρθρο 49 του νέου νόμου ρυθμίζει την ενέργεια, το κύρος και το περιεχόμενο των «έξυπνων συμβολαίων» ορίζοντας ειδικότερα τα εξής: «1. Ένα έξυπνο συμβόλαιο δεσμεύει τα συμβαλλόμενα μέρη από την ολοκλήρωση της προσχώρησής τους σε αυτό. Για την κατάρτιση του έξυπνου συμβολαίου εφαρμόζονται τα άρθρα 185 έως 196 του Αστικού Κώδικα, πλην του άρθρου 194. 2. Ένα έξυπνο συμβόλαιο είναι άκυρο εάν συντρέχει περίπτωση ακυρότητας των άρθρων 130, 138, 159 και 174 έως 179 του Αστικού Κώδικα. 3. Ως προς τα ελαττώματα της βούλησης των συμβαλλομένων μερών ενός έξυπνου συμβολαίου εφαρμόζονται τα άρθρα 140 έως 157 του Αστικού

¹⁷⁹ Υπό την έννοια ότι πληρούνται οι απαιτήσεις της ισχύουσας νομοθεσίας.

¹⁸⁰ Και όχι ως «συνόλου κωδικοποιημένων λειτουργιών υπολογιστή», όρος που ουδεμία σχέση έχει με την έννοια των συμβάσεων, ενώ δύναται εννοιολογικά να προσεγγιστεί και με τις διατάξεις περί προστασίας λογισμικού.

¹⁸¹ Περαιτέρω αν και πρόκειται για εξ αποστάσεως υπηρεσίες που παρέχονται χωρίς τα συμβαλλόμενα μέρη να είναι ταυτόχρονα παρόντα, με ηλεκτρονικά μέσα και κατόπιν συγκεκριμένης παραγγελίας ενός αποδέκτη υπηρεσιών ουδεμία συσχέτιση, ή έστω αναφορά, γίνεται στις διατάξεις του π.δ. 131/2003 για το ηλεκτρονικό εμπόριο.

Κώδικα. 4. Ένα έξυπνο συμβόλαιο δύναται να αποτελεί μέρος κύριας σύμβασης που έχει συναφθεί με άλλο τρόπο. Στην περίπτωση αυτή εφαρμόζεται το άρθρο 181 του Αστικού Κώδικα. 5. 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 Τ.Κ.Κ. και να επιλέγονται ή να γίνονται αποδεκτοί από τα συμβαλλόμενα μέρη. 6. Κατά το στάδιο των διαπραγματεύσεων για την κατάρτιση ενός έξυπνου συμβολαίου, εφαρμόζονται τα άρθρα 197 και 198 του Αστικού Κώδικα.

Περαιτέρω, στο άρθρο 50 του νέου νόμου ρυθμίζεται ειδικότερα η σύναψη έξυπνου συμβολαίου με τη χρήση εγκεκριμένης ηλεκτρονικής υπογραφής ή σφραγίδας, προβλέποντας 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.

Τέλος, το άρθρο 51 περιέχει ρυθμίσεις για την χρήση των έξυπνων συμβολαίων ως αποδεικτικών μέσων ενώπιον των δικαστηρίων, ορίζοντας συγκεκριμένα ότι «ένα έξυπνο συμβόλαιο αποτελεί έγγραφο κατά την έννοια του άρθρου 339 του Κώδικα Πολιτικής Δικονομίας [π.δ. 503/1985, (Α' 182), ΚΠολΔ]. Για τη χρήση του ως αποδεικτικού μέσου εφαρμόζονται τα άρθρα 432 έως 465 ΚΠολΔ, εφόσον προσκομίζεται μαζί με τον ηλεκτρονικό κώδικα και έκθεση πραγματογνώμονα με ειδικές γνώσεις στην επιστήμη της κρυπτογραφίας, στην οποία αποτυπώνεται, στην ελληνική ή άλλη γλώσσα, το περιεχόμενο του έξυπνου συμβολαίου. Εάν η αποτύπωση γίνεται σε άλλη γλώσσα εκτός της ελληνικής, εφαρμόζεται το άρθρο 454 ΚΠολΔ».

Με τις νεοπαγείς διατάξεις του Ν 4961/2022 επιχειρείται η συστηματική ένταξη των «έξυπνων συμβολαίων» στον χώρο του αστικού δικαίου, αφενός με την νομοθετική τους αναγνώριση και αφετέρου με την παραπομπή σε διατάξεις του αστικού κώδικα που αφορούν κυρίως στην εγκυρότητα των δικαιοπραξιών. Το αν η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι πλήρης και αποτελεσματική, όσον αφορά στην αντιμετώπιση των κρίσιμων ζητημάτων, μένει να εξετασθεί.

4. Τα «έξυπνα συμβόλαια» υπό το πρίσμα του αστικού δικαίου

Ο νέος νόμος για τις αναδυόμενες τεχνολογίες πληροφορικής αναφέρεται, ως προελέχθη, στο πέμπτο κεφάλαιο των Γενικών Αρχών του Αστικού Κώδικα που περιέχει γενικές ρυθμίσεις για τις δικαιοπραξίες. Στον Αστικό Κώδικα δεν περιέχεται νομοθετικός ορισμός της έννοιας αυτής, πλην όμως γίνεται δεκτό ότι πρόκειται για τη δήλωση βουλήσεως που κατευθύνεται στην παραγωγή κάποιου έννομου αποτελέσματος, το οποίο επέρχεται γιατί το θέλησε ο δηλών. Επειδή όμως, για να επέλθει το έννομο αποτέλεσμα, ο νόμος απαιτεί συνήθως -εκτός από τη δήλωση βουλήσεως- τη συνδρομή και άλλων προϋποθέσεων (π.χ. την τήρηση ορισμένου τύπου), ακριβέστερος είναι ο ακόλουθος ορισμός: Δικαιοπραξία είναι το πραγματικό το οποίο περιέχει τη δήλωση (ή πράξη) βουλήσεως και το οποίο αναγνωρίζεται από τον νόμο ως λόγος για να επέλθει η έννομη συνέπεια που θέλησε ο δικαιοπρακτών. Ως πραγματικό εννοείται το σύνολο των γεγονότων, από τα οποία ο νόμος εξαρτά ορισμένη έννομη συνέπεια¹⁸².

Τα επιπλέον γεγονότα ή καταστάσεις διακρίνονται σε προϋποθέσεις του κύρους, οι οποίες πρέπει να υπάρχουν κατά την κατάρτισή της για να είναι αυτή έγκυρη, και σε όρους του ενεργού της δικαιοπραξίας, γεγονότα δηλ. τα οποία (χωρίς να αποτελούν προϋποθέσεις του κύρους της) πρέπει να συντρέξουν μετά την κατάρτισή της για να αποκτήσει αυτή ενέργεια. Οι διατάξεις δε του Αστικού Κώδικα που περιλαμβάνονται στο περιεχόμενο της διάταξης του άρθρου 49 του Ν 4961/2022 αναφέρονται σε προϋποθέσεις του κύρους της δικαιοπραξίας (δικαιοπρακτική ικανότητα του δικαιοπρακτούντος, μη αντίθεση της σύμβασης στο νόμο ή στα χρηστά ήθη κλπ.).

Περαιτέρω σε μία σύμβαση περιγράφονται οι κύριες υποχρεώσεις ενός εκάστου συμβαλλομένου. Παράλληλα ωστόσο με τις κύριες αυτές υποχρεώσεις, σχεδόν πάντα, τα συμβαλλόμενα μέρη βαρύνονται και με τις λεγόμενες παρεπόμενες υποχρεώσεις (παρεπόμενες -δευτερεύουσες ενοχές ή παροχές), οι οποίες υπάρχουν προς χάριν των κύριων παροχών και εξυπηρετούν την ομαλή και

¹⁸² Βλ. Γεωργιάδη Α., Γενικές Αρχές Αστικού Δικαίου, εκδ. Αντ. Σάκκουλα, 4^η έκδ. σελ. 442-443.

δίκαιη εκτέλεση της ίδιας της σύμβασης (οι οποίες μπορεί να προκύπτουν και από τις διατάξεις του αστικού κώδικα, όπως η καλόπιστη συμπεριφορά, ή η τήρηση των συναλλακτικών ηθών). Ως εκ τούτου, δεν είναι δυνατόν να αποδοθούν όλες αυτές οι υποχρεώσεις σε υπολογιστικό κώδικα ώστε να μπορεί να αποδοθεί το περιεχόμενο μιας σύμβασης σε γραμμές υπολογιστικού κώδικα.

Επιπλέον τα smart contracts περιορίζονται από τη φύση τους στους συμβατικούς όρους που μπορούν τεχνικά να αποτελέσουν μέρος του υπολογιστικού κώδικα που είναι αναγνώσιμος από ηλεκτρονικό υπολογιστή και, επιπλέον, (περιορίζονται) και από τα όρια που επιβάλλει η πλατφόρμα blockchain στην οποία λειτουργεί το smart contract. Ως αποτέλεσμα, δεν είναι σε θέση να καταγράψουν την πραγματική πολυπλοκότητα όλων, πλην των απλούστερων, συναλλαγών¹⁸³. Επομένως, ακόμη και στην περίπτωση που το smart contract ως «σύνολο κωδικοποιημένων λειτουργιών υπολογιστή» αποδίδει πιστά την δήλωση βούλησης των συμβαλλομένων μερών πρέπει να συντρέξουν και προϋποθέσεις του κύρους και για το λόγο αυτό η έννοια του smart contract δεν δύναται, κατά την άποψή μας, να ταυτιστεί εννοιολογικά με την έννοια της δικαιοπραξίας¹⁸⁴.

