



**ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΕΙΟΝΟΜΙΑΣ, ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**DEPARTMENT OF ARCHIVAL, LIBRARY AND INFORMATION STUDIES  
SCHOOL OF MANAGEMENT, ECONOMICS AND SOCIAL SCIENCES**

**Πτυχιακή Εργασία**

**Non-Fungible Tokens (NFTs): Η δημιουργία, η χρήση και η  
σημασία τους μέσα από συγκριτική μελέτη των κυριωτέρων  
πλατφορμών αγοραπωλησίας**

**Χριστίνα Χατζημανώλη (ΑΜ: 14042)**

Επιβλέποντες: Νικόλαος Καρεκλάς, Γιαννακόπουλος Γιώργος

Αθήνα, Μάρτιος 2024

# Επιτροπή Εξέτασης

1. Ονοματεπώνυμο

2. Ονοματεπώνυμο

3. Ονοματεπώνυμο

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη ...Χριστίνα..Χατζημανώλη..., με αριθμό μητρώου ...14042... φοιτητήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών του Τμήματος Αρχειονομίας, Βιβλιοθηκονομίας και Συστημάτων Πληροφόρησης, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Χριστίνα Χατζημανώλη



## Ευχαριστίες – Αφιερώσεις

Αυτή η εργασία δε θα μπορούσε να υπάρξει χωρίς την απύθμενη υπομονή όχι μόνο του επιβλέποντα καθηγητή μου, Νικόλαου Καρεκλά και της οικογένειάς μου, αλλά και όλων των ατόμων που είχα την τιμή να γνωρίσω κατά τη (μεγάλη) διάρκεια των σπουδών μου. Μέσα σε αυτό το διάστημα είχα την ευχαρίστηση να δω το τμήμα και εξολοκλήρου το πανεπιστημιακό αυτό ίδρυμα να εξελίσσεται και να αναγάγεται συνεχώς σε ένα χώρο όπου προάγεται η γνώση και η ακαδημαϊκή και κριτική σκέψη, όλα αυτά μέσα από τις αποφάσεις που παίρνονται κάθε μέρα από τους ανθρώπους του πανεπιστημίου.

Θεωρώ ότι χωρίς κάθε βοήθεια της γραμματείας, χωρίς κάθε έναν καθηγητή και κάθε μία καθηγήτρια των οποίων τα μαθήματα είχα τη δυνατότητα να παρακολουθήσω, κάθε βιβλίο το οποίο μου προτάθηκε να διαβάσω, κάθε πρακτική άσκηση, κάθε εποικοδομητικό feedback κάθε φορά που χρειαζόμουν περισσότερη βοήθεια και, φυσικά, χωρίς κάθε συζήτηση και γνώση η οποία μου χαρίστηκε απλόχερα όλα αυτά τα χρόνια όχι μόνο δε θα είχα τις γνώσεις που έχω αυτή τη στιγμή, αλλά δε θα ήμουν σε καμία περίπτωση εγώ με τον τρόπο που με γνωρίζω σήμερα.

Για τους παραπάνω και πολλούς ακόμα λόγους που μάλλον δε θα χωρούσαν σε μία μόνο σελίδα, ακόμα και με μικρότερη γραμματοσειρά, θα ήθελα τουλάχιστον να πω ένα πολύ μεγάλο «ευχαριστώ» σε όλα τα άτομα του τμήματος τα οποία αναβάθμισαν όχι μόνο το επίπεδο σπουδών μου όλα αυτά τα χρόνια, αλλά και τον τρόπο σκέψης μου.

15/03/2024

Χριστίνα Χατζημανώλη

## Περίληψη στα ελληνικά

Οι άνθρωποι βασιζόμαστε στην τεχνολογία εδώ και πάνω από 2.5 εκατομμύρια χρόνια. Κατόπιν της έξαρσης της ανάπτυξης του κλάδου κατά τα τέλη του 19<sup>ου</sup> και του 20<sup>ου</sup> αιώνα, βρήκαμε τρόπους να ενσωματώσουμε τεχνολογικά ευρήματα σε κάθε σημείο της καθημερινής μας ζωής, συμπεριλαμβανομένης και της απόδειξης κατοχής ενός αντικειμένου. Από τις «μπούλες» της αρχαίας Σουμερίας (Postgate, 2017) έως τη δημιουργία των ψηφιακών εγγράφων προέλευσης γνωστών και ως NFT (Non-Fungible Token), είναι σίγουρο ότι ο θεσμός της ιδιοκτησίας έχει καθοριστικό ρόλο στις προτεραιότητές μας.

Η παρούσα εργασία παραθέτει την ιστορία των NFTs, συμπεριλαμβανομένων των τεχνολογιών blockchain και smart contract (blockchain 2.0) που επιτρέπουν την ύπαρξή τους, τις πλατφόρμες που επιτρέπουν τη δημιουργία και την «κοπή» (minting) τους (π.χ. Ethereum), καθώς και τις αντίστοιχες αγορές (π.χ. OpenSea) στις οποίες είναι δυνατή η αγοραπωλησία και ανταλλαγή τους.

Στα επόμενα κεφάλαια η έννοια του NFT θα αναλυθεί πλήρως και ο αναγνώστης θα είναι έπειτα σε θέση να αναγνωρίσει, να κρίνει, να προμηθευθεί και να αποθηκεύσει ένα τέτοιο τεκμήριο με καλύτερη κατανόηση του πώς λειτουργεί αυτό και το οικοσύστημα στο οποίο συναντάται.

Παρατίθενται επιπλέον η παρουσίαση των κύριων αγορών NFTs και των πλατφορμών αλληλεπίδρασης, καθώς και το πλήθος καινούριων λειτουργιών που προσφέρουν τα NFTs κατά τη χρονολογία συγγραφής, αναλύοντας τις διαφορετικές προσεγγίσεις που μπορεί να ακολουθήσει ένας πιθανός χρήστης ή ερευνητής.

**Λέξεις Κλειδιά:** NFT, Μη-Ανταλλάξιμο Τεκμήριο, Blockchain, Έξυπνο Συμβόλαιο, Κρυπτονόμισμα, Αποδεικτικό προέλευσης, Αποκεντρωμένη Εφαρμογή (DApp)

## Περίληψη στα αγγλικά

Humanity has relied on technology for over 2.5 million years. Following the industry's boom in the late 19<sup>th</sup> as well as the 20th century, solutions were found to incorporate our findings into every aspect of our daily lives, including proving possession of an object. Starting from the "bullae" of ancient Sumeria [2] all the way to the creation of digital provenance documents known as NFTs (non-fungible tokens), it is safe to say that the creation of proof of possession has played a key role in our priorities.

This paper aims to provide a complete history of NFTs, including the infrastructure technology that enables their existence, like blockchain and smart contracts (blockchain 2.0)], the platforms that allow their creation and minting (e.g. Ethereum), as well as the corresponding markets (e.g. OpenSea) in which they can be found.

In the following chapters the concept of the NFT will be fully explained and the reader will then be able to identify, form an opinion on, procure and store such a token with a better understanding of its function, as well as the ecosystem which supports it.

The main markets, interaction platforms and new uses where NFTs are implemented at the time of writing are presented to provide further insight into the NFT ecosystem and the different approaches a potential user or researcher may choose to take.

**Keywords:** NFT, Non Fungible Token, Blockchain, Smart Contract, Cryptocurrency, (proof of) Provenance, Decentralised Application (DApp)

# Πίνακας περιεχομένων

<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ – ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ</b> .....	<b>IV</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ</b> .....	<b>V</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ</b> .....	<b>VII</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ</b> .....	<b>VII</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>IX</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	<b>X</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>1</b>
1.1 ΠΛΑΙΣΙΟ, ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	2
1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	2
1.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ .....	3
1.4 ΟΡΙΣΜΟΙ .....	3
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ – ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ</b> .....	<b>7</b>
2.1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ .....	7
2.2 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ .....	7
2.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ.....	8
2.3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ NFTS; .....	8
2.3.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ NFTS.....	10
2.3.3 Ο ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ NFTS ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΟΧΗ .....	12
2.3.4 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	14
2.4 ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΙΣΩ ΑΠΟ ΤΑ NFTS .....	15
2.5 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΚΤΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΗ ΤΩΝ NFTS.....	20
2.5.1 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ .....	21
2.6 ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ.....	22
2.7 ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ NFTS ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΑΥΤΩΝ.....	24
2.8 Η ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΗ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΑ NFTS .....	25
2.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΟΡΟΣΗΜΩΝ ΤΩΝ NFTS ΣΕ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΗ ΣΕΙΡΑ .....	28
2.10 ΚΛΑΣΜΑΤΙΚΗ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ ΚΑΙ ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ NFTS .....	30
2.11 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ NFTS.....	32
2.12 ΠΟΥ ΕΝΤΟΠΙΖΕΤΑΙ Η ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΩΝ NFTS – ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΑΓΟΡΑΠΩΛΗΣΙΑΣ.....	35

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΥΡΗΜΑΤΑ / ΕΠΙΤΕΥΓΜΑΤΑ .....</b>	<b>39</b>
3.1 Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	39
3.2 ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ/ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΤΕΛΙΚΟ ΣΤΟΧΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	40
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>41</b>
4.1 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....	41
4.2 ΤΙ ΕΠΙΦΥΛΑΣΣΕΙ ΤΟ ΚΟΝΤΙΝΟ ΜΕΛΛΟΝ ΓΙΑ ΤΑ NFTS .....	42
4.3 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ / ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	44
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>46</b>
<b>ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>47</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – ΤΙΤΛΟΣ.....</b>	<b>59</b>



## Πίνακας Σχημάτων

## Πίνακας Πινάκων

# Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Από την αρχή της ανθρωπότητας, το είδος μας ξεκίνησε να χρησιμοποιεί την τεχνολογία ώστε να διευκολύνει την καθημερινότητά του. Παίρνοντας υπόψιν τα λίθινα εργαλεία της Κατώτερης Παλαιολιθικής εποχής, τις πρώτες ανθρώπινες εφευρέσεις που έχουν βρεθεί μέχρι σήμερα και χρονολογούνται σε Έτος  $\geq 2.6$  έως 1.4 εκατομύρια χρόνια πριν (Toth & Schick, 2018), μπορεί κανείς εύκολα να συνειδητοποιήσει πόσο αλληλένδετη είναι η εξέλιξη της ανθρωπότητας με την τεχνολογία.

Από τις πρώτες ανάγκες που κληθήκαμε να λύσουμε ήταν η απόδειξη ιδιοκτησίας ενός αντικειμένου, τεκμηρίου ή άλλου περιουσιακού στοιχείου. Στην αρχαία Σουμερία μαρκαρισμένες σφαίρες γνωστές ως «μπούλες» (bullae) χρησιμοποιούνταν για την επίτευξη συναλλαγών, και άρα τη μετάδοση της ιδιοκτησίας / κατοχής ενός αντικειμένου ανάμεσα σε δύο συμβαλλόμενα μέρη (Postgate, 2017). Κατά την πλούσια μετέπειτα ιστορία της απόδειξης ιδιοκτησίας δημιουργήθηκαν επίσημες διαδικασίες για μια διευρυμένη ποικιλία δικαιωμάτων όπως η απόδειξη ιδιοκτησίας γης, κατοικιών, κυκλοφορίας οχήματος, ακόμα και πνευματικών δικαιωμάτων.

Το 2008 εν μέσω της μεγαλύτερης ίσως ανάπτυξης της σύγχρονης τεχνολογίας, η οποία μέσα σε λιγότερο από έναν αιώνα ιστορίας (μέσα 1940 έως και σήμερα) (Ceruzzi, 2003) έχει αλλάξει ριζικά την καθημερινή μας ζωή, αναρτήθηκε στο διαδίκτυο το άρθρο «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System» από το ψευδώνυμο Satoshi Nakamoto (2008).

Η πρώτη αναφορά στην τεχνολογία blockchain αλλά και στο πρώτο ως τώρα ηλεκτρονικό νόμισμα Bitcoin (BTC) ένευσαν μία περίοδο αλλαγής στον τρόπο με τον οποίο δηλώνεται η ιδιοκτησία ενός τεκμηρίου και οι συναλλαγές γενικότερα, ωθώντας διαδικασίες που για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα είχαν ως απαραίτητη την ύπαρξη μιας εξωτερικής «εμπιστευσιμής» πηγής (π.χ. κυβερνήσεις, τράπεζες) (Nakamoto, 2008) να απαιτούν την ύπαρξη μόνο των ενεργών μελών μίας διαδικασίας ή συναλλαγής, λύνοντας το πρόβλημα των βυζαντινών στρατηγών (Wang et al., 2021), κατά το οποίο σε ένα αποκεντρωμένο περιβάλλον οι δίοδοι επικοινωνίας αυξάνονται εκθετικά όσο αυξάνονται τα εμπλεκόμενα μέλη, κάτι που κάνει την ύπαρξη πραγματικής ομοφωνίας από δύσκολη έως ακατόρθωτη.

Παίρνοντας υπόψιν τα παραπάνω, καθώς και τη σημασία της χρήσης των υπό εξέταση τεχνολογιών σε ποικίλα είδη και στάδια της σύγχρονης βιομηχανίας, είναι φανερό ότι μια εκ βάθους εξήγηση του οικοσυστήματος blockchain και NFT μπορεί να έχει μεγάλο αντίκτυπο σε ένα σημαντικό κομμάτι του πληθυσμού, όπως αντίστοιχα έχουν και οι ίδιες οι τεχνολογίες.

## **1.1 Πλαίσιο, σκοπός και στόχοι της πτυχιακής εργασίας**

**Σκοπός** της παρούσας εργασίας είναι η εξήγηση των NFT αλλά και των τεχνολογιών που απαιτούνται για την ύπαρξή τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μία φαινομενικά πολύπλοκη διαδικασία, όπως η αγορά NFTs, να κατανοείται πλήρως όσον αφορά τις διαθέσιμες πλατφόρμες αγοράς, των τεχνολογιών που απαιτούνται (λογισμικό / software & εξοπλισμό / hardware) αλλά και των εμπειροχόμενων πνευματικών έργων (π.χ. τέχνη, ηλεκτρονικά παιχνίδια, εικονική / ψηφιακή ακίνητη περιουσία ή ακόμα και εισητήρια παραστάσεων ή συναυλιών) κατόπιν ανάγνωσης.

**Στόχος** είναι ο εμπλουτισμός της υπάρχουσας γνώσης στην ελληνική γλώσσα και η ουσιαστική ενημέρωση των αναγνωστών όσον αφορά τα NFTs, τα blockchain & τα smart contracts (blockchain 2.0)] ως θεσμούς και τεχνολογίες καθώς και της αγοράς, των πλατφορμών αλληλεπίδρασης, των προβληματισμών και των πιθανών λύσεων αυτών και της χρήσης και συνεργασίας με άλλες τεχνολογίες, όπως αυτά ισχύουν σήμερα.

## **1.2 Μεθοδολογία**

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίζεται στην ανάλυση της διαδικασίας της κτήσης και αγοραπωλησίας των NFTs καθώς και των τεχνολογιών που απαιτούνται για την ύπαρξή τους μέσω ανάλυσης της υπάρχουσας βιβλιογραφίας καθώς και ενεργής έρευνας στις σύγχρονες πλατφόρμες αγοραπωλησίας και αλληλεπίδρασης.

Η συνεισφορά της εργασίας είναι η πλήρης ανάλυση του περιβάλλοντος των NFTs για το ελληνικό κοινό, ο εμπλουτισμός της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και ακαδημαϊκής γνώσης καθώς και η παράθεση των υπάρχοντων πλατφορμών αγοραπωλησίας και αλληλεπίδρασης, οι οποίες θέτουν την ουσιαστική αγορά για τέτοιου είδους τεκμήρια, σε συνδυασμό με την παρουσίαση των τρέχοντων εξελίξεων, των προβληματισμών και των πιθανών σε αυτούς λύσεων.