Επιπλέον, η άποψη ότι μία σύμβαση ιδιωτικού δικαίου μπορεί να ταυτιστεί εννοιολογικά με ένα smart contract παραγνωρίζει το γεγονός ότι οι ανθρώπινες σχέσεις, ακόμη και στο μέτρο που καθορίζονται από συμβάσεις, είναι πολύπλοκες και σε καμία περίπτωση δεν δύνανται να αποδοθούν σε γραμμές υπολογιστικού κώδικα με την μορφή «Αν – [συμβεί] αυτό – τότε [θα

¹⁸³ Βλ. Γιαννόπουλος Α., Νομικά θέματα σχετικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, Περιβάλλον και Δίκαιο, τεύχος 2/2019, σελ. 219.

¹⁸⁴ Βλ. ως προς τη συγκεκριμένη προσέγγιση και Θεοδωράκη Ν. - Καλογεράκη Γ., ό.π. σελ. 13, οι οποίοι επίσης υποστηρίζουν ότι οι «έξυπνες συμβάσεις» προϋποθέτουν την παραδοσιακή σύναψη κάποιας άλλης σύμβασης, την εκτέλεση της οποίας αναλαμβάνουν, υπό την έννοια του καθορισμού της ύπαρξης και της έκτασης των υποχρεώσεων. Επίσης οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι άλλο είναι το ζήτημα ότι «έξυπνες συμβάσεις» δύνανται να εδράζονται σε συμβάσεις –πλαίσιο, σε εκτέλεση των οποίων συνάπτονται, ή να συνάπτονται το πρώτον μέσω πρωτοβουλίας του οικείου λογισμικού (ιδίως στο πλαίσιο του Internet of Things).

συμβεί] – εκείνο»¹⁸⁵. Μάλιστα, ακόμη και με τις σημερινές δυνατότητες των τεχνολογιών αιχμής, είναι ιδιαίτερα αμφίβολο αν θα μπορούσαν να αποδοθούν σε γλώσσα προγραμματισμού αόριστες νομικές έννοιες, κρίσιμες για το δίκαιο των συμβάσεων, όπως η εικονικότητα, τα συναλλακτικά ήθη, το καθήκον επιμέλειας, κ.α. Επομένως, και για τους επιπλέον αυτούς λόγους, η πλέον ορθή δογματικά λύση είναι η αντιμετώπιση των smart contracts, όχι ως συμβάσεων αλλά ως συμπληρωματικών εργαλείων εκτέλεσης¹⁸⁶ των παραδοσιακών συμβάσεων.

Με δεδομένο ότι ο νόμος 4961/2022 εντάσσει συστηματικά τις «έξυπνες συμβάσεις» στην δογματική του αστικού δικαίου η αναφορά στις διατάξεις των άρθρων 130, 138, 159, 174 έως 179, 185 έως 196 του Αστικού Κώδικα είναι μάλλον πλεονάζουσα και ως εκ τούτου περιττή (λαμβάνομένης υπόψη και της διάταξης του άρθρου 3 ΑΚ). Μάλιστα η επιλογή του νομοθέτη ως προς την προσέγγιση των smart contracts με την αναφορά διατάξεων του Αστικού Κώδικα που αφορούν στην εικονικότητα των συμβάσεων, ή στον δικαστικό έλεγχο αυτών λόγω αντίθεσής τους στα χρηστά ήθη καταδεικνύει το μέγεθος της απόστασης που υπάρχει (και που θα πρέπει, ίσως, να διανυθεί) ανάμεσα στις «παραδοσιακές» συμβάσεις του αστικού δικαίου και στην αποτύπωση αυτών με γραμμές υπολογιστικού κώδικα στα smart contracts.

IV. Η προβληματική της «μη αναστρεψιμότητας» των εγγραφών

Με τις διατάξεις του νέου νόμου 4961/2022 τόσο οι «εγγραφές δεδομένων», κατά την έννοια του άρθρου 47, όσο και οι «έξυπνες συμβάσεις», όπως αυτές προσδιορίζονται εννοιολογικά τόσο στο άρθρο 31 (αρ. 9) όσο και στα άρθρα 49-51, αναγνωρίζονται ρητώς στα άρθρα 48 και 51 αντίστοιχα, ως ηλεκτρονικά έγγραφα με αποδεικτική ισχύ. Αυτό δε είναι εύλογο αν ληφθεί υπόψη ότι η τεχνολογία blockchain εκ της φύσεώς της επιτελεί αποδεικτική λειτουργία, ήτοι αποσκοπεί στην διευκόλυνση της

¹⁸⁵ Βλ. Παπαδοπούλου Δ., Blockchain και έξυπνες συμβάσεις –Πόσο έτοιμοι είμαστε για τις νομικές προκλήσεις που μας περιμένουν; Εφαρμογές Αστικού Δικαίου και Πολιτικής Δικονομίας, τεύχος 1/2021, σελ. 39.

¹⁸⁶ Βλ. Παπαδοπούλου Δ., ό.π.

πρόσβασης στο αποδεικτικό υλικό και στην διατήρηση της ακρίβειας των εγγραφών¹⁸⁷.

Με δεδομένο ότι η σύνταξη των εγγραφών αυτών γίνεται με τη χρήση συστήματος ηλεκτρονικής ταυτοποίησης, τα έγγραφα αυτά εξομοιώνονται, ως προελέχθη, με τα συνήθη ιδιωτικά, ως φέροντα ιδιόχειρη υπογραφή του συντάκτη τους (άρθρα 443 και 445 ΚΠολΔ σε συνδυασμό με το άρθρο 25 παρ. 5 του Κανονισμού 2014/910)¹⁸⁸, ενώ παράλληλα φέρουν και βεβαία χρονολογία, μέσω της χρονο-σφραγίδας που ενσωματώνεται σε κάθε block. Περαιτέρω, επειδή οι βάσεις δεδομένων του blockchain τηρούνται μόνο ηλεκτρονικά, τα εκτυπωμένα αντίγραφα που εξάγονται έχουν ισχύ πρωτότυπου εγγράφου, υπό την προϋπόθεση της ταυτοποίησης των ηλεκτρονικών υπογραφών που υπάρχουν σε αυτά με συγκεκριμένους χρήστες¹⁸⁹.

Ο νέος Ν 4961/2022 στο άρθρο 51 αναφέρει ότι «ένα έξυπνο συμβόλαιο αποτελεί έγγραφο κατά την έννοια του άρθρου 339 του Κώδικα Πολιτικής Δικονομίας». Η συγκεκριμένη διάταξη δεν είναι, κατά την άποψη του γράφοντος, δογματικά συνεπής, καθώς αφενός φαίνεται να αντιμετωπίζει με διαφορετικό τρόπο τις «εγγραφές δεδομένων ή συναλλαγές» που πραγματοποιούνται μέσω αλυσίδας συστοιχιών ή άλλης Τ.Κ.Κ. (κατ' άρθρ. 47 παρ. 1) αφετέρου δε δεν αντιμετωπίζει τις εγγραφές εντός δικτύου blockchain ως συνήθη ιδιωτικά έγγραφα, που πληρούν δηλ. τις προϋποθέσεις των άρθρων 443 και 445 ΚΠολΔ σε συνδυασμό με τις διατάξεις του Κανονισμού 2014/910. Τούτο δε διότι τόσο οι «εγγραφές δεδομένων» ή οι συναλλαγές (κατ' άρθρ. 47 παρ. 1) όσο και τα «έξυπνα συμβόλαια» αποτελούν αρχεία που οι χρήστες του θεώρησαν σκόπιμο και απαραίτητο να καταχωρήσουν σε μητρώα δεδομένων blockchain για τους ίδιους λόγους

¹⁸⁷ Βλ. Θεοδωράκη Ν. - Καλογεράκη Γ., ό.π., σελ. 20.

¹⁸⁸ Βλ. Ιγγλεζάκη Ι., Δίκαιο Πληροφορικής, εκδ. Σάκκουλα (Δ έκδοση), σελ. 257 επ.

¹⁸⁹ Η γνησιότητα της εκτυπόσεως θα πρέπει να βεβαιώνεται από αρμόδια αρχή ή από δικηγόρο, κατ' αναλογία των όσων γίνονται δεκτά από τη νομολογία στο πλαίσιο των αποσπασμάτων εμπορικών βιβλίων που τηρούνται μηχανογραφικά. Βλ. Θεοδωράκη Ν – Καλογεράκη Γ. ό.π.

(κυρίως αποδεικτικούς), ενώ στην πράξη δεν μπορεί να γίνει ασφαλής διαχωρισμός των εννοιών αυτών (καθώς λ.χ. κάθε «έξυπνο συμβόλαιο» εμπεριέχει «εγγραφές δεδομένων» και κυρίως «συναλλαγές», ήτοι ανταλλαγή ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων)¹⁹⁰. Ως εκ τούτου δεν είναι δογματικά ορθό να αντιμετωπίζονται νομικά με διαφορετικό τρόπο οι «εγγραφές δεδομένων» και οι «συναλλαγές» από τα «έξυπνα συμβόλαια».

Περαιτέρω, τόσο οι εγγραφές δεδομένων όσο και τα «έξυπνα συμβόλαια» διενεργούνται εντός ενός δικτύου blockchain κάτω από τους ίδιους όρους και προϋποθέσεις (ήτοι με τη χρήση ψηφιακών υπογραφών) και θα πρέπει, για την ταυτότητα του νομικού λόγου, να αντιμετωπιστούν συστηματικά ως ιδιωτικά ηλεκτρονικά έγγραφα. Βάσει των σκέψεων αυτών εκτιμούμε ότι χωρεί αναλογική εφαρμογή της προβλεπόμενης διαδικασίας του δεύτερου και τρίτου εδαφίου του άρθρου 51 (ή αναγνώριση ως εγγράφου κατ' άρθρο 339 του Κώδικα Πολιτικής Δικονομίας) και στην περίπτωση προσκομιδής ως αποδεικτικών μέσων «εγγραφών δεδομένων και συναλλαγών» του άρθρου 47 παρ. 1.

Επιπρόσθετα, στο άρθρο 50 του Ν 4961/2022 προβλέπεται νομοθετικά η δυνατότητα σύναψης «έξυπνου συμβολαίου» με τη χρήση εγκεκριμένης ηλεκτρονικής υπογραφής ή σφραγίδας¹⁹¹. Με δεδομένη όμως την νομοθετική πρόβλεψη της συγκεκριμένης δυνατότητας τόσο στον Κανονισμό 2014/940 όσο και με τις διατάξεις του Ν 4727/2020 η συγκεκριμένη διάταξη είναι μάλλον πλεονάζουσα και, ως εκ τούτου, περιττή. Ως προς το συγκεκριμένο θέμα όμως θα πρέπει να επισημανθεί ότι η δυνατότητα «εγκεκριμένης ηλεκτρονικής υπογραφής» και «εγκεκριμένης σφραγίδας» απαιτεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις (βάσει εγκεκριμένου πιστοποιητικού ηλεκτρονικής υπογραφής) και, ως εκ τούτου, η δυνατότητα αυτή υπάρχει

¹⁹⁰ Ενώ στην παρ. 4 του άρθρου 47 αναφέρεται ότι μία εγγραφή ή μία συναλλαγή μπορεί να αποτελέσει μέρος κύριας σύμβασης που έχει συναφθεί με άλλον τρόπο.

¹⁹¹ Άρθρο 50: «Όπου για την σύναψη έξυπνου συμβολαίου απαιτείται η θέση υπογραφής ή σφραγίδας, αυτή δύναται να τίθεται με τη μορφή εγκεκριμένης ηλεκτρονικής υπογραφής ή εγκεκριμένης ηλεκτρονικής σφραγίδας, κατά περίπτωση».

μόνον στα ιδιωτικά ή κοινοπρακτικά δίκτυα blockchain, στα οποία, εκ του σχεδιασμού, υφίσταται κεντρικός διαχειριστής ο οποίος έχει τη δυνατότητα ελέγχου της εγκυρότητας του ψηφιακού πιστοποιητικού από εγκεκριμένο πάροχο υπηρεσιών εμπιστοσύνης, ώστε να εξομοιωθεί με ιδιόχειρη (παράρτημα II Κανονισμού eIDAS, και άρθρο 15 του Ν 4727/2020). Αντιθέτως στα ανοικτά δημόσια δίκτυα δεν υφίσταται η δυνατότητα αυτή και συνεπώς πρόκειται για απλή ή έστω προηγμένη ηλεκτρονική υπογραφή (κατ' άρθρο 16 του Ν 4727/2020) με την αποδεικτική δύναμη που ορίζει το άρθρο 25 του Κανονισμού 2014/940.

Περαιτέρω, σε περίπτωση που «εγγραφές δεδομένων» ή συναλλαγών σε κάποια blocks, ενδεχομένως διαφέρουν σε σχέση με τις ίδιες σε άλλα blocks του ίδιου δικτύου (λ.χ. σε περίπτωση αλλοίωσης των δεδομένων, η οποία οφείλεται σε κυβερνοεπίθεση), θα πρέπει να γίνει δεκτό ως «αποδεικτικό τεκμήριο» η ορθότητα της εγγραφής που υπάρχει στην πλειοψηφία των blocks, αφού η λύση αυτή «επιβάλλεται», τρόπον τινά, από την αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική του δικτύου blockchain, όπως αυτή αναλυτικά περιγράφηκε στο οικείο κεφάλαιο της εργασίας μας. Σε περίπτωση δηλαδή σύγκρουσης ανάμεσα σε εγγραφές διαφορετικών blocks, θα πρέπει να γίνει δεκτό ότι τεκμαίρεται μαχητώς ως ακριβής εκείνη η εγγραφή που υφίσταται στα περισσότερα blocks, αφού αυτή, αφενός συγκεντρώνει μεγαλύτερο αριθμό «συναινέσεων», αφετέρου είναι δυσχερέστατο και πολυδάπανο για κάποιον να αλλοιώσει τα ψηφιακά δεδομένα μεγάλου αριθμού κόμβων του δικτύου¹⁹².

Πέραν όμως των ανωτέρω, ο νέος νόμος για τις αναδυόμενες τεχνολογίες πληροφορικής περιέχει και άλλη μια διάταξη η εφαρμογή της οποίας έρχεται ευθέως σε αντίθεση με την αρχιτεκτονική της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Συγκεκριμένα, στην παρ. 5 του άρθρου 47 προβλέπεται ότι «εφόσον λάβει χώρα εγγραφή ή συναλλαγή σε αλυσίδα συστοιχιών ή άλλη Τ.Κ.Κ., για την

¹⁹² Βλ. Θεοδωράκη Ν. - Καλογεράκη Γ., Blockchain: εφαρμογές, προοπτικές και προκλήσεις για το ελληνικό νομικό σύστημα, ΔΙΜΕΕ (τεύχος 1/2019) σελ. 21.

οποία συντρέχουν οι προϋποθέσεις της παρ. 2 ή της παρ. 3, 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 ζημίας που προκλήθηκε στο ζημιωθέν μέρος». Η συγκεκριμένη νομοθετική πρόβλεψη έχει τεθεί χάριν προστασίας των συναλλαγών για τις αναφερόμενες περιπτώσεις των παρ. 2 και 3 κατά τις οποίες μία εγγραφή ή συναλλαγή είναι άκυρη λόγω δήλωσης βούλησης από ανίκανο (άρθρο 130 ΑΚ), λόγω εικονικότητας (138), λόγω μη τήρησης του τύπου που απαιτεί ο νόμος (159), λόγω αντίθεσης της δικαιοπραξίας στον νόμο ή στα χρηστά ήθη κλπ. (άρθρα 174-179), ή αν συντρέχει περίπτωση ελαττωματικής δήλωσης βούλησης ενός μέρους λόγω πλάνης, απάτης, απειλής (άρθρα 140 έως 157 ΑΚ). Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις ο νόμος προβλέπει ως συνέπεια την ακυρότητα της δήλωσης βούλησης ή της δικαιοπραξίας καθώς και την ανόρθωση κάθε ζημίας. Το άρθρο 57 παρ. 5 του Ν 4961/2022 προβλέπει την δυνατότητα για επαναφορά των πραγμάτων στην προηγούμενη κατάσταση¹⁹³ ως εναλλακτικό τρόπο αποκατάστασης της ζημίας που προκλήθηκε στο ζημιωθέν μέρος, με προφανή δικαιολογητική αιτία την ιδιαιτερότητα των συναλλαγών που διενεργούνται εντός των συγκεκριμένων δικτύων (blockchain) οι οποίες λαμβάνουν χώρα με κρυπτονομίσματα ή άλλα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία. Πλην όμως η συγκεκριμένη νομοθετική πρόβλεψη παραβλέπει, πέραν των όποιων προβλημάτων προκύπτουν από την ανωνυμία αλλά και το πλήθος των κόμβων του δικτύου blockchain, την πλέον βασική ιδιότητα των εγγραφών που γίνονται εντός των συγκεκριμένων δικτύων, αυτή της «μη

¹⁹³ Ο δικονομικός θεσμός της επαναφοράς των πραγμάτων στην προτέρα κατάσταση προβλέπεται σε πλήθος διατάξεων του ΚΠολΔ, οι οποίες αφορούν, κυρίως, στις συνέπειες ευδοκίμησης ενδίκων μέσων, όπως λ.χ. της αναψηλαφήσεως (550 ΚΠολΔ), της αιτήσεως αναίρεσεως (579 παρ. 2 ΚΠολΔ), κ.α. Ομοίως, ως δικονομικός και πάλι θεσμός, προβλέπεται και στο δίκαιο της αναγκαστικής εκτέλεσης, σε περίπτωση λ.χ. ανατροπής του εκτελεστού τίτλου επί τη βάση του οποίου διενεργήθηκε αναγκαστική εκτέλεση (914 ΚΠολΔ).

αναστρεψιμότητας», γεγονός που καθιστά την συγκεκριμένη διάταξη όχι μόνον κενή περιεχομένου¹⁹⁴, αλλά και επικίνδυνη.