### 1.3 Περιορισμοί

Η έρευνα που διεξήχθη για την παρούσα εργασία συνάντησε το εμπόδιο των ως ένα σημείο διφορούμενων ορισμών διαθέσιμων στο ως τώρα σύνολο της βιβλιογραφίας αναφορικά με την τεχνολογία ως ξεκίνησε αλλά και όσον αφορά την εξέλιξη αυτής τη σημερινή εποχή, ειδικότερα όσον αφορά την ανάλυση της τεχνολογίας που επιτρέπει την ύπαρξη των πλατφορμών αγοραπωλησίας αλλά και των στατιστικών των ίδιων των αγοραπωλησιών. Για τις παρακάτω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν μόνο βιβλιογραφικό υλικό και στατιστικές που είναι διαθέσιμα δημοσίως ή μέσω της πανεπιστημιακής μας πρόσβασης και οι πληροφορίες που αναφέρονται διασταυρώθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Περαιτέρω περιορισμός είναι η ταχύτατη εξέλιξη του κλάδου, κάτι που σημαίνει ότι η έρευνα συνολικά θα συνεχίσει με γοργούς ρυθμούς κατόπιν της δημοσιοποίησης του παρόντος.

Η γλώσσα της βιβλιογραφίας που αναλύθηκε για την παρούσα εργασία βρίσκεται στα αγγλικά και τα ελληνικά.

### 1.4 Ορισμοί

Asset (τεκμήριο) θεωρείται το είδος ψηφιακού περιουσιακού στοιχείου, περιεχομένου ή πληροφορίας σε οποιαδήποτε ψηφιακή μορφή, όπως τέχνη, μουσική, βίντεο, ψηφιακά ακίνητα ή οποιαδήποτε άλλη διακριτή και μοναδική πληροφορία που μπορεί να κρυπτογραφηθεί.

Το Bitcoin (BTC), γνωστό είδος κρυπτονομίσματος, είναι ένα σύστημα πληρωμών peer-to-peer (χωρίς τη χρήση μεσάζοντα τρίτου ατόμου ή οργανισμού δηλαδή). Αποτελεί ένα ανταλλάξιμο είδος token.

Το block (μονάδα / ενότητα) είναι η μονάδα στο blockchain (εξού και «αλυσίδα από blocks») η οποία περιέχει τις συναλλαγές (ως κρυπτογραφημένο hash γνωστό ως «Merkle Root»), απαραίτητα μαζί με ένα header / τίτλο (ο οποίος μπορεί να αποκρυπτογραφηθεί μέσω ενός nonce, δηλαδή της τυχαίας τιμής που χρησιμοποιείται από τους εξορυκτές για

να δημιουργηθεί ένα hash με τα επιθυμητά κάθε φορά χαρακτηριστικά), τον αύξοντα αριθμό του block σε σχέση με τα υπάρχοντα στην αλυσίδα block, μια χρονική σήμανση (timestamp) και ένα σύνδεσμο για το προηγούμενο κάθε φορά block – μπορεί να παρομοιαστεί με ένα αναπόσπαστο, κλασματικό κομμάτι της συνολικής βάσης δεδομένων και φυσικά μπορεί κατ'εξαιρέση να εμπεριέχει και περαιτέρω χαρακτηριστικά. Θυμίζει αρκετά ένα πραγματικό «κύβο» όπου η πληροφορία συσσωρεύεται, ο κύβος «γεμίζει», και εν τέλει αποθηκεύεται σε μια αλυσίδα από κύβους συνδεδεμένους μεταξύ τους.

Ως blockchain (αλυσίδα από blocks) θεωρείται η βάση δεδομένων η οποία αποτελείται από μονάδες που αποθηκεύουν πληροφορία κωδικοποιημένη / κρυπτογραφημένη σε “hash” (θραύσματα) με τις παραπάνω ιδιότητες. Καθορίζεται από την αποκεντρωμένη του φύση και την αμεταβλητότητά του, σε αντίθεση με τις «παραδοσιακές» βάσεις δεδομένων.

DApp (decentralized application / αποκεντρωμένη εφαρμογή) θεωρείται οποιαδήποτε εφαρμογή λειτουργεί μέσα σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο / blockchain – έναντι ενός συμβατικού δικτύου.

Digital wallet / e-wallet θεωρείται το σύστημα λογισμικού το οποίο είναι ικανό να διαχειριστεί το δημόσιο και το ιδιωτικό κλειδί ενός χρήστη (public & private key), τα οποία σε συνδυασμό λειτουργούν ως «δημόσια διεύθυνση» και «προσωπικός κωδικός / password» για την κτήση και τη διατήρηση ενός NFT. Το λογισμικό, που μπορεί να ενσωματωθεί και σε μια εξωτερική συσκευή, συχνά είναι προγραμματισμένο να λειτουργεί και με τις πλατφόρμες αγοραπωλησίας αυτόματα.

Το Ethereum, και το εμπεριεχόμενο αυτής κρυτονόμισμα Ether (ETH), είναι μία open-source (της οποίας ο πηγαίος κώδικος ή source code δηλαδή είναι διαθέσιμος δημοσίως) πλατφόρμα βασισμένη σε blockchain, η οποία επιτρέπει τη δημιουργία και εκτέλεση των DApps (και άρα τη δημιουργία / minting καθώς και συναλλαγές NFTs).

Ως hash (θραύσμα) θεωρείται ο κρυπτογραφημένος μοναδικός κωδικός συγκεκριμένου αριθμού και ιδιότητας ψηφίων (χαρακτηριστικά ορισμένα μέσω του nonce), ο οποίος αποτελεί ουσιαστικά την κρυπτογραφημένη μορφή ενός τεκμηρίου ή μιας λίστας συναλλαγών.

Τα Layer 2 Solutions αφορούν πρωτόκολλα που ενσωματώνονται πλέον στην τεχνολογία blockchain με σκοπό τη βελτιστοποίηση της επεξεργασίας και της επιβεβαίωσης συναλλαγών, καθώς και της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των παραπάνω. Αξιοσημείωτα παραδείγματα θεωρούνται αφενός τα Rollups, που χωρίζονται κυρίως στα ZK-Rollups ή Zero Knowledge Rollups όπου ένας μεγάλος αριθμός από συναλλαγές «ενώνονται» σε μία αθροιστική η οποία εκτελείται ξεχωριστά πριν επιστρέψει στο κυρίως blockchain, και τα Optimistic Rollups, όπου όλες οι συναλλαγές στο blockchain θεωρούνται εκ των προτέρων σωστές εκτός εάν αποδειχθεί το αντίθετο· και αφετέρου τα Sidechains που λειτουργούν ως δευτερεύουσες αλυσίδες που ενώνονται με το κεντρικό blockchain μέσω γεφυρών διπλής κατεύθυνσης και επιτρέπουν τη μεταφορά δεδομένων από και προς το κεντρικό blockchain (κάνοντας χρήση των θεωρητικών θέσεων της πληροφορίας για έναν αριθμό συναλλαγών) όπου είναι απαραίτητο, έτσι ώστε αυτό να μην επιβαρύνεται, και χρονοβόρες διαδικασίες να διεκπεραιώνονται πιο γρήγορα στο περιβάλλον του δευτερεύοντος blockchain.

Mining rigs θεωρούνται οι συστοιχίες βασικών υπολογιστικών εξαρτημάτων που δημιουργούνται με μοναδικό σκοπό την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων, την επιβεβαίωση συναλλαγών σε ένα blockchain και τη δημιουργία καινούριων blocks. Ξεκίνησαν αποτελούμενα κυρίως από CPU (Central Processing Unit δηλαδή μονάδα λήψης και διεκπεραίωσης εντολών), αλλά στη σύγχρονη εποχή αποτελούνται συνήθως από ένα μεγάλο αριθμό GPU (Graphics Processing Unit δηλαδή μονάδα επιτάχυνσης επεξεργασίας γραφικών υπολογιστών και επεξεργασίας εικόνας), ενώ μπορούν να αποτελούνται και από FPGA (Field Programmable Gate Array δηλαδή ολοκληρωμένο κύκλωμα που μπορεί να επαναπρογραμματιστεί) ή ASIC (Application-Specific Integrated Circuit δηλαδή ολοκληρωμένο κύκλωμα προγραμματισμένο για την εκτέλεση μίας συγκεκριμένης εντολής).

Minting (κοπή) θεωρείται η κωδικοποίηση ενός ψηφιακού αντικειμένου με σκοπό τη δημιουργία NFT. Εμπεριέχει ουσιαστικά ολόκληρη τη διαδικασία της επιλογής πλατφόρμας, δημιουργίας του ψηφιακού περιεχομένου / περιουσιακού στοιχείου και αποθήκευσής του, πλέον ως non-fungible token με χρήση smart contracts, στο blockchain.

Το NFT (non-fungible token / μη ανταλλάξιμο τεκμήριο) αφορά το μοναδικό, ψηφιακό τεκμήριο / περιουσιακό στοιχείο (asset) ιδιοκτησίας ενός έργου ποικίλων ειδών (π.χ. εικόνα, μουσική, ψηφιακά ακίνητα) σε ψηφιακή μορφή, το οποίο χρησιμοποιείται και ως μεταβιβαστής ιδιοκτησίας.

Node (κόμβος) θεωρείται μία συσκευή η οποία συμβάλλει στην αποθήκευση του ιστορικού συναλλαγών (και εξού των blockchain) πλήρως, μερικώς ή «εξορυκτικώς» (δηλ. εξορύσσοντας την πληροφορία μέσω επιβεβαίωσης συναλλαγών, λύσης πολύπλοκων μαθηματικών προβλημάτων αλλά και προσθέτοντας blocks σε ένα blockchain) μέσα σε ένα ψηφιακό οικοσύστημα.

Non-fungible εννοούμε ένα μη-ανταλλάξιμο / μη-υποκαταστάσιμο τεκμήριο, δηλαδή όλα τα τεκμήρια, περιουσιακά στοιχεία ή tokens τα οποία είναι απολύτως μοναδικά και τα διακριτικά στοιχεία των οποίων δεν βρίσκονται σε κανένα άλλο παρόμοιο ψηφιακό αντικείμενο ή πληροφορία.

Peer-to-peer θεωρούμε μία διαδικασία ή συναλλαγή για την οποία δεν είναι απαραίτητος μεσάζοντας όπως μια κεντρική υπηρεσία ή ένα τρίτο πρόσωπο (π.χ. τράπεζα για μια χρηματική συναλλαγή), καθώς βασίζεται σε δίκτυο στο οποίο οι χρήστες είναι άμεσα συνδεδεμένοι ο ένας με τον άλλο.

Ως smart contracts (έξυπνα συμβόλαια) θεωρούμε προγράμματα απλής μορφής που λειτουργούν ως συμφωνητικά και τα οποία εκτελούνται αυτόματα κατόπιν αίτησης για μία συναλλαγή από ένα κόμβο του δικτύου ή ύπαρξης συγκεκριμένων προκαθορισμένων συνθηκών.



## **Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό μέρος – Βιβλιογραφική έρευνα – Σχετικές προσπάθειες**

Η εργασία αυτή δε θα μπορούσε να υπάρξει δίχως το αρχικό σχέδιο της τεχνολογίας blockchain στο άρθρο «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System» (Nakamoto, 2008) καθώς και την εφαρμογή και εξέλιξη της τεχνολογίας αυτής έως την ανακάλυψη των NFTs όπως αυτά αναπτύχθηκαν από την πλατφόρμα Ethereum.

Η τεχνολογία (συμπεριλαμβανομένου του οικοσυστήματος των NFTs και των τεχνολογιών με τις οποίες μπορεί πλέον να συνδυαστεί) αποτελεί ένα κλάδο αέναης εξέλιξης και συνεχών αλλαγών, κάτι που την καθιστά ένα πάντα ενδιαφέρον θέμα έρευνας.

Με αυτό το σκεπτικό, πολύ σημαντικό κομμάτι της βιβλιογραφίας για τα NFTs αποτελεί η εργασία «Non-fungible token (NFT): Overview, evaluation, opportunities and challenges» (Wang et al., 2021), η οποία συγγράφηκε κατά τη μεγαλύτερη άνθηση των NFTs το 2021 και επικεντρώνεται στην τεχνολογία με την οποία λειτουργούν.

### **2.1 Θεωρητικό μέρος – Βιβλιογραφική έρευνα**

Η παρούσα εργασία βασίζεται στο επιλεγμένο κομμάτι της βιβλιογραφίας αναφορικά με τα NFTs (με τους περιορισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω), η οποία άνθισε κατά τα έτη 2020 και 2021, αντίστοιχα με την έκρηξη της δημοφιλίας των ίδιων των NFTs.

Επιλέχθηκαν έρευνες με έμφαση στην ανάλυση των τεχνολογιών που υποστηρίζουν τα NFTs ή / και στην μέθοδο με την οποία αυτά αγοράζονται, πωλούνται και διατηρούνται, καθώς και έρευνες με τις τρέχουσες χρήσεις, προβληματισμούς που έχουν προκληθεί και πιθανές λύσεις.

### **2.2 Ερευνητικές υποθέσεις**

Η πτυχιακή αυτή εργασία εξαρχής δημιουργήθηκε με σκοπό οι πληροφορίες οι οποίες έχουν δημοσιευθεί από πληθώρα ερευνών (ειδικότερα από τα τέλη του 2020 μέχρι και

σήμερα) αναφορικά με τα NFTs και τη σημασία τους να συντομευθούν με απλό και κατανοητό τρόπο αφενός στην ελληνική γλώσσα και αφετέρου υπό μια ακόμη νέα οπτική γωνία και ανάλυση. Ιδιαίτερη βάση επιλέχθηκε να δοθεί στις σύγχρονες χρήσεις των NFTs, οι οποίες καλύπτουν ένα μεγάλο αριθμό κλάδων και δείχνουν πως για καιρό ακόμα θα συνεχίσουν να εξελίσσονται και να υιοθετούνται από ακόμα μεγαλύτερο κοινό.

## **2.3 Εισαγωγή στο θεωρητικό κομμάτι**

### **2.3.1 – Τι είναι τα NFTs;**

Τα NFTs αφορούν ουσιαστικά μια μοναδική κατηγορία ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων. Σε αντίθεση με τα κρυπτονομίσματα όπως το Bitcoin ή το Ethereum, τα οποία είναι ανταλλάξιμα σε βάση ένα προς ένα (1 BTC είναι πάντα ίσο με 1 οποιοδήποτε άλλο BTC), κάθε NFT είναι μοναδικό, αδιαίρετο και το καθένα με μοναδικά διακριτικά χαρακτηριστικά και αξία.

Κάθε NFT είναι ένα σύνολο δεδομένων αποθηκευμένο σε blockchain στο οποίο γίνεται χρήση έξυπνων συμβολαίων, και συναντάται συνήθως σε πλατφόρμες που υποστηρίζουν blockchain του Ethereum. Η μη-ανταλλαξιμότητά τους, δηλαδή το ότι κάθε token (τεκμήριο) διαθέτει διακριτά χαρακτηριστικά, ιδιότητες και μεταδεδομένα που το διαφοροποιούν από οποιοδήποτε άλλο token, θεωρείται κύριο χαρακτηριστικό. Τα πιθανά περιεχόμενα περιλαμβάνουν ψηφιακή τέχνη, μουσική, βίντεο, ψηφιακά ακίνητα ή γενικά οποιαδήποτε ψηφιακή αναπαράσταση ενός μοναδικού αντικειμένου / τεκμηρίου σε οποιαδήποτε μορφή.

Η τεχνολογία blockchain, στην οποία βασίζονται τα NFTs, εξασφαλίζει αμεταβλητότητα, διαφάνεια και ασφάλεια των συναλλαγών. Τα έξυπνα συμβόλαια καθορίζουν τους κανόνες και τη συμπεριφορά του NFT, συμπεριλαμβάνοντας λεπτομέρειες σχετικά με την κυριότητα, τη μεταβιβασιμότητα και λοιπές λειτουργικότητες, όπως οικονομικά και άλλα δικαιώματα και μετέπειτα αμοιβές για τους δημιουργούς, χρονικά περιορισμένη πρόσβαση ή όρους για τη μεταβίβαση της κυριότητας. Το σύνολο των παραπάνω επιτρέπει στα NFTs να παρέχουν επαληθεύσιμη απόδειξη κυριότητας και προελεύσεως για ψηφιακά τεκμήρια. Η κυριότητα καταγράφεται σε ένα blockchain, παρέχοντας ένα μη-μεταβλητέο αρχείο όσον αφορά την τρέχουσα ιδιοκτησία ενός συγκεκριμένου NFT.

Μετατρέποντας πραγματικά τεκμήρια και δημιουργίες σε ψηφιακές αναπαραστάσεις που μπορούν να αγοραστούν, να πωληθούν και να ανταλλαχθούν εύκολα σε ψηφιακές πλατφόρμες, τα NFTs βρίσκουν εφαρμογές σε μεγάλο αριθμό κλάδων, όπως τα ακίνητα, η τέχνη, τα συλλεκτικά αντικείμενα και η κατοχύρωση πνευματικών δικαιωμάτων.

Σε κάθε NFT ορίζονται μεταδεδομένα όπως πληροφορίες για το δημιουργό, η ημερομηνία δημιουργίας / τελευταίας επεξεργασίας και οποιαδήποτε άλλη σχετική πληροφορία αναφορικά με το τεκμήριο, κατά την κρίση του δημιουργού. Αυτά τα μεταδεδομένα παρέχουν το ευρύτερο πλαίσιο, καθώς και επιπρόσθετη αξία στο NFT.

Όσον αφορά την πρακτική εφαρμογή και τη διαλειτουργικότητα, τα NFTs συμμορφώνονται με συγκεκριμένα πρότυπα όπως το ERC-721 και το ERC-1155 στο Ethereum blockchain, εξασφαλίζοντας τη συμβατότητα και τη διαλειτουργικότητα σε ένα σεβαστό αριθμό από πλατφόρμες και εφαρμογές. Αυτή η προτυποποιημένη προσέγγιση διευκολύνει και την ευρεία υιοθέτηση και χρήση που συναντάται σήμερα. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain και βρισκόμενα στις αντίστοιχες διαδικτυακές εφαρμογές, τα NFTs είναι πλήρως αποκεντρωμένα, εξαλείφοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάγκη μιας κεντρικής αρχής για την επικύρωση των συναλλαγών και της ιδιοκτησίας τους. Η αμεταβλητότητα των blockchain εξασφαλίζει ότι το ιστορικό και τα αρχεία ιδιοκτησίας των NFTs παραμένουν απαραβίαστα και ασφαλή, καθώς κάθε κόμβος στο δίκτυο έχει ένα αντίγραφο του συνόλου του blockchain, κάτι που κάνει την κακόβουλη χρήση δυσκολότερη έως και πολύ δύσκολη ανά περίπτωση.

Τα NFTs αποτελούν μια τεχνολογική εξέλιξη που έχει φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε, κατέχουμε, διατηρούμε και ανταλλάσσουμε ψηφιακά τεκμήρια. Η μη-ανταλλάξιμη (non-fungible) φύση τους σε συνεργασία με το ότι η βάση τους είναι τα blockchain αλλά και η χρήση των έξυπνων συμβολαίων, έχουν δημιουργήσει νέες ευκαιρίες σε πολλούς τομείς, αλλάζοντας ριζικά την έννοια της ιδιοκτησίας και της αξίας σε ψηφιακό επίπεδο.

### 2.3.2 Εισαγωγή στη χρονική εξέλιξη των NFTs

Η εμφάνιση των Non-Fungible Tokens (NFTs), παρόλο που αυτά άνθισαν κατά τα έτη 2020 και 2021, χρονολογείται κατά τα τέλη της δεκαετίας του 2010 με πλούσια πρότερη ιστορία. Από τότε αρκετά γρήγορα εξελίχθηκαν με τρόπους που άνοιξαν το δρόμο για τη σημερινή τους δημοφιλία.

Το 2012 εμφανίστηκαν για πρώτη φορά τα "έγχρωμα νομίσματα" (colored coins), επιτρέποντας στους χρήστες να αντιπροσωπεύουν και να ανταλλάσσουν τεκμήρια (νομίσματα) στο Bitcoin blockchain, αποδίδοντας συγκεκριμένα μεταδεδομένα (χρώμα) σε ένα Bitcoin. Αυτή η ιδέα θεωρείται ότι έθεσε τις βάσεις για τα μεταγενέστερα NFTs.

Το 2014 δημιουργήθηκε η πλατφόρμα «Counterparty», που βασίζεται στο Bitcoin blockchain και επιτρέπει τη δημιουργία μοναδικών τεκμηρίων / tokens. Αυτή η καινοτόμα εφεύρεση παρήγαγε ένα πρώιμο είδος NFT και εισήγαγε μεταγενέστερα τα "Rare Pepes" (μοναδικές, συναλλάξιμες / ανταλλάξιμες κάρτες).

Κατά τα τέλη του 2017, το Ethereum εισήγαγε το πρότυπο ERC-721 («ERC-721 standard», ακρωνύμιο που προέρχεται από το Ethereum Request for Comment), το οποίο επέτρεψε πλέον τη δημιουργία μοναδικών, αδιαίρετων tokens. Αυτό θεωρείται από πολλούς η «γέννηση» των NFTs. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα πρότυπα, τα tokens του προτύπου ERC-721 ήταν μη-ανταλλάξιμα / μη-υποκαταστάσιμα (non-fungible), δηλαδή κάθε token ήταν ξεχωριστό και είχε μοναδικά χαρακτηριστικά, θέτοντας έτσι τα θεμέλια για τα σημερινά NFTs. Το πρότυπο αυτό είναι στην πραγματικότητα το σύνολο των κανόνων για τα NFTs, εισήγαγε δηλαδή αυτές τις έννοιες της μοναδικότητας, της αδιαιρετότητας, της απόδειξης ιδιοκτησίας και ιστορικού προέλευσης και της δυνατότητας εξατομίκευσης, διαλειτουργικότητας και ανταλλαξιμότητας.

Το πρότυπο αυτό αντικαταστάθηκε κατά κάποιο τρόπο από το πρότυπο ERC-1155 που εμφανίστηκε το δεύτερο τέταρτο του 2018 και έθεσε πλέον τους «κανόνες» για την ύπαρξη ανταλλάξιμων και μη-ανταλλάξιμων τεκμηρίων (Fungible και Non-Fungible Tokens), της χρήσης ενός συμβολαίου για τη δημιουργία πολλών tokens με σκοπό τη βελτιστοποίηση

της χρήσης ενέργειας και την ελαχιστοποίηση του τελικού κόστους, καθώς και της περαιτέρω επέκτασης της διαλειτουργικότητας και της εξατομίκευσης, αφενός με τη χρήση σε μεγαλύτερο αριθμό πλατφορμών, αφετέρου με την προσθήκη περισσότερων πιθανών μεταδεδομένων όπως σύντομες περιγραφές και τίτλους στα NFTs.

Από τη δημιουργία του πρώτου ακόμα πρότυπου, κατά τα τέλη του 2017, ξεκίνησε ένα από τα πρώτα και σίγουρα αξιοσημείωτα έργα NFT, το CryptoKitties. Επρόκειτο για ένα παιχνίδι βασισμένο σε blockchain, όπου οι παίκτες μπορούσαν να αγοράζουν, να πωλούν και να εκτρέφουν μοναδικές εικονικές γάτες. Το παιχνίδι απέκτησε τεράστιο κοινό, σε σημείο να προκαλέσει συμφόρηση στο δίκτυο Ethereum και παράλληλα να αναδείξει τις δυνατότητες των NFTs σε ηλεκτρονικά παιχνίδια και συλλεκτικά αντικείμενα.

Από εκείνη τη στιγμή και μετά, τα NFTs πολύ γρήγορα κέρδισαν έδαφος στον κόσμο της τέχνης, με πλατφόρμες όπως η SuperRare και η R.A.R.E Art Labs να επιτρέπουν στους καλλιτέχνες να «συμβολαιοποιήσουν» (tokenize) τα έργα τους και να τα πουλήσουν ως NFTs κατά το 2018. Οι ψηφιακοί καλλιτέχνες ξεκίνησαν να ενστερνίζονται τα NFTs ως ένα νέο μέσο για την προβολή και την οικονομική εκμετάλλευση των έργων τους.

Τα τέλη του 2019 με αρχές 2020 εμφανίστηκαν αγορές (marketplaces) αφιερωμένες στα NFTs, όπως η OpenSea, η Foundation και η Rarible, οι οποίες παρέχουν αντίστοιχα μία πλατφόρμα για την αγορά, την πώληση και τη δημοπράτηση NFTs. Οι πλατφόρμες αυτές διεύρυναν σημαντικά την προσβασιμότητα των NFTs στο παγκόσμιο κοινό.

Το 2021 έλαβαν χώρα αρκετές πωλήσεις NFT «υψηλού προφίλ», όπως το «Everydays: The First 5000 Days» του καλλιτέχνη Beeple, το οποίο πωλήθηκε στην τιμή των 69 εκατομμυρίων δολαρίων (\$69.000.000,00) από τον οίκο δημοπρασιών Christie's. Τέτοιου είδους εντυπωσιακά ποσά έστρεψαν σχεδόν ακαριαία την προσοχή της κοινής γνώμης στα NFTs κι ανέδειξαν τη δυνατότητά τους να αποτελέσουν θεμιτό και νόμιμο τεκμήριο / περιουσιακό στοιχείο τέχνης ή / και επένδυσης.

Σύντομα το πεδίο εφαρμογής των NFTs επεκτάθηκε και πέραν της ψηφιακής τέχνης και των συλλεκτικών αντικειμένων / τεκμηρίων, έτσι ώστε να συμπεριλάβει ένα ευρύ φάσμα

τεκμηρίων και περιουσιακών στοιχείων, όπως μουσική, tweets, ψηφιακά ακίνητα, αντικείμενα metaverse / μετασύμπαν, ακόμη και περιουσιακά στοιχεία του πραγματικού κόσμου (π.χ. ακίνητα και αγαθά πολυτελείας).

Η εμφάνιση και η τρέχουσα «συμπεριφορά» των NFTs διαμορφώθηκε ουσιαστικά από την εξέλιξη της τεχνολογίας τους και τον ψηφιακό πειραματισμό, καθώς και την ολοένα αυξανόμενη αναγνώριση της αξίας και των δυνατοτήτων της ψηφιακής ιδιοκτησίας. Όσο τα NFTs συνεχίζουν να κερδίζουν την αποδοχή της κοινής γνώμης, ο αντίκτυπός τους στην κοινωνία θα συνεχίζει να εξελίσσεται και να διαμορφώνει το μέλλον της ιδιοκτησίας και της αξίας σε ψηφιακό επίπεδο.

### **2.3.3 Ο σκοπός και η σημασία των NFTs στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή**

Η εμφάνιση των Non-Fungible Tokens (NFTs) άλλαξε ριζικά τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε, εμπορεύομαστε και αλληλεπιδρούμε με τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία και τεκμήρια. Για αυτό το λόγο απέκτησαν γρήγορα σταθερό κοινό, βρήκαν πλήθος εφαρμογών και ανέδειξαν τη σημασία τους στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή.

Τα NFTs επιτρέπουν σε ένα κάτοχο πλήρη κυριότητα / ιδιοκτησία μοναδικών ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων, κάνοντας χρήση των τεχνολογιών που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά ψηφιακά αρχεία, τα οποία εύκολα μπορούν να αντιγραφούν και να διαμοιραστούν, τα NFTs είναι κρυπτογραφημένα και αδιαίρετα, παρέχοντας επαληθεύσιμη απόδειξη της ιδιοκτησίας και της προέλευσης (provenance) τους μέσω της τεχνολογίας blockchain. Αυτή η μοναδικότητα και επαληθεύσιμη απόδειξη της ιδιοκτησίας είναι θεμελιώδους σημασίας για τους καλλιτέχνες, τους δημιουργούς και τους συλλέκτες, καθιερώνοντας ένα καινούριο πρότυπο για την ψηφιακή ιδιοκτησία και απόδειξη αυθεντικότητας.

Μέσω της χρήσης έξυπνων συμβολαίων τα NFTs παρέχουν άμεση δυνατότητα οικονομικής εκμετάλλευσης έργων σε καλλιτέχνες και δημιουργούς. Με τη μετατροπή των ψηφιακών τους έργων σε tokens, αυτά μπορούν να πωληθούν ως NFTs, επιτρέποντάς τους να διατηρούν οικονομικά δικαιώματα κατά τις μελλοντικές μεταπωλήσεις αλλά και να

δημιουργούν άμεση σχέση με το κοινό τους. Αυτός ο «εκδημοκρατισμός» της αγοράς τέχνης επιτρέπει στους καλλιτέχνες να αποκτήσουν την αντίστοιχη αναγνώριση, οικονομική σταθερότητα και έλεγχο επί των δημιουργιών τους, προωθώντας με αυτόν τον τρόπο ένα πιο δίκαιο οικοσύστημα αγοραπωλησίας τέχνης.

Το ευρύ κοινό μπορεί επίσης να απολαύσει ευκολότερα τις δυνατότητες των NFTs, καθώς η αποκεντρωμένη φύση της τεχνολογίας blockchain εξαλείφει την ανάγκη ελέγχου των συναλλαγών NFT από κεντρικές αρχές ή άλλους μεσάζοντες. Η αποκέντρωση αυτή προωθεί μια πιο απλή δομή οικονομικής ένταξης, επιτρέποντας σε οποιοδήποτε άτομο με πρόσβαση στο διαδίκτυο να συμμετέχει στην αγορά NFT, ανεξάρτητα από τη γεωγραφική του θέση και το οικονομικό του υπόβαθρο. Αυτή η ιδιότητα ανατρέπει τις παραδοσιακές διόδους της οικονομίας και ανοίγει ευκαιρίες για ένα ποικιλόμορφο φάσμα δημιουργών και επενδυτών.

Ακόμα και η βιομηχανία ηλεκτρονικών παιχνιδιών (gaming industry) μεταμορφώνεται, επιτρέποντας στους παίκτες να κατέχουν και να εμπορεύονται ψηφιακά τεκμήρια σε μορφή NFTs στα παιχνίδια της επιλογής τους. Οι παίκτες μπορούν να έχουν πλήρη κατοχή των ψηφιακών τους αντικειμένων, δημιουργώντας δυνητικά εισόδημα από την πώληση ή / και την ανταλλαγή αυτών, προάγοντας ένα καινούριο είδος εικονικής οικονομίας και ενθαρρύνοντας τη συμμετοχή σε gaming κοινότητες, παρουσιάζοντας μια νέα πηγή εσόδων τόσο για τους προγραμματιστές όσο και για τους παίκτες.

Τα NFTs έχουν, εν τέλει, επεκταθεί ακόμα και πέρα από τον ψηφιακό χώρο, επιτρέποντας τη μετατροπή πραγματικών περιουσιακών στοιχείων, όπως ακίνητα, πολυτελή αγαθά ή ακόμα και πνευματική ιδιοκτησία σε tokens. Αυτό προσφέρει δυνατότητες για κλασματική ιδιοκτησία και ευκολότερη μεταβίβαση παραδοσιακά μη-ρευστοποιήσιμων «πραγματικών» και ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων.

Παρέχοντας ένα μέσο για τη διατήρηση και την ανταλλαγή πολιτιστικής κληρονομιάς, εκπαιδευτικού περιεχομένου και ιστορικών αντικειμένων, τα NFTs επιτρέπουν επιπρόσθετα σε ιδρύματα και ιδιώτες να μετατρέπουν εκπαιδευτικό υλικό, έργα τέχνης ή ιστορικά αρχεία σε tokens, διασφαλίζοντας τη διατήρηση και την προσβασιμότητά τους για τις μελλοντικές γενιές. Τα NFTs συμβάλλουν με αυτόν τον τρόπο στην ψηφιοποίηση και τη διάδοση της γνώσης και του πολιτισμού με ασφαλή και μόνιμο τρόπο.