V. Τα κρυπτονομίσματα ως αντιπαροχή

Τα κρυπτονομίσματα, είναι ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία, τα οποία έχουν σχεδιαστεί ώστε να χρησιμοποιούνται ως μέσο συναλλαγής εντός των προαναφερόμενων δικτύων blockchain, ενώ η υποστήριξη και η συντήρησή τους δεν εξαρτάται από οποιαδήποτε κρατική αρχή ή πιστωτικό ίδρυμα. Παρά την, καθιερωμένη πλέον, χρήση του όρου τα κρυπτονομίσματα δεν θεωρούνται νομίσματα¹⁹⁵ με την παραδοσιακή έννοια και ενώ έχουν αντιμετωπιστεί από τις έννομες τάξεις των κρατών με διαφορετικές προσεγγίσεις όπως ως εμπορεύματα, ως άυλοι τίτλοι, αλλά και ως νομίσματα, ενώ στην πράξη τα κρυπτονομίσματα θεωρούνται γενικά ως ξεχωριστή και ιδιαίζουσα κατηγορία περιουσιακών στοιχείων. Ως προελέχθη, τα κρυπτονομίσματα χρησιμοποιούνται ευρέως ως αντιπαροχή στις συναλλαγές που διενεργούνται εντός των δικτύων blockchain και -στο πλαίσιο της θεματικής της παρούσας εργασίας- θα επιχειρηθεί μία σύντομη προσέγγιση της νομικής φύσης των κρυπτονομισμάτων.

Αν και έχει επικρατήσει ο όρος «κρυπτονομίσματα» και το bitcoin και τα άλλα κρυπτονομίσματα προσδιορίζονται κατά λογιστική μονάδα, εντούτοις δεν μπορεί να γίνει δεκτό ότι τα κρυπτονομίσματα έχουν την ιδιότητα νόμιμου χρήματος, καθώς δεν εκδίδονται από το κράτος ή ένα πιστωτικό ίδρυμα¹⁹⁶. Ειδικότερα, σύμφωνα με τις διατάξεις του Αστικού Κώδικα περί εμπραγμάτου δικαίου, το χρήμα «εν στενή έννοια» (ΑΚ 947) συνίσταται σε κινητά πράγματα, τα οποία γίνονται υποχρεωτικώς δεκτά ως μέσα πληρωμών¹⁹⁷, ενώ στην Ελλάδα

¹⁹⁴ Καθώς, όπως αναπτύχθηκε στο οικείο κεφάλαιο της εργασίας μας, η καθ' οιονδήποτε τρόπο επέμβαση, τροποποίηση ή αλλοίωση των εγγραφών του blockchain είναι τεχνικά αδύνατη.

¹⁹⁵ Τα κρυπτονομίσματα δεν υπάρχουν σε φυσική μορφή (όπως τα χαρτονομίσματα) και συνήθως δεν εκδίδονται από μια κεντρική αρχή.

¹⁹⁶ Βλ. Ιγγλεζάκη Ι., ό.π., σελ. 301.

¹⁹⁷ ΑΚ 947: «Πράγματα κατά την έννοια του νόμου είναι μόνο ενσώματα αντικείμενα. Πράγματα λογίζονται και οι φυσικές δυνάμεις ή ενέργειες, ιδίως το ηλεκτρικό ρεύμα και η θερμότητα, εφόσον υπόκεινται σε εξουσίαση, όταν περιορίζονται σε ορισμένο χώρο».

χρήμα με τη στενή έννοια του όρου είναι το «ευρώ». Περαιτέρω, υπό ευρεία έννοια, στο χρήμα περιλαμβάνονται τόσο τα νομίσματα όσο και τραπεζικά γραμμάτια, ξένα νομίσματα, επιταγές, ενώ, κατόπιν της επικράτησης του λογιστικού χρήματος, εντάσσονται και οι πιστωτικές και χρεωστικές κάρτες¹⁹⁸. Επομένως, τα κρυπτονομίσματα τα οποία στερούνται υλικής υπόστασης δεν συνιστούν κινητά πράγματα, κατά την έννοια του άρθρου 947 ΑΚ. Επιπρόσθετα, η αποδοχή τους ως μέσα ανταλλαγής σε ορισμένες -διαδικτυακές- συναλλαγές εδράζεται στη συμβατική ελευθερία των μερών και όχι σε ιδρυόμενη εκ του νόμου υποχρέωση. Για τους λόγους αυτούς γίνεται δεκτό ότι, κατ' αρχήν, τα κρυπτονομίσματα δεν εντάσσονται εννοιολογικά στο χρήμα¹⁹⁹, ούτε εν στενή ούτε εν ευρεία ερμηνεία του όρου²⁰⁰.

Περαιτέρω, η φύση του κρυπτονομίσματος θα προσιδίαζε, ενδεχομένως, περισσότερο στο ηλεκτρονικό χρήμα, ωστόσο στην περίπτωση τους δεν υφίσταται εκδότης, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν 4021/2011, που έχει εκδοθεί κατ' ενσωμάτωση της Οδηγίας 2009/110/ΕΚ²⁰¹, αφού δεν εκδίδεται από κάποια

¹⁹⁸ Βλ. Γεωργιάδη, Α. Ενοχικό Δίκαιο: Γενικό μέρος, εκδ Π.Ν. Σάκκουλας (2015), σελ.116-117.

¹⁹⁹ Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η πρώτη δημοσιευθείσα στον νομικό τύπο απόφαση ελληνικού δικαστηρίου αναφορικά με την νομική φύση του bitcoin. Ειδικότερα η υπ' αριθμ. 193/2018 απόφαση ΜΠΡΑγρινίου απεφάνθη, αφού πρώτα συμπεριέλαβε στο σκεπτικό πλήρη αιτιολογία αναφορικά με την νομική αντιμετώπιση του κρυπτοχρήματος, τις αποφάσεις του Ευρωπαϊκού Δικαστηρίου, ότι το κρυπτοχρήμα δεν αποτελεί χρήμα υπό ευρεία έννοια. Η απόφαση αυτή επικυρώθηκε με την 88/2021 απόφαση του Εφετείου Δυτικής Ελλάδος. Και οι δύο αποφάσεις είναι δημοσιευμένες στην ΤΝΠ ΝΟΜΟΣ.

²⁰⁰ Υποστηρίζεται, βέβαια, στη θεωρία η άποψη ότι κατά το στάδιο μεταβίβασης και λήψης των κρυπτονομισμάτων -έπειτα από την εξόρυξή τους- δύνανται να χαρακτηριστούν «πράγματα» ως «ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, αυτοτελώς εξουσιάζσιμη σε ορισμένο χώρο, ήτοι στον εκάστοτε φορέα (υλικής) αποθήκευσης και τήρησης του ηλεκτρονικού πορτοφολιού», και με τον τρόπο αυτό, να παρέχεται στον κάτοχό τους το υφιστάμενο πλέγμα προστασίας περί της κυριότητας. Ως προς τη συγκεκριμένη προσέγγιση βλ. Κόμνιος Κ., Bitcoin -Νομικές Προκλήσεις, Συλλογικό Έργο, Αίγιος μνήμης καθηγητού Ηλία Κρίστη (2015), σελ. 555-561.

²⁰¹ Σύμφωνα με το άρθρο 10 παρ. 1 του Ν 4021/2011 ως ηλεκτρονικό χρήμα ορίζεται «οποιαδήποτε νομισματική αξία αποθηκευμένη σε ηλεκτρονικό, συμπεριλαμβανομένου μαγνητικού, υπόθεμα, που εμφανίζεται ως απαίτηση έναντι του εκδότη ηλεκτρονικού χρήματος, η οποία έχει εκδοθεί κατόπιν παραλαβής χρηματικού ποσού για το σκοπό της πραγματοποίησης πράξεων πληρωμών όπως ορίζονται στο άρθρο 4 παρ. 5 του ν. 3862/2010 (Α` 113) και γίνεται δεκτή από άλλα φυσικά ή νομικά πρόσωπα πέραν του εκδότη»

κεντρική τράπεζα, που να υπόκειται σε κρατικές ρυθμίσεις, εποπτεία και εγγυήσεις. Περαιτέρω, η δια του mining δημιουργία ψηφιακού χρήματος γίνεται χωρίς παραλαβή χρηματικού ποσού, ενώ η νομισματική αξία του bitcoin δεν αποτελεί απαίτηση έναντι του εκδότη, όπως προβλέπει ο ανωτέρω νόμος²⁰².

Σχετικά το ΔΕΕ, στην απόφαση Skatterverket κατά David Hedqvist, δέχθηκε ότι τα εικονικά νομίσματα διαφέρουν από το ηλεκτρονικό χρήμα, κατά την έννοια της Οδηγίας 2015/2366/ΕΕ, «στο μέτρο που στην περίπτωση του εικονικού νομίσματος και σε αντίθεση με το ηλεκτρονικό χρήμα, τα χρηματικά ποσά δεν εκφράζονται σε κάποια συμβατική μονάδα –όπως, για παράδειγμα, το ευρώ- αλλά σε μία εικονική μονάδα, όπως είναι το bitcoin»²⁰³.

Επιπλέον, οι συναλλαγές με κρυπτονομίσματα δεν μπορούν να θεωρηθούν ως «υπηρεσίες πληρωμής» καθώς δεν εμπίπτουν στις δραστηριότητες που καταλαμβάνει ο Ν 4537/2018. Ειδικότερα, σύμφωνα με τον νόμο 4537/2018, ο οποίος ενσωμάτωσε στην ελληνική νομοθεσία την Οδηγία 2015/2366/ΕΕ, και ιδίως κατ' άρθρο 4 περίπτωση 3, η δια του mining εξόρυξη bitcoin δεν πληροί της προϋποθέσεις που θέτει ο νόμος για το χαρακτηρισμό ορισμένων δραστηριοτήτων ως υπηρεσιών πληρωμών, με αποτέλεσμα να μην εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής του. Πριν την ενσωμάτωση της ως άνω Οδηγίας, η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα, το 2015, είχε δηλώσει ότι δεν υφίσταται ανάγκη επέκτασης ή βελτίωσης του ευρωπαϊκού νομοθετικού πλαισίου αναφορικά με τις υπηρεσίες πληρωμών²⁰⁴.

Η χρήση των κρυπτονομισμάτων δεν έχει ρυθμιστεί νομοθετικά, ενώ ο νέος νόμος για τις αναδυόμενες τεχνολογίες πληροφορικής αν και ρυθμίζει τις «συναλλαγές» εντός των δικτύων blockchain, εντούτοις δεν έχει συμπεριλάβει στις διατάξεις του καμία σχετική ρύθμιση. Η απουσία κάποιας κεντρικής τράπεζας ή αρχής και η δυνατότητα πραγματοποίησης ασφαλών και απλών συναλλαγών χωρίς μεσάζοντες είναι ορισμένοι από τους βασικούς λόγους για

²⁰² Βλ. Καζαζάκη Θ., Bitcoin: Νομική θεώρηση ενός αρρυθμιστου ψηφιακού νομίσματος, Ελληνική Δικαιοσύνη (2015), σελ. 1023–1034.

²⁰³ European Court of Justice, υπόθεση Skatteverket vs David Hedqvist, C-264/14 προσβάσιμη σε: <https://curia.europa.eu/juris/liste.jsf?num=C-264/14>

²⁰⁴ Βλ. Γνώμη της Ευρωπαϊκής Κεντρικής Τράπεζας της 12ης Οκτωβρίου 2016. CON/2016/49, σε: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016AB0049&from=EN>

τους οποίους τα κρυπτοστοιχεία κερδίζουν όλο και περισσότερο έδαφος. Ταυτόχρονα όμως, τα χαρακτηριστικά αυτά σε συνδυασμό με την απουσία νομοθετικής ρύθμισης ενέχουν σημαντικούς κινδύνους (όπως οικονομική αστάθεια, χειραγώγηση της αγοράς και οικονομικό έγκλημα).

Αξίζει, τέλος να σημειωθεί ότι η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε πρόσφατα (Μάρτιο του 2022) μία πρόταση Κανονισμού αναφορικά με τις αγορές σε κρυπτονομίσματα που βρίσκει εφαρμογή στα πρόσωπα που εμπλέκονται στην έκδοση κρυπτονομισμάτων ή παρέχουν υπηρεσίες σχετικές με κρυπτονομίσματα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η πρόταση αυτή αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου ρυθμιστικού πλαισίου που αφορά τις ψηφιακές χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες και έχει ως στόχο να επιτύχει ασφάλεια δικαίου, ρυθμίζοντας κανονιστικά τα κρυπτονομίσματα και την τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού (στην οποία ανήκει και τη τεχνολογία blockchain), να ενισχύσει την καινοτομία και τον υγιή ανταγωνισμό, να παρέχει προστασία των καταναλωτών και των επενδυτών, και τέλος, να ενισχύσει την οικονομική σταθερότητα, με την αντιμετώπιση των ζητημάτων που ανακύπτουν από την εξέλιξη των κρυπτονομισμάτων, ιδίως των stablecoins, τα οποία έχουν την τάση να γίνονται γενικώς αποδεκτά από τους χρήστες²⁰⁵.

VI. Smart contracts και Τεχνητή Νοημοσύνη

Όπως αναφέρθηκε στο δεύτερο μέρος της εργασίας η τεχνολογία Blockchain αλληλεπιδρά, και μάλιστα έντονα, με τις λοιπές τεχνολογίες αιχμής, όπως την υπολογιστική νέφους, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και την Τεχνητή Νοημοσύνη. Δεδομένης της ευρείας εφαρμογής των smart contracts μέσω του Internet of Things, δεν θα ήταν υπερβολική η διαπίστωση ότι οι εξελίξεις σε αυτές τις δύο

²⁰⁵ Προκειμένου να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη και χρήση αυτών των τεχνολογιών, οι νέοι κανόνες στοχεύουν να τονώσουν την καινοτομία, διαφυλάσσοντας παράλληλα τη χρηματοπιστωτική σταθερότητα και προστατεύοντας τους επενδυτές και τους καταναλωτές από κινδύνους. Ειδικότερα βλ.: <https://www.europarl.europa.eu/news/el/press-room/20220309IPR25162/cryptocurrencies-in-the-eu-new-rules-to-boost-benefits-and-curb-threats>

τεχνολογικές καινοτομίες σε μεγάλο βαθμό συμπορεύονται²⁰⁶. Η ίδια δυναμική παρατηρείται και στην συνύπαρξη και αλληλεπίδραση μεταξύ της εφαρμογής των smart contracts και ειδικών εφαρμογών της Τεχνητής Νοημοσύνης που επιτρέπουν την διαπραγμάτευση, επαλήθευση, κατάρτιση και εκτέλεση μιας έξυπνης σύμβασης, χωρίς ανθρώπινη μεσολάβηση.

Η ερμηνευτική προσέγγιση από μέρους μας των κανόνων δικαίου που αφορούν στην τεχνολογία Blockchain έγινε λαμβάνοντας υπόψη ότι η διαπραγμάτευση ή η σύναψη μιας σύμβασης (οι όροι της οποίας θα συμπεριληφθούν σε smart contract) έγινε από τα άμεσα ενδιαφερόμενα πρόσωπα (αντισυμβαλλόμενους), στο πρόσωπο των οποίων θα γίνει και ο απαιτούμενος έλεγχος ως προς την αληθή βούλησή τους σε σχέση με το αντικείμενο της σύμβασης που επιθυμούν να συνάψουν. Πλην όμως η ως άνω συνθήκη (η σύναψη δηλ. της σύμβασης από τα ίδια τα αντισυμβαλλόμενα μέρη) δεν είναι η συνήθης όσον αφορά στην σύναψη των smart contracts.

Η αλληλεπίδραση της Τεχνητής Νοημοσύνης με την εφαρμογή των smart contracts μετουσιώνεται, στην συχνότερη μορφή της, μέσω των λεγόμενων πρακτόρων. Ειδικότερα, νοήμονες (ή ευφυείς) πράκτορες (intelligent software agents) ονομάζονται σύγχρονα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης στα οποία δυνητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιλεκτικά και σε συνδυασμό μέθοδοι αναπαράστασης γνώσης και επίλυσης προβλημάτων με χρήση τεχνολογιών του συγκεκριμένου τομέα (AI)²⁰⁷. Το εύρος χρήσης τους είναι ήδη μεγάλο: χρησιμοποιούνται στην παροχή έξυπνων υπηρεσιών βοήθειας και εξυπηρέτησης

²⁰⁶ Βλ. Θεοδωράκη Ν. - Καλογεράκη Γ., ό.π. σελ. 21.

²⁰⁷ Σε μία, όσο γίνεται, γενικότερη θεώρηση, ένας πράκτορας (intelligent software agent) είναι μία οντότητα που αντιλαμβάνεται το περιβάλλον μέσα στο οποίο βρίσκεται με τη βοήθεια αισθητήρων (sensors), αποτελεί μέρος του περιβάλλοντος αυτού, κάνει συλλογισμούς και δρα σε αυτό με τη βοήθεια μηχανισμών δράσης (effectors) για την επίτευξη δεδομένων στόχων εκ μέρους του χρήστη ή κάποιας άλλης οντότητας λογισμικού που πρέπει να διαθέτει κάποιο βαθμό αυτονομίας. Οι «ευφυείς πράκτορες» διακρίνονται σε σταθερούς και κινητούς πράκτορες (mobile agents). Χαρακτηριστικό των κινητών πρακτόρων είναι η ικανότητά τους να μετακινούνται μέσα στο διαδικτυακό περιβάλλον σε σημείο, ώστε να μην είναι δυνατή η παρακολούθηση της τρέχουσας θέσης τους. Σε κάθε περίπτωση, τα τεχνικά αυτά χαρακτηριστικά αλλά και η ευρεία εφαρμογή τους υπόσχεται ριζικές αλλαγές στην επικοινωνία μεταξύ χρήστη και λογισμικού στο σημερινό διασυνδεδεμένο και δικτυωμένο ψηφιακό κόσμο.

πελατών, στην αναζήτηση και φιλτράρισμα πληροφοριών στο διαδίκτυο, στην λειτουργία αλγορίθμων, σε συστήματα πλοήγησης ή οδήγησης, στον έλεγχο λειτουργίας μεγάλων εργοστασιακών μονάδων κ.α. Η δε λειτουργική ιδιαιτερότητα των νοημών πρακτόρων εντοπίζεται στη διαδραστικότητα που αυτοί αναπτύσσουν με το περιβάλλον τους, καθώς δεν «δρουν» επί τη βάση ενσωματωμένης γνώσης, αλλά δημιουργούν εμπειρία, από την οποία διδάσκονται, αντιδρούν στην πραγματικότητα και αλλάζουν την συμπεριφορά τους, μαθαίνουν και δρουν ανάλογα²⁰⁸. Η βαθιά αυτή δομημένη μάθηση (deep learning) βασίζεται σε τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, τα οποία είναι σε θέση να εξάγουν χαρακτηριστικά υψηλότερου επιπέδου από εκείνα που καταχώρισε ο χειριστής κατά την πρώτη είσοδο στο κωδικοποιημένο πρωτόκολλο και να παρέχουν πληροφορίες, χωρίς οποιαδήποτε ανθρώπινη παρέμβαση. Όσον αφορά δηλ. στον τρόπο σύναψης και εν γένει λειτουργίας των smart contracts, που ενδιαφέρει στο πλαίσιο έρευνας της παρούσας εργασίας, ο αλγόριθμος του «νοήμονος πράκτορα» αναλαμβάνει αυτόνομα²⁰⁹ τη διαπραγμάτευση, τη σύναψη και την εκτέλεση της σύμβασης χωρίς καμία απολύτως μεσολάβηση ή πράξη έγκρισης του προσώπου στο οποίο αυτή αφορά.