Σημαντικός θεωρείται ο ρόλος των NFTs και στην ανάπτυξη του metaverse - ενός εικονικού, διασυνδεδεμένου μετα-σύμπαντος - καθότι ήδη χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση εικονικής / ψηφιακής γης, κτιρίων, avatars και άλλων ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων εντός του metaverse, δημιουργώντας έτσι μια μοναδική ψηφιακή οικονομία. Το metaverse υπόσχεται, ως γνωστόν, πλήθος εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων κοινωνικών αλληλεπιδράσεων, εμπορίου, εκπαίδευσης και ψυχαγωγίας.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να θεωρήσουμε πως τα Non-Fungible Tokens αποτελούν μια θεμελιώδη και πολλά υποσχόμενη καινοτομία στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή. Καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και ακόμα και κλάδων της βιομηχανίας, από τον επαναπροσδιορισμό της ψηφιακής ιδιοκτησίας και της μεταβιβασιμότητας περιουσιακών στοιχείων έως την προώθηση της δημιουργικότητας, τη δυνατότητα ευρείας οικονομικής ένταξης και τη διατήρηση πολιτιστικής κληρονομιάς, τα NFTs φαντάζουν ικανά να εκσυγχρονίσουν με σημαντικό τρόπο πρότυπα τα οποία ως τώρα θεωρούνται δεδομένα. Όσο η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται και η κοινωνία υιοθετεί όλο και περισσότερο την εμπειρία της ψηφιακής πραγματικότητας, τα NFTs θα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του μέλλοντος του ψηφιακού τοπίου.

### **2.3.4 Εισαγωγή στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις**

Όσο η δημοφιλία τους ανεβαίνει, έρχονται στο προσκήνιο και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των NFTs, όπως και άλλων εφαρμογών blockchain. Η εξάρτησή τους από ενεργοβόρους μηχανισμούς συναίνεσης, όπως η απόδειξη εργασίας (Proof-of-Work), ειδικά σε μεγάλα δίκτυα όπως το Ethereum, αποτελεί, αν μη τι άλλο, ένα τομέα που σίγουρα πρόκειται να ερευνηθεί περισσότερο στο μέλλον.

Το Bitcoin (BTC), το κρυπτονόμισμα που χρησιμοποιεί τον αντίστοιχο μηχανισμό συναίνεσης Proof-of-Work, είναι γνωστό για τη σημαντική του κατανάλωση ενέργειας. Το Ether (ETH), εξίσου κρυπτονόμισμα που συχνά συγκρίνεται με τα NFTs παρόλο των διαφορετικών σκοπών ύπαρξής τους, αντίστοιχα, ενώ μεταβαίνει πλέον στο μηχανισμό Proof-of-Stake (Ethereum 2.0), χρησιμοποιεί κατά το χρόνο συγγραφής του παρόντος επίσης τον ενεργοβόρο μηχανισμό Proof-of-Work.



Παρακάτω θα αναλυθούν οι τρόποι με τους οποίους «μετριάζονται» αυτή τη στιγμή τα αρνητικά αυτά χαρακτηριστικά των εφαρμογών σε blockchain.

## 2.4 Οι βασικές αρχές της τεχνολογίας πίσω από τα NFTs

Η τεχνολογία blockchain είναι αποκεντρωμένη και κατανεμημένη, κάθε blockchain αποτελεί δηλαδή ένα ψηφιακό λογιστικό βιβλίο που χρησιμοποιείται για την καταγραφή συναλλαγών σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Τα δεδομένα στο blockchain, ένα «αντίγραφο» του οποίου αποθηκεύεται σε κάθε έναν υπολογιστική-κόμβο του δικτύου, αποθηκεύονται σε blocks (εξού και blockchain, δηλαδή αλυσίδα από blocks), τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με σειρά ημερομηνίας δημιουργίας για να σχηματίσουν τη συνεχή αλυσίδα. Η τεχνολογία αυτή είναι ήδη γνωστή για την ενίσχυση της διαφάνειας, της ασφάλειας, της αμεταβλητότητας και της αξιοπιστίας που προσφέρει, καθιστώντας την κατάλληλη για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών πέραν της αρχικής της χρήσης στα κρυπτονομίσματα.

Στη βασική μορφή του, αναλυτικά, ένα blockchain αποτελείται από μία σειρά από blocks συνδεδεμένα μεταξύ τους, καθένα από τα οποία περιέχει ένα σύνολο συναλλαγών ή άλλων δεδομένων, απαραίτητα σε κρυπτογραφημένη μορφή. Η δομή ενός block περιλαμβάνει τυπικά την επικεφαλίδα με μεταδεδομένα όπως το μοναδικό αναγνωριστικό (hash) γνωστό ως Merkle Root, το κρυπτογραφικό «θραύσμα» με συγκεκριμένο αριθμό ψηφίων και ιδιοτήτων αυτών δηλαδή που παράγεται από τα δεδομένα των συναλλαγών μέσω της χρήσης ενός nonce - αριθμό μηδενισμού – έναν ουσιαστικά τυχαίο αριθμό που στόχο έχει να δημιουργηθεί / κρυπτογραφηθεί με βάση αυτόν το τελικό hash με τρόπο κατά την απόφαση του δημιουργού πιο απλό ή πιο περίπλοκο. Στην επικεφαλίδα περιλαμβάνεται επίσης μια χρονοσήμανση (timestamp) και μια αναφορά, σε μορφή hash, στο hash του προηγούμενου block. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η διατήρηση του αρχείου του blockchain με μη-μεταβλητά μορφή. Πιο συγκεκριμένα, τα hash που χρησιμοποιούνται για την επαλήθευση της ακεραιότητας των δεδομένων εντός του block διασφαλίζουν ότι ακόμη και μια μικρή αλλαγή στα ίδια τα δεδομένα θα οδηγήσει σε ένα ριζικά διαφορετικό hash, κάτι που κάνει εύκολο τον εντοπισμό κακόβουλων ενεργειών, καθώς όλα τα υπόλοιπα αντίγραφα του blockchain εκτός από αυτό που παραποιήθηκε θα δείχνουν σε αυτό το block ένα εντελώς διαφορετικό hash.

Από την αρχική σύλληψη της ιδέας των blockchain και των πλατφορμών που τα υποστηρίζουν, αυτά είναι απολύτως αποκεντρωμένα και δεν ελέγχονται από μια τρίτη οντότητα ή αρχή για την επικύρωση των εμπεριεχόμενων συναλλαγών. Αντιθέτως, πολλαπλοί συμμετέχοντες (κόμβοι / nodes) στο δίκτυο της επιλεγμένης κάθε φορά πλατφόρμας κατέχουν τοπικά στη συσκευή τους ένα αντίγραφο ολόκληρου του blockchain. Πιο συγκεκριμένα, όλοι οι κόμβοι, είτε ιδιώτες / φυσικά πρόσωπα, είτε εταιρείες / νομικά πρόσωπα, είτε εξορυκτές και άτομα οποιαδήποτε άλλης λειτουργίας, έχουν στο δικό τους κόμβο (είτε υπολογιστική είτε σύνολο υπολογιστικών εξαρτημάτων) το αντίγραφο του λογιστικού βιβλίου / blockchain, ενώ για να προστεθούν blocks στο blockchain υπάρχει μια προδιαγεγραμμένη διαδικασία επαλήθευσης και ομαδοποίησης των συναλλαγών πριν αυτές να αποτυπωθούν ως blocks στην υπάρχουσα αλυσίδα. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται σημαντικά η πιθανότητα παραποίησης των εμπεριεχόμενων δεδομένων καθώς για να θεωρηθεί αποδεκτή η κατάσταση ενός blockchain, η πλειοψηφία των κόμβων θα πρέπει να κατέχει ένα αντίγραφο με το σύνολο των χαρακτηριστικών / πληροφοριών να παραμένει ίδιο σε όλους αυτούς τους κόμβους. Για να παραποιήσει επιτυχώς κάποιος ένα blockchain, λοιπόν, θα πρέπει να αποτελεί και την πλειοψηφία των κόμβων, στην οποία περίπτωση εξαλείφεται ως ένα σημείο το πιθανό κέρδος που θα μπορούσε να προκαλέσει αυτή η παραποίηση, καθώς η ιδιοκτησία βρίσκεται ήδη στην πλειοψηφία της στο σύνολο κόμβων που ανήκει σε αυτό το φυσικό ή νομικό πρόσωπο.

Τα δημόσια και τα ιδιωτικά κλειδιά στην κρυπτογραφία αποτελούν λογισμικό που πιστοποιεί και διασφαλίζει τις συναλλαγές, εξασφαλίζοντας ότι μόνο εξουσιοδοτημένοι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ένα τεκμήριο και να ξεκινούν συναλλαγές με αυτό. Τα δημόσια κλειδιά (public keys) είναι κρυπτογραφημένοι κώδικες οι οποίοι λειτουργούν ως ηλεκτρονικές διευθύνσεις για την παραλαβή NFTs. Τα ιδιωτικά κλειδιά (private keys), από την άλλη μεριά, είναι κρυπτογραφημένοι κώδικες οι οποίοι είναι μοναδικοί για κάθε ιδιοκτήτη NFT και λειτουργούν ως «κωδικός πρόσβασης» (password) επιτρέποντας την πρόσβαση σε ένα NFT βρισκόμενο σε ένα δημόσιο κλειδί. Χωρίς το ολοκληρωμένο «σετ» κλειδιών, ένα κλειδί δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Με τον ίδιο τρόπο, λοιπόν, που ένα δέμα μπορεί να παραληφθεί από ένα άτομο με συγκεκριμένα προσωπικά στοιχεία σε μια συγκεκριμένη διεύθυνση στον πραγματικό κόσμο, έτσι και η πρόσβαση σε ένα NFT είναι δυνατή μόνο μέσω του συνόλου των κλειδιών στα οποία ανήκει.

Για την πρακτική εφαρμογή των κλειδιών οι χρήστες χρησιμοποιούν συνήθως τα e-wallets (γνωστά και ως wallets, digital wallets ή ακόμα και cryptocurrency wallets) τα οποία περιέχουν και τα δύο κλειδιά και είναι συνήθως προγραμματισμένα με λογισμικό το οποίο μπορεί να αλληλεπιδράσει με τις πλατφόρμες αγοραπωλησίας (μπορούν να είναι είτε λογισμικό όπως μια εφαρμογή που μπορεί να εγκατασταθεί στη συσκευή που θα επιλέξει ο χρήστης, είτε λογισμικό ενσωματωμένο σε hardware, παρόμοια με έναν εξωτερικό σκληρό δίσκο). Τέτοιες πρακτικές εφαρμογές επιτρέπουν οι πιο πολύπλοκες διαδικασίες αγοραπωλησίας να γίνονται ως επί το πλείστον αυτόματα, διευκολύνοντας έτσι τους χρήστες.

Οι μηχανισμοί συγκατάθεσης (consensus mechanisms) είναι πρωτόκολλα που διασφαλίζουν ότι όλοι οι κόμβοι στο δίκτυο συμφωνούν όσον αφορά την εγκυρότητα των συναλλαγών και την ορθή κατάσταση του blockchain. Κυριότερος μηχανισμός τη στιγμή συγγραφής είναι η απόδειξη εργασίας (Proof of Work ή PoW), όπου πολλοί εξορυκτές, κατόπιν φυσικά της επιβεβαίωσης ότι η συναλλαγή μπορεί να λάβει χώρα, «ανταγωνίζονται» επιχειρώντας ο καθένας μεμονωμένα να λύσει σύνθετα μαθηματικά προβλήματα μέσω του ηλεκτρονικού εξοπλισμού του με σκοπό να «βρει» το nonce το οποίο θα δημιουργήσει το hash με τα επιθυμητά κάθε φορά χαρακτηριστικά (αριθμό και μορφοποίηση ψηφίων), με τον πρώτο επιτυχόντα (αφού η λύση του δημοσιοποιηθεί και λάβει έγκριση από τους υπόλοιπους εξορυκτές του δικτύου) να έχει το δικαίωμα να προσθέσει ένα καινούριο block στο blockchain και να απολαύσει ύστερα την αντίστοιχη αμοιβή σε κρυπτονομίσματα. Λόγω της ιδιαίτερα ενεργοβόρας αυτής διαδικασίας, ο κλάδος προσπαθεί να αντικαταστήσει τον PoW με την απόδειξη συμμετοχής (Proof of Stake ή PoS) όπου συγκεκριμένα άτομα επιλέγονται ως επικυρωτές για τη δημιουργία του καινούριου block με γνώμονα τον αριθμό των κρυπτονομισμάτων που κατέχουν και της προθυμίας τους να τα θέσουν ως εγγύηση, κάτι που σημαίνει ότι μόνο ένα mining rig θα προχωρήσει στη διαδικασία επίλυσης των μαθηματικών προβλημάτων για τη δημιουργία του τελικού hash. Σε πολύ μικρότερο βαθμό χρησιμοποιούνται και η εντεταλμένη απόδειξη συμμετοχής (Delegated Proof of Stake ή DPoS) και η πρακτική βυζαντινή ανοχή σφαλμάτων (Practical Byzantine Fault Tolerance ή PBFT). Ως οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι μηχανισμοί συναίνεσης, οι PoW και PoS διασφαλίζουν τα δίκτυα των σημαντικότερων κρυπτονομισμάτων όπως το Bitcoin (PoW) και το Ethereum (PoW σε μεταβατικό στάδιο προς PoS).

Από τη στιγμή που τα εκάστοτε δεδομένα θα προστεθούν σε ένα block και το block αυτό προστεθεί στο blockchain, καθίστανται αμετάβλητα, για αυτό το λόγο η παραπάνω διαδικασία είναι τόσο ύψιστης σημασίας για τα NFTs. Δεν υπάρχει δυνατότητα τροποποίησης ή διαγραφής, μόνο προσθήκης επιπλέον blocks, εξασφαλίζοντας έτσι την ακεραιότητα του ιστορικού των συναλλαγών. Η αμεταβλητότητα του blockchain είναι, φυσικά, αποτέλεσμα των κρυπτογραφικών λειτουργιών των hash, αλλά και της εκ φύσεως κατανεμημένης μορφής του δικτύου και της ύπαρξης αντίγραφου του τρέχοντος blockchain σε όλους τους κόμβους του δικτύου, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) είναι αυτοεκτελούμενες συμβάσεις όπου οι όροι της συμφωνίας είναι γραμμένοι απευθείας μέσα στον κώδικα. Είναι ικανά έτσι να αυτοματοποιούν ενέργειες και διαδικασίες βάσει προκαθορισμένων όρων, παρέχοντας εμπιστοσύνη και διαφάνεια μεταξύ των συμβαλλόμενων και εξαλείφοντας την ανάγκη μεσάζοντα. Η πλατφόρμα Ethereum είναι ευρέως γνωστή για την εκτεταμένη της χρήση έξυπνων συμβολαίων, κάτι που δεν προκαλεί έκπληξη, καθώς αυτά διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στον κόσμο των Non-Fungible Tokens (NFTs). Τα έξυπνα συμβόλαια λειτουργούν με βάση την αρχή «αν-τότε» («if-then» principle), όπου οι εκάστοτε ενέργειες εκτελούνται αυτόματα όταν πληρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις που καθορίζονται εξ'αρχής στο συμβόλαιο. Φυσικά, τα έξυπνα συμβόλαια εκτελούνται πάντα σε ένα blockchain και τείνουν να εξυπηρετούν διάφορους βασικούς ρόλους στο οικοσύστημα των NFTs, ενισχύοντας τις λειτουργίες και τις δυνατότητές τους. Αυτοί οι ρόλοι μπορούν να περιλαμβάνουν τον καθορισμό της ιδιοκτησίας και της δυνατότητας μεταβίβασης αλλά και τα δικαιώματα οικονομικής εκμετάλλευσης και μεταπώλησης μεταξύ άλλων. Μπορούν, παραδείγματος χάριν, να ενσωματωθούν μηχανισμοί-ρήτρες οικονομικών δικαιωμάτων (royalties), διασφαλίζοντας ότι οι δημιουργοί θα λαμβάνουν ένα ποσοστό της τιμής πώλησης κάθε φορά που το NFT μεταπωλείται, ενώ αντίστοιχα μπορούν να επιβληθούν συγκεκριμένοι όροι ή περιορισμοί σχετικά με τον τρόπο πρόσβασης ή / και χρήσης του NFT. Είναι δυνατόν με αυτό τον πλήρως αυτόματο τρόπο να ελέγχεται η πρόσβαση σε ψηφιακό περιεχόμενο βάσει της ιδιοκτησίας ή της κατάστασης συνδρομής, προστατεύοντας έτσι την πνευματική ιδιοκτησία και διασφαλίζοντας τη συμμόρφωση με τις συμβάσεις αδειοδότησης (licensing agreements). Οι χρήσεις των smart contracts δε σταματούν εδώ, καθώς μπορούν ακόμα και να αυτοματοποιήσουν πληρωμές βάσει προκαθορισμένων όρων. Για παράδειγμα, όταν πωλείται ένα NFT, το έξυπνο συμβόλαιο μπορεί να διανείμει

αυτόματα τα έσοδα από την πώληση μεταξύ πολλαπλών μερών όπως ο καλλιτέχνης, η πλατφόρμα και άλλοι εμπλεκόμενοι φορείς (stakeholders). Μέσω αυτών είναι δυνατή και η παραχώρηση χρονικά περιορισμένης πρόσβασης σε ένα NFT, επιτρέποντας την ενοικίαση ή την προσωρινή ιδιοκτησία. Μετά την προκαθορισμένη περίοδο, η κυριότητα επιστρέφει στον αρχικό ιδιοκτήτη, ειδάλλως καθορίζεται από τους όρους της σύμβασης.