Η προβληματική σε σχέση με την εγκυρότητα των δηλώσεων βούλησης για την κατάρτιση των smart contracts, όταν αυτές προέρχονται από αυτόματα ή αυτοματοποιημένα συστήματα έχει απασχολήσει τις έννομες τάξεις πολλών κρατών και της Ευρωπαϊκής Ένωσης²¹⁰. Όταν η δήλωση βούλησης προέρχεται από ένα λογισμικό πρόγραμμα, που λειτουργεί με χρήση αλγοριθμικών

²⁰⁸ Βλ. Κιτσάκη Στ., Τεχνητή νοημοσύνη και συμβατική διαδικασία –Εισαγωγή στα βασικά προβλήματα, Εφαρμογές Αστικού Δικαίου και Πολιτικής Δικονομίας, τεύχος 6/2018, σελ. 601, και τις εκεί παραπομπές.

²⁰⁹ Η έννοια της αυτονομίας εν προκειμένω προσδιορίζεται από το στοιχείο της «ακαθοριστίας» ως προς τη διαδικασία λήψης αποφάσεων κατά τρόπο που να μην μπορούν να αναλυθούν με ακρίβεια τα επιμέρους στάδια αυτής. Ανάλογα δε με το βαθμό επιτήδευσης του συστήματος «θολώνουν» τα όρια ανάμεσα στον άνθρωπο και τη μηχανή, και καθίσταται αδιόρατο σε ποιο βαθμό η γνωστική διαδικασία που εκτελείται από την μηχανή ανάγεται σε ανθρώπινη επιρροή. Βλ. Κιτσάκη Στ., ό.π., σελ. 601, και τις εκεί παραπομπές.

²¹⁰ Βλ. Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 16^{ης} Φεβρουαρίου 2017 με συστάσεις προς την Επιτροπή σχετικά με ρυθμίσεις αστικού δικαίου της ρομποτικής (2015/2013(INL)), από 16-2-20217, σε: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051_EL.html

συστημάτων, δημιουργούνται εύλογα αμφιβολίες ως προς το ποιο είναι το υποκείμενο στο οποίο μπορεί αυτή, η δήλωση βούλησης, να καταλογιστεί. Το ζήτημα αυτό συνέχεται με την ιδιότητα του «υποκειμένου δικαίου» δηλ. της νομικής προσωπικότητας που αναγνωρίζει το δίκαιο σε φυσικά και νομικά πρόσωπα τα οποία μπορούν να ενεργούν νομικές πράξεις και να φέρουν την ανάλογη ευθύνη ως προς την εκπλήρωσή τους. Συγκεκριμένα, ο προβληματισμός που τίθεται είναι, αν η δήλωση βούλησης για την κατάρτιση ενός smart contract, το οποίο στηρίζεται στη λειτουργία αυτόνομων ευφυών πρακτόρων, καταλογίζεται στο φυσικό πρόσωπο που τα χειρίζεται, ή, κατά πλάσμα, δικαίου στα ίδια τα συστήματα.

Κατά μία άποψη, θα πρέπει να θεωρηθεί ότι η τεχνολογική αυτή εξέλιξη δεν θέτει νέα ερωτήματα και η έννομη τάξη θα πρέπει να εφαρμόσει τους ισχύοντες κανόνες δικαίου. Ακόμη δηλ. και στο πλαίσιο αυτό της πλήρως αυτοματοποιημένης και αυτόνομης επικοινωνίας η έννομη τάξη δεν μπορεί να παραβλέψει αφενός τον ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα του δικαίου και αφετέρου την ύπαρξη αιτιώδους συνάφειας ως λόγου καταλογισμού μεταξύ της αυτοματοποιημένης δηλώσεως βουλήσεως και της δικαιοπρακτικής βούλησης του δηλούντος, δηλαδή του χρήστη του πράκτορα. Πέραν αυτού η ίδια άποψη καταλήγει στην παραδοχή, για λόγους σεβασμού της αρχής της ιδιωτικής αυτονομίας, πως ακόμη και στην περίπτωση που το περιεχόμενο της δήλωσης βούλησης (όπως αυτό εκδηλώνεται από τον πράκτορα) είναι άγνωστο στον δηλούντα (χρήστη), ο σύνδεσμός της αιτιώδους συνάφειας δεν διακόπτεται²¹¹.

Στην πιο πάνω άποψη ασκείται έντονη κριτική με κύριο επιχείρημα πως ο νόμος δεν προστατεύει την αυτονομία βουλήσεως εκεί όπου δεν υφίσταται αφού το περιεχόμενο του προγραμματισμού δεν μπορεί και δεν επιδιώκει να ελέγξει, αλλά ούτε δίνει τη δυνατότητα πρόβλεψης έστω και του πλαισίου των ενεργειών του ευφυούς πράκτορα (δέχεται δηλ. ότι η εξουσία απόφασης, όπως εν προκειμένω αναφορικά με τη σύναψη μίας έξυπνης σύμβασης μέσω ευφυούς πράκτορα, ανήκει στον πράκτορα και όχι στον άνθρωπο)²¹².

²¹¹ Βλ. Γεωργιάδη γ., Η σύναψη της σύμβασης μέσω του διαδικτύου, εκδ. Σάκκουλα (2003), σελ. 70.

²¹² Βλ. Κιτσάκη Στ., ό.π., σελ. 601.

Η αντίθετη (εναλλακτική) άποψη της έννομης τάξης είναι η αναγνώριση της αυτόνομης λειτουργίας του ευφυούς πράκτορα εντός του πλαισίου του ισχύοντος δικαίου, με την ταυτόχρονη αναγνώριση της αυτόνομης λειτουργίας τους. Στην περίπτωση αυτή η λύση αναζητείται μέσω της αναγνώρισης της αυτόνομης δράσης του πράκτορα και της εύρεσης ενός μηχανισμού επιμερισμού της αυτονομίας της βουλήσεως και συγκεκριμένα μέσω των διατάξεων του αστικού κώδικα για την αντιπροσώπευση. Σύμφωνα με την άποψη αυτή η αντιμετώπιση του ευφυούς πράκτορα από το δίκαιο θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη αφενός την αυτονομία του και αφετέρου το γεγονός ότι η εν γένει λειτουργία του συνδέεται με την εξυπηρέτηση συμφερόντων του χρήστη. Στο πλαίσιο αυτό τονίζεται ως ειδοποιό στοιχείο το γεγονός ότι ο ευφυής πράκτορας δεν επιδιώκει το ατομικό του συμφέρον αλλά την ικανοποίηση του συμφέροντος του χρήστη. Και στην άποψη αυτή υπάρχει ισχυρός αντίλογος ο οποίος συνίσταται στο επιχείρημα ότι ο πράκτορας δεν διαθέτει τα χαρακτηριστικά που απαιτεί ο νόμος για την παραδοχή δικαιοπρακτικής δράσης, και ότι στο βαθμό που ο πράκτορας είναι απλά πρόγραμμα και μηχανή δίχως ίδια βούληση δεν μπορεί να νοείται ως αντιπρόσωπος. Τα ίδια επιχειρήματα ισχύουν και όσον αφορά την αντιμετώπιση των συγκεκριμένων λογισμικών με τις διατάξεις βοηθού εκπλήρωσης κ.α.²¹³

Ως καινοτόμος αλλά και απαραίτητη προτείνεται μία τρίτη επιλογή, που ήδη συζητείται ευρέως²¹⁴. Είναι αυτή της αναγνώρισης των αυτόνομων ευφύων πρακτόρων, ως τεχνητών ηλεκτρονικών προσώπων (e-persons), τα οποία θα πρέπει να ενταχθούν στη νομοτεχνική θεώρηση των νομικών προσώπων που θα

²¹³ Βλ. Κιτσάκη Στ., Τεχνητή νοημοσύνη και συμβατική διαδικασία –Εισαγωγή στα βασικά προβλήματα, Εφαρμογές Αστικού Δικαίου και Πολιτικής Δικονομίας, τεύχος 6/2018, σελ. 601, και Παπαδημόπουλου Ι., Η δογματική ένταξη των smart contracts στο δίκαιο των συμβάσεων, Χρονικά Ιδιωτικού Δικαίου (Κ/2020), σελ. 477.