Τα DApps (Decentralized Applications) που σχετίζονται με τα NFTs δε θα μπορούσαν να υπάρχουν χωρίς τα έξυπνα συμβόλαια. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να διευκολύνουν ένα μεγάλο εύρος διαδικασιών όπως δημοπρασίες, αγοραπωλησίες σε marketplace και ανταλλαγές εικονικών περιουσιακών στοιχείων και τεκμηρίων, εκμεταλλευόμενες τα πρωτόκολλα των έξυπνων συμβολαίων για τη διασφάλιση ασφαλών και αποτελεσματικών συναλλαγών.

Τα υπέρ και τα κατά της χρήσης smart contracts, ενός θεσμού αναπόσπαστου των NFTs, αξίζει να αναφερθούν συνοπτικά σε αυτό το σημείο. Από τη μία, τα έξυπνα συμβόλαια ενισχύουν την εμπιστοσύνη μεταξύ αγνώστων δίχως την υποχρεωτική ύπαρξη μεσάζοντα, μέσω της αυτοματοποίησης των συναλλαγών και την επιβολή προκαθορισμένων κάθε φορά όρων, καθιστώντας όλη τη διαδικασία ουσιαστικά αυτόνομη. Ο αποκεντρωμένος και κρυπτογραφικός χαρακτήρας των έξυπνων συμβολαίων εξασφαλίζει την αμεταβλητότητα των όρων και κανόνων των συμβάσεων, μειώνοντας σημαντικά τον κίνδυνο απάτης ή παραποίησης. Η αυτοματοποίηση των διαδικασιών μέσω smart contracts αυξάνει σημαντικά την αποτελεσματικότητα και μειώνει το κόστος, καθιστώντας τις συναλλαγές NFT πιο οικονομικές και προσιτές. Προσφέρουν, ακόμα, τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να δημιουργούν καινοτόμες εφαρμογές και λειτουργίες όπως τα DApps, παρέχοντας ευελιξία και ανοίγοντας ολοένα νέες δυνατότητες στο οικοσύστημα των NFT.

Από την άλλη μεριά η δυνατότητα κλιμάκωσης των έξυπνων συμβολαίων (δηλαδή η ταυτόχρονη από το server επεξεργασία πολλαπλών συμβολαίων σε κάθε blockchain) αποτελεί συνεχή πρόκληση, ιδίως λόγω της αυξανόμενης ζήτησης και πολυπλοκότητας των εφαρμογών NFT. Κατά τη στιγμή συγγραφής του παρόντος ήδη καταβάλλονται προσπάθειες για τη βελτίωση αυτής της δυνατότητας κλιμάκωσης μέσω λύσεων 2 επιπέδων («layer 2 solutions») και αναβαθμίσεων των υπάρχοντων πρωτοκόλλων. Οι λύσεις 2 (δύο) επιπέδων αφορούν, ουσιαστικά, δευτερεύοντα πρωτόκολλα και πλαίσια

(frameworks) τα οποία χτίζονται πάνω σε υπάρχοντα δίκτυα (εξού και «2 επιπέδων») έτσι ώστε να διευκολύνουν τη δυνατότητα κλιμάκωσης, την ταχύτητα και την αποδοτικότητα, «απλοποιώντας» κατά κάποιο τρόπο τη διαδικασία με την οποία ελέγχονται κάθε φορά οι όροι. Η καθιέρωση των καινοτόμων αυτών προτύπων στα smart contracts θεωρείται ήδη εξαιρετικά ουσιώδης για τη διασφάλιση της διαλειτουργικότητάς τους και της ευρείας υιοθέτησής τους στο χώρο των NFTs, αποτελώντας μία ακόμη πρόκληση για τους σημερινούς προγραμματιστές. Κλείνοντας, το αντίκτυπο των έξυπνων συμβολαίων στο περιβάλλον, ιδίως σε δίκτυα με υψηλή κατανάλωση ενέργειας όπως το Ethereum (με το μηχανισμό PoW), καθιστά αναγκαία τη μετάβαση σε τέτοιους πιο βιώσιμους μηχανισμούς λειτουργίας (όπως τα layer 2 solutions και ο PoS) για την εξομάλυνση της πρακτικής εφαρμογής των NFTs στο μέλλον.

## **2.5 Η εφαρμογή στην κτήση και μεταβίβαση των NFTs**

Όταν ένας χρήστης αγοράζει ένα NFT, αποκτά τα δικαιώματα ιδιοκτησίας του συγκεκριμένου ψηφιακού περιεχομένου / τεκμηρίου. Η τρέχουσα ιδιοκτησία καταγράφεται στη βάση δεδομένων blockchain, παρέχοντας αμετάβλητη απόδειξη της ιδιοκτησίας με πλήρη διαφάνεια μέσω των τεχνολογιών που αναλύθηκαν παραπάνω. Ο χρήστης έχει πρόσβαση στα NFTs του χρησιμοποιώντας το ψηφιακό του πορτοφόλι (e-wallet), το οποίο περιέχει το δημόσιο και το ιδιωτικό κλειδί που αντιστοιχούν σε αυτόν. Η μεταβίβαση ή πώληση ενός NFT συνεπάγεται την αλλαγή της ιδιοκτησίας από ένα πορτοφόλι σε ένα άλλο. Η διαδικασία μεταβίβασης διευκολύνεται από τις λειτουργίες του εκάστοτε smart contract που σχετίζεται με το NFT. Για την εκκίνηση αυτής της διαδικασίας ο τρέχων ιδιοκτήτης ξεκινά ένα αίτημα μεταβίβασης. Αυτό το αίτημα συνοψίζεται συνήθως στην επιλογή της λειτουργίας μεταβίβασης που περιέχει το έξυπνο συμβόλαιο, και στην εισαγωγή έπειτα της αντίστοιχης διεύθυνσης του πορτοφολιού-παραλήπτη. Μόλις ξεκινήσει το αίτημα μεταβίβασης, το έξυπνο συμβόλαιο επαληθεύει αν ο αιτών είναι ο νόμιμος κάτοχος του NFT. Η επαλήθευση αυτή γίνεται συγκρίνοντας τη διεύθυνση του αποστολέα (συγκεκριμένα με το ιδιωτικό κλειδί) με τη διεύθυνση του τρέχοντος ιδιοκτήτη όπως αυτή είναι καταγεγραμμένη στο blockchain. Εφόσον η επαλήθευση είναι επιτυχής, το έξυπνο συμβόλαιο ενημερώνει το αρχείο ιδιοκτησίας στο blockchain, μεταφέροντας την κατοχή του συγκεκριμένου NFT στον καθορισμένο παραλήπτη. Η διεύθυνση του νέου ιδιοκτήτη καταγράφεται και τότε ο αντίστοιχος χρήστης αποκτά τον έλεγχο και την πρόσβαση στο NFT.

Με κίνητρο τα παραπάνω χαρακτηριστικά, τα blockchain έχουν βρει ήδη μια μεγάλη ποικιλία χρήσεων σε ένα μεγάλο αριθμό από βιομηχανίες, συμπεριλαμβανομένων της οικονομίας, μέσω των κρυπτονομισμάτων που εμφανίστηκαν για πρώτη φορά σε συνδυασμό με τα blockchain, τη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας [supply chain management (SCM)] όπου διευκολύνουν την ιχνηλάτηση της παραγωγής, των αποστολών και της παράδοσης των ειδών, τη διαχείριση και πιστοποίηση ψηφιακής ταυτότητας χωρίς την ανάγκη μιας παρούσας κεντρικής αρχής, την υγεία όπου εφαρμόζονται τα αρχεία υγειονομικής περίθαλψης που συμβάλλουν στη διασφάλιση και τη διαχείριση αρχείων ασθενών, τη διασφάλιση της ιδιωτικότητάς τους και της ακεραιότητας των δεδομένων τους, αλλά ακόμα και σε σύγχρονα συστήματα ψηφοφορίας, όπου χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν συστήματα απαραβίαστα και με διαφάνεια, έχοντας τη δυνατότητα να ενισχύσουν με αυτό τον τρόπο την εμπιστοσύνη του κοινού στις εκλογές.

### **2.5.1 Προκλήσεις επί της ιδιοκτησίας και της μεταφοράς**

Η μεταβίβαση NFTs συνεπάγεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων τέλη αερίου (gas fees), τέλη συναλλαγής δηλαδή που καταβάλλονται στους εξορυκτές (miners) για την επικύρωση και τη διεκπεραίωση της μεταβίβασης (μέσω ενός καινούριου block) στο blockchain. Οι χρήστες πρέπει να λαμβάνουν τα τέλη εκ των προτέρων υπόψιν τους σε αυτές τις περιπτώσεις. Εκτός των τελών, ορισμένα NFTs καθορίζονται και από ειδικούς περιορισμούς από τον δημιουργό ή το έξυπνο συμβόλαιο. Οι ειδικοί περιορισμοί μπορεί να επηρεάζουν τον τρόπο ή / και τη χρονική στιγμή ή περίοδο κατά την οποία μπορεί να γίνει η μεταβίβαση ένα NFT με πρόσβαση περιορισμένη χρονικά (time-limited access), για παράδειγμα, επιστρέφει αυτόματα στην κατοχή του δημιουργού μετά από το προκαθορισμένο χρονικό διάστημα στο πορτοφόλι του νέου χρήστη. Οι όροι των έξυπνων συμβολαίων για αυτό το λόγο πρέπει να λαμβάνονται εξίσου υπόψιν εκ των προτέρων για την αποφυγή απροσδόκητων καταστάσεων.

Η ασφάλεια του ιδιωτικού κλειδιού ενός χρήστη είναι εξίσου σημαντική με τα παραπάνω, καθώς αποτελεί το μόνο τρόπο να διατηρηθεί και να μεταβιβαστεί η ιδιοκτησία. Οι χρήστες είναι σημαντικό να παραμένουν ενημερωμένοι για όλες αυτές τις παραμέτρους, ειδάλως υπάρχει η πιθανότητα απώλειας των NFTs τους λόγω κακόβουλου εξωτερικού παράγοντα ή λάθους. Σε ένα παράδειγμα που απέσπασε αρκετή προσοχή αυτή την άνοιξη, ένας

συλλέκτης NFTs κατέστρεψε κατά λάθος ένα NFT το οποίο είχε αγοράσει νωρίτερα στην τιμή των \$129.000,00 (δολαρίων) (DeVon, 2023). Πιο συγκεκριμένα, στην προσπάθειά του να προχωρήσει στο «wrapping» του NFT, τη διαδικασία που επιτρέπει τη μεταπώλησή του σε άλλες αγορές NFTs (αντίθετα από το minting που αφορά την πρώτη του δημιουργία), έστειλε το τεκμήριο σε ένα ιδιαίτερο είδος δημοσίου κλειδιού το οποίο δε συνοδεύεται από το ιδιωτικό κλειδί που αναφέρθηκε παραπάνω ως απαραίτητο. Καθώς χωρίς ένα ιδιωτικό κλειδί δεν είναι δυνατόν να αποκτηθεί πρόσβαση σε ένα τεκμήριο, τα δημόσια αυτά κλειδιά θεωρούνται «burn addresses» και χρησιμοποιούνται κατ'εξάιρεση όταν ένας χρήστης θέλει να καταστρέψει ένα token οποιουδήποτε είδους, καθώς η πρόσβαση σε αυτό χάνεται για πάντα χωρίς την ύπαρξη ιδιωτικού κλειδιού.

Το παραπάνω παράδειγμα αναδεικνύει, αν μη τι άλλο, πόσο σημαντική είναι η εις βάθος κατανόηση της τεχνολογίας που υποστηρίζει τα NFTs, παρά τις αυτοματοποιήσεις στις οποίες έχει πρόσβαση ένας χρήστης, όπως τα ψηφιακά πορτοφόλια και οι αποκεντρωμένες εφαρμογές, που κάνουν τη διαδικασία να φαίνεται αρκετά απλή.

## **2.6 Το περιβαλλοντικό αντίκτυπο αναλυτικά**

Φυσικά ο σκεπτικισμός όσον αφορά τα NFT δεν αφορά μονάχα τη σχετική τεχνογνωσία που είναι απαραίτητη για την εκμετάλλευσή τους, αλλά και το αντίκτυπο που έχουν στο περιβάλλον. Ο ευρέως χρησιμοποιούμενος μηχανισμός συγκατάθεσης Proof of Work (PoW), που χρησιμοποιείται όπως αναφέρθηκε παραπάνω και στο Ethereum αυτή τη στιγμή, απαιτεί σημαντική υπολογιστική ισχύ για την επικύρωση των συναλλαγών και τη δημιουργία νέων blocks, κάτι που οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Παράλληλα, η εξόρυξη απαιτεί και εξειδικευμένο εξοπλισμό (mining rigs, δηλαδή συστοιχίες εξαρτημάτων με πιο συχνά χρησιμοποιούμενα τα GPU) και ένα αρκετά μεγάλο δίκτυο εξορυκτών, συχνά συγκεντρωμένο σε φάρμες εξόρυξης (Mining Farms). Αυτές οι εγκαταστάσεις καταναλώνουν εξίσου ηλεκτρική ενέργεια σε ανησυχητικά υψηλά επίπεδα. Η κατανάλωση ενέργειας σε τέτοια επίπεδα έχει ως αποτέλεσμα τα NFTs να έχουν αυτή τη στιγμή μεγάλο αποτύπωμα άνθρακα, συμβάλλοντας στις ανησυχίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τη βιωσιμότητα των δικτύων blockchain.



Πέραν της υψηλής ανάγκης για ηλεκτρική ενέργεια, η συνεχής ανάγκη για αναβάθμιση του εξοπλισμού εξόρυξης οδηγεί σε μεγάλο αριθμό ηλεκτρονικών εξαρτημάτων-απορρυμάτων, αποδυναμώνοντας έτσι τη βιωσιμότητα των NFT λόγω του αντίκτυπου που έχει η ρύπανση αυτή στο περιβάλλον. Όπως είναι λογικό, η υψηλή χρήση ενέργειας στα δίκτυα blockchain σε συνδυασμό με τα ηλεκτρονικά απορρύματα συμβάλλουν αμφότερα στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, επιδεινώνοντας έτσι την κλιματική αλλαγή και τις περιβαλλοντικές ανησυχίες παγκοσμίως, καθώς μαζί μπορούν δυνητικά να οδηγήσουν σε διατάραξη των οικοτόπων και απώλεια της βιοποικιλότητας, επηρεάζοντας ένα μεγάλο αριθμό από οικοσυστήματα και την εμπειροχόμενη σε αυτά χλωρίδα και πανίδα.

Για τη λύση των σύγχρονων αυτών προβληματισμών, όπως είναι λογικό, εμφανίζονται σύγχρονες λύσεις. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο μηχανισμός συναίνεσης Proof of Stake (PoS) καταναλώνει σημαντικά λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με τον PoW. Το Ethereum ήδη ασχολείται έμπρακτα για την πλήρη μετάβαση στη χρήση PoS (Ethereum 2.0) για να μετριάσει τις περιβαλλοντικές του επιπτώσεις, ενώ η εφαρμογή λύσεων 2 επιπέδων (layer 2 solutions), πρωτοκόλλων όπως τα Rollups (π.χ. ZK-Rollups, Optimistic Rollups) και τα Sidechains μπορεί να μειώσει σημαντικά το «φορτίο» στο κυρίως κομμάτι του εκάστοτε blockchain, βελτιστοποιώντας την κατανάλωση ενέργειας και καθιστώντας τις συναλλαγές συνολικά πιο αποδοτικές.