²¹⁴ Σύμφωνα με το Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 16^{ης} Φεβρουαρίου 2017 με συστάσεις προς την Επιτροπή (σχετικά με ρυθμίσεις αστικού δικαίου στον τομέα της ρομποτικής), παρ. 59 (στ): είναι αυτονόητη η «δημιουργία μακροπρόθεσμα ενός ειδικού νομικού καθεστώτος για τα ρομπότ, ώστε τα πιο εξελιγμένα, αυτόνομα ρομπότ να αναγνωρίζονται ως ηλεκτρονικά πρόσωπα με υποχρέωση τυχόν ζημίας που προκαλούν, και ενδεχομένως εφαρμογή της ηλεκτρονικής αυτής προσωπικότητας σε περιπτώσεις στις οποίες τα ρομπότ λαμβάνουν αυτόνομα αποφάσεις ή έρχονται με άλλον τρόπο σε ανεξάρτητη διάδραση με τρίτα μέρη», σε: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051_EL.html

τους προσδώσει ιδιόρρυθμη νομική προσωπικότητα ή σε κάθε περίπτωση ικανότητα δικαίου. Με βάση την πιθανή αποδοχή της νομοτεχνικής έννοιας «e-person» η εξωτερίκευση της δήλωσης βούλησης στο πεδίο των smart contracts θα καταλογίζεται στα ίδια αυτά συστήματα²¹⁵.

Στην κατεύθυνση αυτή κινείται και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το οποίο στις 12-2-2020 εξέδωσε το Ψήφισμα «Κανόνες για ασφαλή και δίκαιη τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης»²¹⁶, προκειμένου να εφαρμοσθούν οι κανόνες ασφαλείας και νομικής ευθύνης που δημιουργεί η ταχεία ανάπτυξη τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης και αυτοματοποιημένης λήψης αποφάσεων, με ιδιαίτερη έμφαση στην προστασία των καταναλωτών.

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο φαίνεται να κάνει λόγο για αναγνώριση νομικής προσωπικότητας σε εξελιγμένα αυτόνομα ρομπότ με πλήρη ικανότητα δικαίου (με υποχρέωση μάλιστα ανόρθωσης ενδεχόμενης ζημίας). Η προτεινόμενη λύση είναι κατά την άποψή μας λανθασμένη, καθώς δεν λαμβάνει υπόψη την βασική ιδιαιτερότητα της δράσης των (αυτόνομων) φορέων τεχνητής νοημοσύνης η οποία δράση συνδέεται ευθέως και αποκλειστικά με την εξυπηρέτηση βασικών ανθρωπίνων αναγκών και συμφερόντων (και μόνον). Με γνώμονα αυτήν την παραδοχή υποστηρίζεται ότι η αναγνώριση νομικής προσωπικότητας (ικανότητας δικαίου) θα παραγνώριζε το στοιχείο της εκπροσώπησης και της συνεργασίας. Υπ' αυτή την παραδοχή, η οποία σχετίζεται με όλη τη προβληματική αναφορικά με την νομοθετική ρύθμιση των σχετικών ζητημάτων, προτείνεται η κατασκευή του «υβριδικού προσώπου ανθρώπου –μηχανής» ως φορέα δικαιωμάτων και υποχρεώσεων²¹⁷.

²¹⁵ Βλ. Κιτσάκη Στ., ό.π., σελ. 601, και Παπαδημόπουλου Ι., ό.π. σελ. 477.

²¹⁶ Βλ. <https://www.europarl.europa.eu/news/el/press-room/20200206IPR72015/kanones-gia-asfali-kai-dikaii-technologia-technitis-noimosunis>

²¹⁷ Βλ. Κιτσάκη Στ., ό.π. σελ. 601

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κύριο ερευνητικό αντικείμενο της διπλωματικής αυτής εργασίας αποτέλεσαν οι βάσεις δεδομένων που βασίζονται σε ένα συγκεκριμένο είδος τεχνολογίας, το Blockchain, και η νομική προσέγγιση, κυρίως από τη σκοπιά του ιδιωτικού δικαίου, τόσο της αρχιτεκτονικής με βάση την οποία είναι δομημένες όσο και των ψηφιακών πληροφοριών που είναι αποθηκευμένες στις βάσεις αυτές. Η συγκεκριμένη τεχνολογία βρίσκεται ακόμη σε φάση ανάπτυξης, αναμφίβολα όμως αποτελεί μία εξαιρετικά νεοπαγή αλλά και περίπλοκη τεχνολογία που πρόκειται να αλλάξει δραστικά πολλούς τομείς που συνδέονται με αυτήν, κυρίως όμως τον τρόπο διεξαγωγής των διεθνών συναλλαγών με εφαρμογές όπως τα smart contracts και τα κρυπτονομίσματα.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα όσα αποτέλεσαν αντικείμενο της έρευνάς μας θα μπορούσαμε συνοπτικά να εκθέσουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Το Blockchain αποτελεί, βασικώς και κυρίως, ένα μηχανισμό ταχείας, ευχερούς και αδιαμφισβήτητης επιβεβαίωσης διαδικτυακών συναλλαγών.

- Επίσης, το Blockchain (και εν γένει οι τεχνολογίες καταναμημένου καθολικού DLT στις οποίες συγκαταλέγεται) είναι τεχνολογία «γενικής εφαρμογής» που μπορεί και πρόκειται να βελτιώσει την απόδοση του κόστους των συναλλαγών αφαιρώντας διαμεσολαβητές και δαπάνες διαμεσολάβησης και βελτιώνοντας τη διαφάνεια των διαδικτυακών συναλλαγών.

- Βασικά πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας αποτελούν α) η αποδιαμεσολάβηση, β) η αυξημένη ασφάλεια (λόγω των χρησιμοποιούμενων μεθόδων κρυπτογράφησης) και γ) η διαφάνεια. Η κινητήρια δύναμή της έγκειται στην αποκεντρωμένη φύση και την καταναμημένη λειτουργία της, η οποία καταργεί, ή έστω φιλοδοξεί να το κάνει, την ανάγκη ύπαρξης τρίτων έμπιστων προσώπων (μεσαζόντων), καθώς επίσης, και στην ικανότητά της να διασφαλίσει την εμπιστοσύνη και την ιδιωτικότητα.

- Λόγω των πλεονεκτημάτων αυτών έχει αναρίθμητες εφαρμογές σε πάρα πολλούς τομείς όπως: α) στην διαδικασία πληρωμών και μεταφορές χρημάτων – κρυπτονομίσματα, β) στα smart contracts, γ) στις ασφαλιστικές συμβάσεις, δ)

στον τομέα των χρηματοοικονομικών, των επενδύσεων και της ενέργειας, ε) στις εφοδιαστικές αλυσίδες, στ) στην ταυτοποίηση χρηστών, ζ) στην αρχειοθέτηση και αποθήκευση αρχείων, η) στην πνευματική ιδιοκτησία, κ.α.

•Μειονεκτήματα και αδυναμίες του blockchain αποτελούν α) η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, β) η ανάγκη για μεγάλη υπολογιστική ισχύ, γ) κενά ασφαλείας, τρωτότητες και ευπάθειες, και δ) το ασαφές νομικό και κανονιστικό πλαίσιο. Σε κάθε περίπτωση, θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι το Blockchain εξελίσσεται συνεχώς σε παγκόσμιο επίπεδο, χωρίς νομοθετικό έλεγχο και για τους λόγους αυτούς δεν γνωρίζουμε ακόμη πλήρως τους κινδύνους και τα προβλήματα της τεχνολογίας αυτής.

•Ήδη υπάρχουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση πολύ σημαντικές πρωτοβουλίες σχετικά με την ανάγκη νομοθετικής ρύθμισης τόσο των τεχνολογιών κατανεμημένου καθολικού DLT όσο και των ειδικότερων εφαρμογών του όπως είναι τα κρυπτονομίσματα. Πρόσφατα δε ψηφίστηκε στην Ελλάδα ο Ν 4961/2022 για τις αναδυόμενες τεχνολογίες πληροφορικής ο οποίος περιέχει ρυθμίσεις τόσο για τις τεχνολογίες κατανεμημένου καθολικού όσο και για τις λεγόμενες «έξυπνες συμβάσεις».

•Ο νέος νόμος κινείται προς τη σωστή κατεύθυνση λόγω της υπάρχουσας ανάγκης νομοθετικής ρύθμισης της λειτουργίας των νέων τεχνολογιών που εισέρχονται συν τω χρόνω σε κάθε πτυχή της κοινωνικής και οικονομικής ζωής και εγείρουν κινδύνους για την ιδιωτικότητα και τα δικαιώματα των πολιτών. Πλην όμως οι διατάξεις που αφορούν τις τεχνολογίες κατανεμημένου καθολικού (άρα και το Blockchain) είναι, κατά την άποψή μας ελλιπείς. Επίσης, τα συγκεκριμένα θέματα δεν δύνανται να ρυθμιστούν αποσπασματικά στο πλαίσιο μιας έννομης τάξης αλλά οικουμενικά, διότι στην παγκόσμια ψηφιοποιημένη αγορά δεν γίνεται να μην υπάρχουν ενιαίοι κανόνες και εναρμονισμένες πρακτικές. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί συμπερασματικά, όσον αφορά στο συγκεκριμένο θέμα, ότι ο νόμος ψηφίστηκε ενώ αναμένεται η ψήφιση ευρωπαϊκών Κανονισμών για τα υπό ρύθμιση θέματα (νέες τεχνολογίες, τεχνητή νοημοσύνη, κρυπτονομίσματα, κ.α.).