Επιπρόσθετα, τα έργα NFT και τα δίκτυα blockchain μπορούν να αντισταθμίσουν το αποτύπωμα άνθρακα τους επενδύοντας σε πρωτοβουλίες και έργα αντιστάθμισης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τις εργασίες εξόρυξης ή ακόμα και δενδροφυτεύσεων. Σε αυτό μπορεί να συνεισφέρει η έρευνα και ανάπτυξη ενεργειακά αποδοτικότερων αλγορίθμων συναίνεσης που μπορούν δυνητικά να μειώσουν συνολικά την κατανάλωση ενέργειας των δικτύων blockchain. Για αυτό το σκοπό οι προγραμματιστές θα πρέπει να επικεντρωθούν στη βελτιστοποίηση του κώδικα που θα επιτρέπει τη μέγιστη αποδοτικότητα των έξυπνων συμβολαίων που σχετίζονται με τα NFTs, έτσι ώστε να επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση της χρήσης ενέργειας με παράλληλη διατήρηση της σωστής λειτουργίας και απόδοσης.

Σε κάθε περίπτωση, η ολοκληρωμένη γνώση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των NFT και η χρήση τους με τρόπο υπεύθυνο και υπολογισμένο έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει σε

μια πιο συνειδητοποιημένη κοινότητα. Για την ενίσχυση αυτού του σκοπού ήδη πιθανολογείται η συνεργασία μεταξύ ενός αριθμού πλατφορμών NFT, προγραμματιστών εξειδικευμένων σε blockchain και περιβαλλοντικών οργανώσεων με σκοπό την καθιέρωση βιομηχανικών προτύπων και βέλτιστων πρακτικών για μια κατά δύναμιν βιώσιμη λειτουργία όσον αφορά τα NFT. Όπως είναι λογικό, το παραπάνω σε συνδυασμό με τη δημιουργία και την προώθηση πλατφορμών NFT που δίνουν προτεραιότητα στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα και χρησιμοποιούν ενεργειακά αποδοτικούς μηχανισμούς συναίνεσης μπορεί να έχει ένα αξιοσημείωτο αντίκτυπο στον τρόπο που βλέπουμε τα NFT συνολικά.

Μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε πως το αντίκτυπο των NFTs στο περιβάλλον είναι ένα μείζον θέμα που παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον και με το οποίο ενδέχεται να ασχοληθεί εκτενώς στο μέλλον η ερευνητική κοινότητα, ιδίως όσο τα NFT εδραιώνονται και χρησιμοποιούνται από μεγαλύτερο κάθε φορά αριθμό ατόμων, είτε καλλιτεχνών, επενδυτών ή συλλεκτών είτε απλών χρηστών που βρίσκουν ενδιαφέρον σε αυτό το χώρο.

## **2.7 Τα είδη των NFTs και οι ιδιαιτερότητες αυτών**

Αξιοποιώντας την τεχνολογία blockchain, τα NFTs έχουν επαναπροσδιορίσει τον τρόπο με τον οποίο δημιουργούμε, κατέχουμε και αλληλεπιδρούμε με, μεταξύ άλλων, καλλιτεχνικά και συλλεκτικά τεκμήρια. Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, μέσω των NFTs οι καλλιτέχνες έχουν τη δυνατότητα να μετατρέψουν τις ψηφιακές δημιουργίες τους σε tokens και να προσεγγίσουν με αυτό τον τρόπο ένα παγκόσμιο κοινό δίχως την ύπαρξη μεσάζοντα. Επιπρόσθετα, τα NFTs επιτρέπουν στους δημιουργούς να διατηρούν ένα ποσοστό των μετέπειτα πωλήσεων μέσω των οικονομικών δικαιωμάτων (royalties). Παρέχοντας ένα ασφαλές και αμετάβλητο αρχείο της προέλευσης και της αυθεντικότητας ενός έργου τέχνης, μετριάζονται και τα ζητήματα πλαστογράφησης έργων τέχνης, εξασφαλίζοντας έτσι κάθε φορά την αξιόπιστη αγορά τεκμηρίων και τη δίκαιη μεταχείριση των δημιουργών. Όσο τα παραπάνω ενισχύουν τους σημερινούς καλλιτέχνες, παρατηρείται η άνοδος των εικονικών γκαλερί τέχνης και μουσείων στο metaverse επιτρέποντας σε καλλιτέχνες και κοινό την έκθεση NFTs σε ψηφιακό χώρο. Η αποδοχή των NFTs στον κόσμο της τέχνης έχει πλέον φτάσει σε σημείο ακόμα και «πατροπαράδοτοι» μεσάζοντες στις αγοραπωλησίες έργων τέχνης όπως οι οίκοι δημοπρασιών «Christie's» και «Sotheby's» να

έχουν ενσωματώσει την πώληση NFTs στις δημοπρασίες τους. Ένα κύριο είδος NFTs, λοιπόν, θεωρούνται τα NFTs σχετικά με την τέχνη.

Πέρα από τα παραδοσιακά μέσα / έργα τέχνης, οι συλλέκτες μπορούν πλέον να συγκεντρώνουν επιπρόσθετα συλλογές από ψηφιακά αντικείμενα, συναλλασσόμενες κάρτες (trading cards) και πολλά άλλα. Τα συλλεκτικά αυτά αντικείμενα είναι συχνά διαθέσιμα σε πάνω από μία πλατφόρμες, δημιουργώντας μια ενιαία εμπειρία για τους χρήστες, ανεξάρτητα από την εφαρμογή ή το παιχνίδι με το οποίο ασχολούνται. Μέσω περιορισμένων εκδόσεων καθορίζεται η σπανιότητα των ψηφιακών συλλεκτικών αντικειμένων, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο προστιθέμενη αξία λόγω του μικρού αριθμού αυτών των αντικειμένων. Χρησιμοποιώντας τις νέες αυτές δυνατότητες, οι παίκτες ηλεκτρονικών παιχνιδιών μπορούν να αγοράζουν, να πωλούν και να ανταλλάσσουν τεκμήρια εντός ενός παιχνιδιού και μεταξύ πλατφορμών, κάτι που μπορεί δυνητικά να δημιουργήσει κέρδη στους λάτρεις μιας ασχολίας η οποία μέχρι τώρα παραδοσιακά δε μπορούσε να επιστρέψει κέρδη στους απλούς παίκτες. Το δεύτερο κύριο είδος NFT, λοιπόν, είναι τα NFTs σχετικά με τα games και τα συλλεκτικά αντικείμενα.

Τα NFTs δε θα μπορούσαν να λείπουν και από το metaverse όπου αντιπροσωπεύουν εικονικά / ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία και αντικείμενα συμπεριλαμβανομένων ψηφιακών ακινήτων και avatars. Η ιδιοκτησία και η εμπορική εκμετάλλευση ψηφιακής ακίνητης περιουσίας εντός του metaverse, επιτρέπει την αγορά, την ανάπτυξη και την αξιοποίηση πλήρως ψηφιακών ακινήτων, δημιουργώντας ουσιαστικά ένα καινούριο είδος αγοράς. Λόγω των παραπάνω το τρίτο βασικό είδος NFT είναι τα NFTs σχετικά με το metaverse.

## **2.8 Η πνευματική ιδιοκτησία και το νομοθετικό πλαίσιο γύρω από τα NFTs**

Σε αυτά τα καινούρια είδη αγοράς, αξίζει να αναφερθεί η πνευματική ιδιοκτησία (Intellectual Property ή IP) η οποία προστατεύει πνευματικές ιδέες και δημιουργίες, όπως εφευρέσεις, λογοτεχνικά και καλλιτεχνικά έργα, σχέδια, σύμβολα, ονόματα και εμπορικές εικόνες. Η πνευματική ιδιοκτησία προστατεύεται νομικά μέσω διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας (patents), πνευματικών δικαιωμάτων (copyright), εμπορικών σημάτων (trademarks) και

εμπορικών απόρρητων. Αναλυτικά, τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας προστατεύουν εφευρέσεις και καινοτομίες, τα πνευματικά δικαιώματα προστατεύουν πρωτότυπα καλλιτεχνικά, ( π.χ. λογοτεχνικά και μουσικά) έργα, τα εμπορικά σήματα προστατεύουν σύμβολα, ονόματα και σλόγκαν που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση αγαθών και υπηρεσιών, και τα εμπορικά απόρρητα προστατεύουν εμπιστευτικές επιχειρηματικές πληροφορίες, που δίνουν σε μια εταιρεία πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών.

Το δικαίωμα της πνευματικής ιδιοκτησίας παραμένει ύψιστης σημασίας για τους σημερινούς δημιουργούς και εφευρέτες, αποδίδοντας αποκλειστικά δικαιώματα για τις δημιουργίες τους, προωθώντας την καινοτομία, την οικονομική ανάπτυξη και προστατεύοντας τα δικαιώματά τους στις συμβατικές και τις σύγχρονες μορφές δημιουργιών. Στην ψηφιακή εποχή όπου οι τεχνολογίες εξελίσσονται ραγδαία σε έναν ολόένα και πιο παγκοσμιοποιημένο κόσμο, η προστασία της πνευματικής ιδιοκτησίας παραμένει απαραίτητη. Παίρνοντας ως δεδομένο ότι η ψηφιακή πρόσβαση δημιουργεί νέες «απειλές» - όπως το μείζον ζήτημα της λογοκλοπής και της πλαστογραφίας αναφορικά με υλικό που είναι διαθέσιμο στο διαδίκτυο, ανεξαρτήτως του πραγματικού ιδιοκτήτη αυτού, καθώς και το συχνό φαινόμενο απόπειρας εξαπάτησης μέσω αθέμιτων μέσων όπως παραπλανητικών περιγραφών των NFT, αλλά ακόμα και των αρκετά διαδεδομένων στο διαδίκτυο απόπειρων πλαστοπροσωπίας - στη συμβατική πνευματική ιδιοκτησία, αυτή θα συνεχίσει να αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της σύγχρονης οικονομίας, διαμορφώνοντας τον τρόπο με τον οποίο καινοτομούμε, δημιουργούμε και μοιραζόμαστε γνώση μέσω της συμβολής ρητής και ξεκάθαρης σχετικής νομοθεσίας.

Όσον αφορά το νομοθετικό πλαίσιο της IP γύρω από τα NFTs, σε πρακτικό επίπεδο, είναι πολύ σημαντικό για τους δημιουργούς και τους αγοραστές να έχουν ξεκάθαρη εικόνα της τοπικής και παγκόσμιας σχετικής νομοθεσίας πριν προχωρήσουν σε ενέργειες ή / και στη δημιουργία tokens. Ιδιαίτερη βάση πρέπει να δίνεται στον καθορισμό του τι θεωρείται παράγωγο έργο (derivative work, δηλαδή ένα έργο που βασίζεται σε ένα άλλο έργο) και στην εφαρμογή της θεμιτής χρήσης (fair use) για την αποφυγή ζητημάτων παραβίασης πνευματικών δικαιωμάτων. Ακόμα και τα NFTs που σχετίζονται με έργα που ανήκουν στο δημόσιο τομέα (τα οποία δηλαδή για οποιοδήποτε λόγο δεν υπόκεινται σε δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, για παράδειγμα σε περίπτωση που αυτά έχουν λήξει) ή που

διανέμονται με άδειες ανοικτής πρόσβασης (open access licenses) απαιτούν ρητή αναγνώριση και συμμόρφωση με τους όρους παροχής άδειας (licensing terms).

Οι αγορές NFT για αυτό το λόγο είναι συνετό να εφαρμόζουν ισχυρές διαδικασίες AML (Anti-Money Laundering δηλαδή κατά της νομιμοποίησης εσόδων από παράνομες πηγές / ξέπλυματος χρήματος) και KYC (Know Your Customer δηλαδή «γνώσης για τον πελάτη») για την πρόληψη παράνομων δραστηριοτήτων και τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους σχετικούς χρηματοοικονομικούς κανονισμούς. Οι διαδικασίες AML και KYC χρησιμοποιούνται ήδη ευρέως από τα παραδοσιακά χρηματοοικονομικά ιδρύματα όπως οι τράπεζες και οι φορείς αποδοχής πληρωμών με κάρτα (acquirers) για την αξιολόγηση του ρίσκου που προέρχεται δυνητικά για τον οργανισμό από ένα πιθανό πελάτη, μέσω της αξιολόγησης προσωπικών δεδομένων όπως το όνομα και ο αριθμός ταυτότητας των τραπεζικών λογαριασμών και των συναλλαγών που εντοπίζονται σε αυτούς, καθώς και την αξιολόγηση της επιχειρηματικής δραστηριότητας μεταξύ άλλων.

Ανάλογα με τη δομή και τη φύση του εκάστοτε NFT, αυτό ενδέχεται να εμπίπτει επιπλέον σε ιδιαίτερους κανονισμούς και νομοθεσίες ή άλλες υποχρεώσεις όπως καταχώρηση του έργου ή / και ρητή συναίνεση για την πλήρη διαφάνεια των πληροφοριών του. Οι αγορές είναι εξίσου υποχρεωμένες να τηρούν τους νόμους περί προστασίας των καταναλωτών (Consumer Law) για να διασφαλίζουν τα συμφέροντα και τα δικαιώματα των αγοραστών και των πωλητών κατά τις συναλλαγές NFT.

Όσον αφορά τη φορολόγηση της πώλησης και της μεταβίβασης των NFTs, βασίζεται πάντα στο τοπικό νομοθετικό πλαίσιο της φορολόγησης αγαθών και υπηρεσιών, και άρα είναι πιθανό να διαφέρει ανά περίπτωση. Οι αγοραστές και οι πωλητές θα πρέπει να είναι εκ των προτέρων ενημερωμένοι για τις εκάστοτε φορολογικές επιπτώσεις για συναλλαγές που αφορούν NFTs σε φυσικά και νομικά εμπλεκόμενα πρόσωπα, καθώς και του ποσοστού φόρου προστιθέμενης αξίας (ΦΠΑ) πριν προβούν σε μία συναλλαγή.

Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται πλέον και σε ένα συνάμα παραδοσιακό και καινούριο ζήτημα, τις νομικές διαφορές σχετικά με την εφαρμοσιμότητα και την ερμηνεία των έξυπνων συμβολαίων που διέπουν κάθε NFT. Η επίλυση αυτών των ζητημάτων συχνά περιλαμβάνει

νομικούς εμπειρογνώμονες που ειδικεύονται σε έξυπνα συμβόλαια που λειτουργούν με την τεχνολογία blockchain.

Δεδομένης της παγκοσμιοποιημένης φύσης των αποκεντρωμένων συναλλαγών, ο καθορισμός της δικαιοδοσίας και του εφαρμοστέου δικαίου για διαφορές που σχετίζονται με τα NFTs μπορεί να γίνει πολύπλοκος, κυρίως λόγω των διαφορετικών νομικών πλαισίων μεταξύ των χωρών. Το ευρύτερο νομοθετικό πλαίσιο στο οποίο υπάγονται οι διαφορετικές χώρες (π.χ. ευρωπαϊκό έναντι χωρών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης) που σχετίζονται με τη συναλλαγή NFT η οποία βρίσκεται υπό εξέταση χρησιμεύει συχνά για την τελική επίλυση τέτοιων ζητημάτων.

Είναι πολύ πιθανό ότι στο κοντινό μέλλον θα δημιουργηθούν καινούριες κατευθυντήριες γραμμές που θα παρέχουν σαφήνεια σχετικά με συναλλαγές NFT, μέσω ανάπτυξης ειδικευμένων φορέων ή / και καινούριου νομοθετικού πλαισίου και θέσπιση βιομηχανικών προτύπων (industry standards). Αυτό θα επιτρέψει την περαιτέρω ανάπτυξη και εδραίωση των NFTs ως μια ασφαλή και καινοτόμα επιλογή για συλλέκτες και επενδυτές, καθώς θα επιτραπούν αυστηρότερες ρητές διαδικασίες για την προστασία των χρηστών, των χρημάτων τους αλλά και των δεδομένων τους με ειδικές προσθήκες στους τρέχοντες κανονισμούς του GDPR (General Data Protection Regulation), μια πλέον απαραίτητη προϋπόθεση για την ασφάλεια των κάθε φορά εμπλεκόμενων φυσικών προσώπων.

## **2.9 Ανάλυση των κυριότερων οροσήμων των NFTs σε χρονολογική σειρά**

Παρόλο που τα Non-Fungible Tokens (NFTs) έχουν αποκτήσει τεράστια αναγνώριση τα τελευταία χρόνια, η προέλευσή τους βασίζεται σε πρώιμα πειράματα στην κοινότητα των blockchain και οφείλουμε να γνωρίζουμε τα βασικά σημεία της ιστορίας τους αν θέλουμε να κατανοήσουμε καλύτερα την τρέχουσα σημασία τους. Το 2012 έχουμε την εμφάνιση των Colored Coins στο Bitcoin blockchain. Με αυτό το πρωτόκολλο ανοιχτού πηγαίου κώδικα έγινε δυνατή η ανάθεση συγκεκριμένων μεταδεδομένων ("χρώματος") στα Bitcoins, τα οποία αντιπροσώπευαν την ιδιοκτησία αυτών των «ιδιαίτερων» τεκμηρίων - κρυπτονομισμάτων. Αν και δεν ήταν NFTs με τη σύγχρονη έννοια, έθεσαν τις βάσεις για την ιδέα της συσχέτισης αξίας και ιδιοκτησίας με συγκεκριμένα «ξεχωριστά» token σε ένα

blockchain. Τον Ιανουάριο του 2014 έχουμε την εμφάνιση της πλατφόρμας Counterparty, βασισμένη εξίσου στο Bitcoin blockchain, μιας πρωτοποριακής πλατφόρμας που επέτρεπε στους χρήστες να δημιουργούν και να διαχειρίζονται ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία / τεκμήρια και tokens. Οι χρήστες μπορούσαν να δημιουργήσουν μοναδικά token που αντιπροσώπευαν την ιδιοκτησία διαφόρων ψηφιακών ή φυσικών τεκμηρίων, θέτοντας τις βάσεις για την ευρύτερη έννοια των NFTs και της δημιουργίας token. Τον Οκτώβριο του 2015 έχουμε την εμφάνιση του Etheria, ενός πρώιμου πειράματος στην αποκεντρωμένη εικονική / ψηφιακή ακίνητη περιουσία. Σε αυτό τον εικονικό κόσμο, ο οποίος θύμιζε το σημερινό Minecraft, οι χρήστες μπορούσαν να αγοράζουν και να ανταλλάσσουν αγροτεμάχια γης, καθώς και να χτίζουν σε αυτά. Κάθε αγροτεμάχιο αναπαρίστατο ως NFT, παρέχοντας έλεγχο στον εκάστοτε ιδιοκτήτη. Το Etheria ανέδειξε για πρώτη φορά τις δυνατότητες των NFTs πέρα από την ψηφιακή τέχνη και τα συλλεκτικά αντικείμενα. Το Σεπτέμβριο του 2016 εμφανίστηκαν τα Rare Pepes, ένα καλλιτεχνικό πείραμα που αφορούσε τη δημιουργία και την ανταλλαγή ψηφιακών συναλλάσσιμων καρτών (trading cards) με το εμβληματικό meme «Pepe the Frog». Αυτές οι κάρτες μετατράπηκαν σε tokens με τη χρήση της Counterparty και στη συνέχεια έγιναν συλλεκτικά NFTs. Τα Rare Pepes ανέδειξαν για πρώτη φορά τις προοπτικές μιας αγοράς NFTs. Τον Ιούνιο του 2017 «γεννήθηκαν» τα CryptoPunks, ένα πρωτοποριακό έργο NFT και μία από τις πρώτες υλοποιήσεις στο Ethereum blockchain. Το έργο αυτό περιλαμβάνει 10.000 μοναδικούς χαρακτήρες σε 24x24 pixel art, δημιουργημένους μέσω αλγορίθμου. Κάθε χαρακτήρας CryptoPunk είναι μοναδικός, καθιστώντας τους με τον τρόπο αυτό συλλεκτικούς. Τα CryptoPunks έθεσαν τα θεμέλια για τα NFTs όπως τα γνωρίζουμε σήμερα. Το Νοέμβριο του 2017 εμφανίστηκαν τα CryptoKitties, ένα σημαντικό πρώιμο έργο NFT που επίσης βασίζεται στο Ethereum blockchain. Επιτρέπει στους χρήστες να εκτρέφουν, να συλλέγουν και να αγοραπωλούν ψηφιακές γάτες. Κάθε CryptoKitty είναι ένα NFT με ένα μοναδικό σύνολο χαρακτηριστικών. Τα CryptoKitties έκαναν πλέον δημοφιλή την ιδέα των ψηφιακών συλλεκτικών αντικειμένων. Το Φεβρουάριο του 2020 έχουμε τη δημόσια κυκλοφορία της Decentraland, μια πλατφόρμα εικονικής πραγματικότητας στο metaverse όπου οι χρήστες μπορούν να αγοράζουν, να αναπτύσσουν και να πωλούν αγροτεμάχια ψηφιακής ακίνητης περιουσίας. Κάθε αγροτεμάχιο αναπαρίσταται ως NFT, παρέχοντας δικαιώματα ιδιοκτησίας στον αγοραστή. Η Decentraland ανέδειξε τις δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain να επιτρέπει την ιδιοκτησία, το εμπόριο και τη δημιουργία μοναδικών ψηφιακών τεκμηρίων.

Τα παραπάνω καίρια συμβάντα έθεσαν τις βάσεις για την εκρηκτική ανάπτυξη των NFTs τα επόμενα δύο χρόνια και των ποικίλων εφαρμογών τους στην τέχνη, τα ηλεκτρονικά παιχνίδια, την εικονική πραγματικότητα και όχι μόνο, στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή. Κατά το 2021 και ύστερα υπήρξε ένας μεγάλος αριθμός από «high profile» πωλήσεις NFTs όπως το προαναφερθέν «Everydays: The First 5000 Days» με τιμή πώλησης \$69.000.000,00 (δολάρια), το «Merge» του ψηφιακού καλλιτέχνη (ή ομάδα καλλιτεχνών) με το ψευδώνυμο Pak και τελική τιμή πώλησης τα \$91.800.000,00 (δολάρια), το έργο «HUMAN ONE», επίσης δημιουργημένο από τον καλλιτέχνη Beeple, με τιμή πώλησης τα \$29.000.000,00 (δολάρια), καθώς και το «CryptoPunk #5822» της τότε Larva Labs που πωλήθηκε τις αρχές του 2022 έναντι \$23.700.000,00 (δολαρίων).

Το 2022 αποτέλεσε ένα ακόμα έτος «ορόσημο» για τα NFTs καθώς, ανάμεσα σε αρκετές νέες χρήσεις που υλοποιήθηκαν με αυτά, η πλατφόρμα κοινωνικής δικτύωσης Twitter επέτρεψε για πρώτη φορά τη χρήση NFT ως φωτογραφία προφίλ ενός χρήστη. Η απόφαση αυτή ακολούθησε την πώληση κατά το πρώτο τρίμηνο του 2021 του πρώτου «Tweet» στην πλατφόρμα για το ποσό των \$2.900.000,00 (δολαρίων).

## **2.10 Κλασματική ιδιοκτησία και ευκαιρίες επένδυσης NFTs**

Τα Non-Fungible Tokens (NFTs) έχουν πλέον αλλάξει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο σκεφτόμαστε την ιδιοκτησία και τις επενδύσεις στον ψηφιακό χώρο. Μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις που αποδίδεται στα NFTs είναι η κλασματική ιδιοκτησία, η δυνατότητα πολλά άτομα να κατέχουν συλλογικά ένα συγκεκριμένο NFT, ανοίγοντας έτσι νέες επενδυτικές δυνατότητες και συμβάλλοντας στον εκδημοκρατισμό της πρόσβασης σε πολύτιμα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία και τεκμήρια, μέσω της διευκόλυνσης της ιδιοκτησίας μεριδίου αυτών των τεκμηρίων από μεγαλύτερο συνολικά αριθμό επενδυτών.

Η κλασματική ιδιοκτησία περιλαμβάνει τη διαίρεση της ιδιοκτησίας ενός ενιαίου NFT σε μικρότερες, εμπορεύσιμες μετοχές / κλάσματα. Αυτά τα κλάσματα γνωστά ως «tokens», πωλούνται στη συνέχεια σε επενδυτές, επιτρέποντάς τους να κατέχουν συλλογικά ένα NFT. Τα έξυπνα συμβόλαια διευκολύνουν αυτή τη διαδικασία κλασματοποίησης, καθορίζοντας ρητά τα δικαιώματα ιδιοκτησίας, τις ευθύνες και τα οφέλη που σχετίζονται με κάθε ξεχωριστό κλάσμα του NFT. Η κλασματική ιδιοκτησία επιτρέπει στους επενδυτές να



διαφοροποιούν τα επενδυτικά τους χαρτοφυλάκια με επενδύσεις σε μια σειρά από περιουσιακά στοιχεία υψηλής αξίας, χωρίς να δεσμεύουν ταυτόχρονα σημαντικό ποσό κεφαλαίου σε κάθε ένα από αυτά, ενώ οι επενδυτές μπορούν επίσης να έχουν πρόσβαση σε premium, υψηλής αξίας NFTs που θα ήταν για αυτούς οικονομικά ανέφικτα αν επιχειρούσαν να αγοράσουν κατευθείαν ολόκληρο το NFT. Δίνοντας ακόμα την επιλογή αγοράς ή να πώλησης κλασμάτων NFTs σε δευτερογενείς αγορές αυξάνεται η ρευστότητα και η ευελιξία, σε συνδυασμό με ευνοϊκές επιλογές εξόδου. Η κλασματική ιδιοκτησία ενισχύει την κοινότητα επενδυτών στην ψηφιακή εποχή να λαμβάνουν συλλογικά αποφάσεις σχετικά με ένα NFT, συμπεριλαμβανομένης της πώλησης, του δανεισμού ή της έκθεσης του περιουσιακού στοιχείου / τεκμηρίου.

Αυτή τη στιγμή υπάρχει ένας σεβαστός αριθμός από πλατφόρμες και projects που διευκολύνουν την κλασματική ιδιοκτησία. Η Fractional Art είναι μια πλατφόρμα που ειδικεύεται στη δημιουργία ευκαιριών τέτοιου είδους ιδιοκτησίας για πολύτιμα NFTs. Επιτρέπει στους επενδυτές να αγοράζουν, να εμπορεύονται και να διαχειρίζονται κλάσματα έργων τέχνης υψηλής αξίας σε μορφή NFT. Η Unic.ly είναι μία ακόμη πλατφόρμα που διευκολύνει την κλασματική ιδιοκτησία στα NFTs. Παρέχει μια αγορά (marketplace) όπου οι χρήστες μπορούν εξίσου να αγοράζουν και να διαχειρίζονται κλασματικά ψηφιακά assets. Αξίζει, τέλος, να αναφερθεί η NIFTEX, μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα που ειδικεύεται εξίσου στη δημιουργία, το εμπόριο και τη διαχείριση κλασματικών NFTs. Επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν οι ίδιοι κλάσματα των NFTs που έχουν στην κατοχή τους και να θέτουν τους δικούς τους κανόνες για τη διαπραγμάτευση της αγοραπωλησίας.

Οι συλλογισμοί γύρω από την κλασματική ιδιοκτησία των NFTs συχνά αναφέρονται στο γεγονός ότι αυτό το είδος ιδιοκτησίας μπορεί να αντιμετωπίσει ρυθμιστικό έλεγχο σε διάφορες δικαιοδοσίες, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη συμμόρφωση με τους κάθε φορά τοπικούς νόμους και κανονισμούς. Εξίσου σημαντικό με ένα «πατροπαράδοτο» σύμβολο, οι αγοραστές και επενδυτές πρέπει να έχουν μια καλή εικόνα του συμβολαίου που συνδέεται με το NFT για το οποίο ενδιαφέρονται, καθώς τα smart contracts που υποστηρίζουν την κλασματική ιδιοκτησία, είναι επιρρεπή σε πιθανές προσπάθειες εκμετάλλευσης ή άλλης κακόβουλης ενέργειας που θα μπορούσε να θέσει ρίσκο για τους ίδιους τους επενδυτές ή και ακόμα για την ακεραιότητα της δομής ιδιοκτησίας. Η διασφάλιση αποτελεσματικών διαδικασιών διαχείρισης και λήψης αποφάσεων μεταξύ των

κλασματικών ιδιοκτητών είναι σε κάθε περίπτωση ύψιστης σημασίας για τη διατήρηση μιας παραγωγικής δομής ιδιοκτησίας με καλές πιθανότητες απόδοσης κέρδους.

Παρά τους πιθανούς κινδύνους, αυτό το είδος ιδιοκτησίας NFTs ενδέχεται να εδραιώσει την ύπαρξή του με σημαντικό αντίκτυπο στο μέλλον, ιδιαίτερα λόγω της ενδεχόμενης ενσωμάτωσής του στα πρωτόκολλα DeFi (Decentralized Finance), τα οποία δημιουργήθηκαν με σκοπό να λύσουν τα κύρια προβλήματα που δημιουργήθηκαν με την άνθιση της αποκεντρωμένης, peer-to-peer οικονομίας που εισήγαγαν η τεχνολογία blockchain και τα NFTs. Το οικοσύστημα DeFi έχει ήδη καταφέρει για πρώτη φορά να δημιουργήσει ένα αποκεντρωμένο σύστημα δανεισμού, εκμεταλλευόμενο την ικανότητα των αποκεντρωμένων νομισμάτων να προσφέρουν ασφαλείς συναλλαγές χωρίς την ανάγκη μεσάζοντα (ρόλο που ως τώρα παραδοσιακά κατείχαν οι τράπεζες). Με ένα μεγάλο αριθμό ήδη ενεργών πρωτοκόλλων όπως το AAVE, το yEarn και το Uniswap μεταξύ άλλων, οι χρήστες έχουν την ικανότητα να πάρουν μεγάλο μέρος της διαχείρισης των κρυπτονομισμάτων και των tokens τους υπό τον έλεγχό τους με ενίσχυση της διαφάνειας των οικονομικών τους εγχειρημάτων. Όσο τα πρωτόκολλα DeFi αυξάνουν τη δημοτικότητά τους και τις έρευνες πάνω σε αυτά, τόσο η κλασματική ιδιοκτησία NFTs θα συνεχίσει να ανθίζει και να ανατρέπει τον τρόπο που βλέπουμε ως τώρα το χώρο των επενδύσεων.

## 2.11 Οικονομική ανάλυση των NFTs

Ένας μεγάλος αριθμός από παράγοντες επηρεάζουν την τιμή ενός NFT, τον ρόλο της προσφοράς και της ζήτησης, την κερδοσκοπία της αγοράς (market speculation, δηλαδή τη διαδικασία αγοραπωλησίας χρηματοπιστωτικών μέσων όπως μετοχές, περιουσιακά στοιχεία κ.α.) και τις μελλοντικές προοπτικές της τιμολόγησης των NFTs.