•Οι τεχνολογίες αιχμής (Blockchain, IoT, Artificial Intelligence)

συνυπάρχουν και αλληλεπιδρούν σε όλο και μεγαλύτερο βαθμό. Αναμφίβολα, κύριο πεδίο συζήτησης και αντιπαράθεσης τόσο στους θεωρητικούς της νομικής επιστήμης όσο και σε επιστήμονες άλλων κλάδων θα αποτελέσει στο εγγύς μέλλον το θέμα της νομικής ρύθμισης των αναδυόμενων τεχνολογιών της πληροφορικής με βασικό ερώτημα την αναγνώριση ή μη νομικής προσωπικότητας στους φορείς τεχνητής νοημοσύνης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

I. Ελληνική βιβλιογραφία

- 1) Γεωργιάδης Α., Ενοχικό Δίκαιο: Γενικό μέρος, εκδ Π.Ν. Σάκκουλας (2015)
- 2) Γιαννόπουλος Α., Νομικά θέματα σχετικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, Περιβάλλον και Δίκαιο, τεύχος 2/2019
- 3) Θεοδωράκης Ν. -Καλογεράκης Γ., Blockchain: εφαρμογές, προοπτικές και προκλήσεις για το ελληνικό νομικό σύστημα, ΔΙΜΕΕ, εκδ. Νομικής Βιβλιοθήκης, τεύχος 1/2019
- 4) Θεοδωράκης Ν., Η Χρήση Κρυπτονομισμάτων για Παράνομες Δραστηριότητες και Σχετικές Νομοθετικές Πρωτοβουλίες, theartofcrime.gr
- 5) Ιγγλεζάκης Ι., Οι Άδειες Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα (open source software), Συνήγορος, τεύχος 64/2007
- 6) Ιγγλεζάκης Ι., Δίκαιο Πληροφορικής, εκδ. Σάκκουλα (Δ' έκδοση)
- 7) Καζαζάκης Θ., Bitcoin: Νομική θεώρηση ενός αρρυθμιστου ψηφιακού νομίσματος, Ελληνική Δικαιοσύνη (2015)
- 8) Καλλινίκου. Δ., Πνευματική Ιδιοκτησία και Συλλογική Διαχείριση, Σάκκουλας, Χρονικά Ιδιωτικού Δικαίου, Τόμος 2018
- 9) Κανελλοπούλου – Μπότη Μ., Νομική Προστασία Βάσεων Δεδομένων, εκδ. Νομική Βιβλιοθήκη (2004)
- 10) Κανέλλος Λ., Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης, εκδ. Νομική Βιβλιοθήκη (2021)
- 11) Κόμνιος Κ., Bitcoin -Νομικές Προκλήσεις, Συλλογικό Έργο, Αίνος μνήμης καθηγητού Ηλία Κρίστη (2015)
- 12) Κουρμπέτης, Σ. Smart Contracts: Οι ιδιωτικές συμβατικές πρακτικές υπό το πρίσμα των ψηφιακών τεχνολογιών, Εφαρμογές Αστικού Δικαίου και Πολιτικής Δικονομίας (τ. 2020)
- 13) Κουσουνή –Πανταζοπούλου Α., Cloud Computing και νομικά ζητήματα, εκδ. Νομικής Βιβλιοθήκης, 2022
- 14) Λογαράς Κ., Η τεχνολογία Blockchain, οι εφαρμογές της και οι νομικές πτυχές της, naftemporiki.gr, 2018
- 15) Μανιώτη Δ., Το ηλεκτρονικό έγγραφο –Επίκαιρες πρακτικές εφαρμογές, Επιθεώρηση Πολιτικής Δικονομίας τ. 2017

- 16) Μαυραντωνάκη Ε., Η έξυπνη διαιτησία - Διαδικτυακή επίλυση διαφορών από smart contracts στην εποχή των blockchains, Διαιτ., τεύχος 4/2018
- 17) Μήτρου Λ., Το δικαίωμα συμμετοχής στην κοινωνία της πληροφορίας, σε: . Μιχαηλάκη Α., Δίκαιο και Δεοντολογία στις Εφαρμογές της Επαυξημένης Πραγματικότητας, εκδ. Νομικής Βιβλιοθήκης
- 18) Παναγοπούλου –Κουτνατζή Φ., Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things IoT: Αποικισμός της καθημερινής ζωής ή νέα τεχνολογική πρόκληση), ΔιΜΜΕ 2014
- 19) Παπαχρίστου, Βιδάλη, Μήτρου, Τάκη, Το δικαίωμα συμμετοχής στην κοινωνία της πληροφορίας, 2006
- 20) Παπαδημόπουλος Ι., Η δογματική ένταξη των smart contracts στο δίκαιο των συμβάσεων, Χρονικά Ιδιωτικού Δικαίου, Τόμος 2020
- 21) Παπαδοπούλου Α., Blockchain: Η τεχνολογία που υπόσχεται «ψηφιακή ασφάλεια» - Πιθανές εφαρμογές και συνέπειες για το δίκαιο της πνευματικής ιδιοκτησίας και ιδίως στο ζήτημα της ψηφιακής ανάλωσης, ΕπισκΕΔ, τεύχος 2/2018
- 22) Παπαδοπούλου Δ., Blockchain και Έξυπνες Συμβάσεις - Πόσο έτοιμοι είμαστε για τις νομικές προκλήσεις που μας περιμένουν; Νομική Βιβλιοθήκη, Εφαρμογές αστικού δικαίου και πολιτικής δικονομίας, τεύχος 1/2021
- 23) Παπαθανασίου Β., Νομικά ζητήματα που προκύπτουν από την τεχνολογία Blockchain στο παράδειγμα των Μη Εναλλάξιμων Κρυπτοπαραστατικών (Non Fungible Tokens – NFTs), Διπλωματική Εργασία, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Αστικό Δίκαιο, Ειδίκευση: Νέες Τεχνολογίες, Νομική Σχολή ΕΚΠΑ (2021)
- 24) Παπακωνσταντίνου Ε., Δίκαιο Πληροφορικής, εκδ. Σάκκουλα (2010)
- 25) Πλιακογιάννης Δ., Οι νομικές προεκτάσεις της διαχείρισης της ταυτότητας υγείας με χρήση blockchain: μια πρώτη προσέγγιση, Νομική Βιβλιοθήκη, Εφαρμογές Αστικού Δικαίου και Πολιτικής Δικονομίας, τεύχος 8-9/2021
- 26) Σανταμούρης Π., Η νομική φύση της αλυσίδας συστοιχιών (blockchain), η προστασία του δημιουργού και των χρηστών και άλλα ζητήματα, Διπλωματική Εργασία, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Αστικό Δίκαιο, Ειδίκευση: Νέες Τεχνολογίες. Νομική Σχολή ΕΚΠΑ, (2021)
- 27) Συνοδικού Τ., Η νομική προστασία των βάσεων δεδομένων, εκδ. Σάκκουλα (2004)
- 28) Σπυρίδωνος Α., Έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) και ελευθερία των συμβάσεων, Δίκαιο και Τεχνολογία, 2019

- 29) Σταθόπουλος Μ., Επιτομή Γενικού Ενοχικού Δικαίου, Σάκκουλας, 2004
- 30) Χριστοδούλου Κ. Επιτομή Ηλεκτρονικού Αστικού Δικαίου, Αντ. Ν. Σάκκουλα, 2013
- 31) Χριστοδούλου Κ., Νομικά ζητήματα από την τεχνητή νοημοσύνη, Σάκκουλας, Χρονικά Ιδιωτικού Δικαίου, τεύχος 5/2019

II. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- 1) Bashir I., Mastering Blockchain: Distributed ledger technology, decentralization, and smart contracts explained. 2^η (2018). Packt Publishing LTD.
- 2) Ganne, E. (2018). Can Blockchain revolutionize international trade? Switzerland: WTO Publications, World Trade Organization.
- 3) Gönenç Gürkaynak, İlay Yılmaz, Burak Yesilaltay, Berk Bengi, Intellectual property law and practice in the blockchain realm, Computer Law and Security Review, τεύχος 34/2018
- 4) Goyal, S. (2018, November 3). The History of Blockchain Technology: Must Know Timeline.
- 5) Haber, S. and Stornetta, W.S. (1991) 'How to time-stamp a digital document', Journal of Cryptology, 3(2), doi:10.1007/BF00196791.
- 6) Jentzsch C., Decentralised Autonomous Organisation to automate governance, lexblogplatformthree.com, 2016
- 7) Navin V. Keizer, Fan Yang, Ioannis Psaras, George Pavlou, The Case for AI Based Web3 Reputation Systems
- 8) Nakamoto S., Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, bitcoin.org, 2009
- 9) Nam, K., Dutt, C. S., Chathoth, P., & Khan, M. S. (2019). Blockchain technology for smart city and smart tourism: latest trends and challenges
- 10) Pilkington M., (2015) Blockchain Technology: Principles and Applications. SSRN Scholarly Paper ID 2662660. Rochester, NY: Social Science Research Network.
- 11) Szabo N., Smart Contracts, fon.hum.uva.nl, 1994
- 12) Timothy Nielsen, Cryptocorporations: A Proposal for Legitimizing Decentralized Autonomous Organizations, Utah Law Review, τεύχος 5/2019
- 13) Van der Auwera, E. et al. (2020), Financial Risk Management for Cryptocurrencies, σε Springer Briefs in Finance, Springer International Publishing

- 14) Q. Lv, P. Cao, E. Cohen, K. Li, S. Shenker Search and replication in unstructured peer-to-peer networks Proceedings of the 16th international conference on Supercomputing - ICS (2002)