Οι πέντε κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές των NFT ξεκινούν με την αντικειμενική αισθητική αξία, την καλοδολεμένη δηλαδή φύση και τη σπανιότητα ενός NFT, η οποία επηρεάζεται από τη δυσκολία του να βρεθεί / δημιουργηθεί και τη μοναδικότητά του. Οι περιορισμένες εκδόσεις (μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στην πλειονότητα των NFTs), καθώς και οι αποκλειστικές (exclusive) εκδόσεις ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων και τεκμηρίων τείνουν να συνεπάγονται σε υψηλότερες τιμές. Η ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση για ψηφιακή τέχνη και συλλεκτικά αντικείμενα, σε

συνδυασμό με τη φήμη και τη δημοφιλία ενός δημιουργού ή μιας συγκεκριμένης συλλογής από έργα (π.χ. έργα που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο ηλεκτρονικό παιχνίδι, meme ή trend), επηρεάζει επίσης σημαντικά τις τιμές των NFTs. Οι διασημότητες (celebrities) που εισέρχονται στον χώρο των NFTs, ακολουθούμενοι πολύ συχνά από τον μεγάλο αριθμό θαυμαστών τους, αποτελούν άλλο ένα σημαντικό παράγοντα. Οι τιμές πώλησης παρόμοιων / συναφών NFT στο παρελθόν χρησιμεύουν ως σημείο αναφοράς για τους πιθανούς αγοραστές, επηρεάζοντας την προθυμία τους να πληρώσουν ένα δυνητικά μικρότερο ή μεγαλύτερο χρηματικό ποσό για ένα συγκεκριμένο NFT. Συνημμένη σε αυτό τον παράγοντα θεωρείται και η αξία του ιστορικού ιδιοκτητητών ενός NFT σε συνδυασμό με το ιστορικό των δημοπρασιών του, ιδιαίτερα αν έχει συμμετάσχει στο παρελθόν σε κάποια διακεκριμένη διαδικασία δημοπρασίας. Τα NFTs με ενσωματωμένη κάποια επιπλέον χρησιμότητα, όπως παροχή πρόσβασης σε ειδικό περιεχόμενο ή ψηφιακούς / εικονικούς χώρους, ή ακόμα και χρήση σε περισσότερες από μία πλατφόρμες μπορούν επίσης να αποφέρουν υψηλότερες τιμές λόγω της προστιθέμενης αξίας που παρέχουν με τις λειτουργίες αυτές.

Αναφορικά με τη δυναμική και τις τάσεις της αγοράς στα NFTs, πιθανώς λόγω της νεότητάς τους στο χώρο των επενδύσεων, μπορεί να παρατηρηθεί συχνά μια αστάθεια και ακραία διακύμανση τιμών, συχνά υποβοηθούμενες από αγορές λόγω FOMO (Fear of Missing Out) που προκαλούνται όταν οι αγοραστές προχωρούν σε κτήση NFTs χωρίς επαρκείς πληροφορίες για το επίπεδο ρίσκου της κερδοφορίας της εκάστοτε επένδυσης, αλλά και λόγω της φύσης των επενδύσεων σχετικών με τα NFT οι οποίες χαρακτηρίζονται από την επί το πλείστον «θεωρητική» αξία ενός έργου (τη δημοφιλία του σε συνδυασμό με την αισθητική του και την αναμενόμενη μελλοντική αξία) και τη φύση αυτών των επενδύσεων να είναι κάποιες φορές μη-ρευστοποιήσιμες, δηλαδή να μην είναι εύκολο ή δυνατόν να πωληθούν ή να ανταλλαχθούν άμεσα για την αντίστοιχη αξία σε μετρητά, ειδικά χωρίς κάποια ζημία επί του αντιτίμου σε μετρητά σε αντιστοιχία με τη «θεωρητική» αξία της μετοχής / του περιουσιακού στοιχείου. Στο αντίθετο άκρο, επιδεικνύοντας σταθερότητα και ταχεία εξέλιξη, τα NFTs ενσωματώνονται όλο και περισσότερο στις βιομηχανίες τέχνης και ψυχαγωγίας. Αυτή η ενσωμάτωση επηρεάζει εξίσου τις τάσεις, καθώς όλο και περισσότεροι καλλιτέχνες, μουσικοί και δημιουργοί προχωρούν στη δημιουργία των έργων τους σε μορφή token. Προχωρώντας στα NFTs που σχετίζονται με ψηφιακά ακίνητα εντός metaverse πλατφορμών όπως η «Decentraland» και η «The Sandbox», φαίνεται να

κερδίζουν επίσης πολύτιμο έδαφος. Η ανάπτυξη του metaverse επηρεάζει άμεσα τη ζήτηση για αυτά τα NFTs και επομένως και τις τιμές τους.

Η πρώτη πρόκληση στο πλαίσιο της αγοράς NFTs προέρχεται από αυτή τη μεταβλητότητα και την ασταθή συμπεριφορά των τιμών της, που συχνά αποτελεί ανησυχία για τους επενδυτές. Η αστάθεια και η μεταβλητότητα των τιμών απορρέει ως ένα σημείο και από την έλλειψη εγγενούς / αυτοτελής αξίας καθώς τα NFTs δεν είναι επί της ουσίας υλικά αγαθά. Η υπερπροσφορά NFTs, ιδίως χαμηλής ποιότητας ή / και αντεγραμμένου περιεχομένου, μπορεί εξίσου να αποδυναμώσει την αγορά και να επηρεάσει αρνητικά τις τιμές. Η μόνιμη απειλή κακόβουλων ενεργειών όπως επιθέσεις στον κυβερνοχώρο (cyberattacks) και γενικότερα προσπάθειες hacking μπορούν εύκολα να προκαλέσουν ανησυχία, ενώ και το εξελισσόμενο ρυθμιστικό τοπίο και η έλλειψη ρητών λύσεων και ειδικευμένου νομοθετικού πλαισίου μπορεί να επηρεάσει τη δυναμική της αγοράς και τις τιμές, καθώς οι απαιτήσεις για τη νομική συμμόρφωση ενδέχεται να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου.

Το μέλλον της αγοράς φαντάζει σίγουρο, αν και το ποσοστό ευρείας αποδοχής δε μπορεί να υπολογιστεί ακόμα. Η αυξανόμενη υιοθέτηση των NFTs από τη βιομηχανία ηλεκτρονικών παιχνιδιών, που επιτρέπει την ιδιοκτησία τεκμηρίων εντός ενός παιχνιδιού αναμένεται να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα αύξησης της ζήτησης και της εκτίμησης των τιμών των NFTs. Η ανάπτυξη του metaverse και η δυνατότητα κατοχής ψηφιακών / εικονικών ακινήτων και περιουσιακών στοιχείων σε αυτό αναμένεται εξίσου να διαδραματίσει ζωτικό ρόλο στην εξέλιξη της οικονομίας των NFTs. Θετική επήρεια στο εξελισσόμενο αυτό τοπίο θα έχουν και οι βελτιώσεις στην τεχνολογία blockchain, η εδραίωση της διαλειτουργικότητας μεταξύ τους πάνω σε διαφορετικές πλατφόρμες και οι λύσεις περιβαλλοντικής βιωσιμότητας (όπως η υιοθέτηση του PoS – Proof of Stake). Παράλληλα, επί του παρόντος, η υιοθέτηση διαφοροποιημένου χαρτοφυλακίου επενδύσεων, όπου δηλαδή έχουν επιλεχθεί επενδύσεις διαφορετικών ειδών, καλλιτεχνών και πλατφορμών, σε συνδυασμό με εκτενή έρευνα επί των metadata και του ιστορικού ενός NFT αλλά και της οριοθέτησης ξεκάθαρων στρατηγικών εισόδου και εξόδου σε συνδυασμό με stop-losses (όπου μία τιμή, συνήθως λίγο πιο χαμηλή από την τρέχουσα τιμή της μετοχής, καθορίζεται, και στην περίπτωση που η μετοχή φτάσει σε αυτήν πωλείται μέσω μιας αυτόματης εντολής με το καινούριο ποσό, με τελικό σκοπό να αποφευχθούν

περαιτέρω απώλειες του αρχικού ποσού επένδυσης) αποτελούν εργαλείο για έναν επενδυτή της σύγχρονης ψηφιακής εποχής.

## **2.12 Πού εντοπίζεται η παρουσία των NFTs – οι κυριότερες πλατφόρμες αγοραπωλησίας**

Τα Non-Fungible Tokens (NFTs) έχουν πλέον δημιουργήσει νέες πύλες για κοινωνική αλληλεπίδραση και συνεργασία μεταξύ χρηστών. Πλατφόρμες όπως η OpenSea, η Rarible και η Foundation επιτρέπουν σε καλλιτέχνες, συλλέκτες αλλά και σε απλούς χρήστες να εκθέτουν, να αγοράζουν, να πωλούν και να ανταλλάσσουν μεταξύ τους NFTs. Παράλληλα με τις «επίσημες» αγορές (marketplaces), πολλά έργα και κοινότητες σχετικά με τα NFT διαθέτουν αφιερωμένα κανάλια στις εφαρμογές κοινωνικής δικτύωσης Discord και Telegram, οι οποίες επιτρέπουν αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας την ενεργή συμμετοχή των μελών της κοινότητας. Με τον ίδιο τρόπο χρησιμοποιείται και το Reddit, το οποίο δε βασίζεται στην ιδέα του instant messaging (δηλαδή της άμεσης ανταλλαγής μηνυμάτων) μεν, επιτρέπει μακροπρόθεσμα στους χρήστες να μοιράζονται ιδέες, εμπειρίες και γνώσεις σχετικές με τα NFTs δε.

Η παρουσία των NFT δε σταματάει εκεί, καθώς πλατφόρμες όπως το Twitter χρησιμοποιούνται ευρέως από καλλιτέχνες, συλλέκτες και διαφόρων ειδών projects για να μοιράζονται τη δουλειά τους, να ανακοινώνουν καινούριες κυκλοφορίες και να επικοινωνούν άμεσα με το κοινό τους, ενώ πλατφόρμες όπως το Instagram και το TikTok χρησιμοποιούνται εξίσου για την παρουσίαση έργων και δημιουργιών αλλά και υλικού πίσω-από-τα-παρασκήνια. Ακόμα και πλατφόρμες ηχητικού υλικού, όπως το Clubhouse, φιλοξενούν συζητήσεις, πάνελ και συναντήσεις / συνεδρίες AMA (Ask Me Anything) σχετικές με τα NFT, παρέχοντας ένα είδος διαδραστικής εμπειρίας επικοινωνίας για ειδικούς και λάτρεις αυτού του είδους έργων.

Συνέδρια όπως το NFT NYC και το NFT Basel «μετέφεραν» ουσιαστικά τα NFTs και στον πραγματικό κόσμο, παρέχοντας σε καλλιτέχνες και επενδυτές ευκαιρίες για δικτύωση, ανταλλαγή γνώσεων και παρουσίαση των τελευταίων τάσεων στο χώρο. Τα διαδικτυακά σεμινάρια (webinars) και οι εικονικές συναντήσεις (virtual gatherings) είναι εξίσου

δημοφιλή, καθώς διευκολύνουν τη συμμετοχή ενός ακόμα μεγαλύτερου παγκόσμιου κοινού.

Με τη διευκόλυνση που προσφέρουν οι παραπάνω δίοδοι, πολλοί καλλιτέχνες συχνά συνεργάζονται στην κυκλοφορία NFT drops, ολοκληρωμένων δηλαδή συλλογών από τεκμήρια σε μορφή NFT, συνδυάζοντας έτσι τη δημιουργικότητα και την απήχυσή τους για να προσεγγίσουν ένα ευρύτερο κοινό και να δημιουργήσουν καινούρια είδη συλλογών. Η πιο εξελιγμένη μορφή αυτών των συνεργασιών κατά κάποιο τρόπο είναι οι DAOs (Decentralized Autonomous Organizations ή Αποκεντρωμένοι Αυτόνομοι Οργανισμοί), ομάδες ατόμων όπου οι αποφάσεις σχετικά με ένα συγκεκριμένο project, μια επένδυση ή την επιμέλεια ενός έργου / μιας συλλογής λαμβάνονται συλλογικά από τα μέλη της κοινότητας. Αυτό το καινοτόμο, αποκεντρωμένο μοντέλο λήψης αποφάσεων ευνοεί τη συνεργασία μεταξύ ενός μεγάλου αριθμού χρηστών. Επιπρόσθετα παρατηρούνται πλέον και συνεργασίες κοινοτήτων σχετικών με τα NFTs που προέρχονται από ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών πλατφορμών, κάτι που επιτρέπει την ευρεία διασταύρωση ιδεών, γνώσεων και δημιουργικότητας.

Οι καινούριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία των χρηστών με ενδιαφέρον για τα NFT, ως απόρροια των καινούριων αναγκών, περιλαμβάνουν ακόμα και εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες, εργαστήρια - workshops και προγράμματα συμβουλευτικής καθοδήγησης (mentorship programs) για να βοηθήσουν άτομα καινούρια στο χώρο να κατανοήσουν τις ιδιαιτερότητές του και να αναπτύξουν τις σχετικές τους δεξιότητες μέσα από συζήτηση και αλληλεπίδραση με αυθεντίες.

Τέτοιες προσπάθειες είναι ουσιώδους σημασίας για τη διασφάλιση μιας κοινότητας με υψηλό ποσοστό συμμετοχής και ποικιλομορφία συμμετεχόντων, διασφαλίζοντας έτσι την προώθηση της καινοτομίας μέσω ενός ευρέως φάσματος διαφορετικών οπτικών γωνιών. Η αποτελεσματική αντιμετώπιση της κακόβουλης / τοξικής συμπεριφοράς εντός των κοινοτήτων είναι μια ανερχόμενη πρόκληση για τη δημιουργία ενός φιλόξενου περιβάλλοντος για όλους τους συμμετέχοντες.

Κάνοντας χρήση της γνώσης των παραπάνω, αξίζει να αναλυθούν ρητά οι πλατφόρμες στο κέντρο όλων των παραπάνω τρόπων ενασχόλησης με την αγοραπωλησία NFTs OpenSea, Rarible και Foundation που θεωρούνται οι κυριότερες στο χώρο των αγοραπωλησιών.

Η OpenSea είναι η πιο ευρέως αναγνωρισμένη αγορά NFT ανάμεσα στους χρήστες του διαδικτύου. Σε αυτήν λαμβάνει χώρα η αγορά, η πώληση και η διαπραγμάτευση NFTs όχι μόνο σε εξαιρετικά μεγάλους αριθμούς αλλά και σε μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ειδών. Καθώς υποστηρίζει NFTs «χτισμένα» σε διάφορα δίκτυα blockchain, συμπεριλαμβανομένων των Ethereum, Polygon και Klaytn, αποτελεί πλέον σημαντικό σταθμό για όποιον αναζητεί ψηφιακή τέχνη, συλλεκτικά αντικείμενα και ψηφιακά ακίνητα μεταξύ άλλων. Στην αναζήτησή τους οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιούν τα ενσωματωμένα εργαλεία αναζήτησης, έχοντας έτσι την ευκαιρία να βρίσκουν NFTs βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων όπως ο καλλιτέχνης, η κατηγορία και το επίπεδο σπανιότητας. Το OpenSea επιτρέπει στους δημιουργούς να κάνουν χρήση προσαρμοζόμενων έξυπνων συμβολαίων στα NFTs τους, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα απευθείας σύνδεσης με ένα ψηφιακό πορτοφόλι όπως το MetaMask, καθιστώντας συνολικά πιο εύκολη τη διαχείριση και την αγοραπωλησία.

Η Rarible αποτελεί μια επίσης αρκετά γνωστή αγορά αλλά και πλατφόρμα για τη δημιουργία και την κοπή NFTs. Επιτρέπει σε καλλιτέχνες και δημιουργούς να προχωρούν στην κοπή των NFTs τους παρέχοντας εργαλεία για τη δημιουργία και την έκδοση ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων, ενώ ταυτόχρονα είναι και το σημαντικότερο παράδειγμα διακυβέρνησης μέσω DAO (αποκεντρωμένου αυτόνομου οργανισμού), δηλαδή οι αποφάσεις γίνονται με γνώμονα την άποψη της κοινότητας, επιτρέποντας στους χρήστες να συμμετέχουν ενεργά στη λήψη σημαντικών για την πλατφόρμα αποφάσεων. Μάλιστα, όσο οι χρήστες συμμετέχουν λαμβάνουν περισσότερα governance tokens τα οποία αντιστοιχούν σε δυνατότητα ψήφου (όσο περισσότερα tokens έχει κάποιος στην κατοχή του, τόσο περισσότερο κατευθύνει η άποψή του την τελική απόφαση) κάτι που ονομάζεται NFT Farming και βασίζεται στη λογική των NFTs σε συνδυασμό με τα πρωτόκολλα DeFi – κάνει δυνατή την οικονομική εκμετάλλευση των NFTs μέσω μεταξύ άλλων δανεισμών και staking (όπου το token «κλειδώνεται» μέσω ενός έξυπνου συμβολαίου για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα με τρόπο παρόμοιου ενός συμβατικού λογαριασμού καταθέσεων). Αξίζει να αναφερθεί πως επιτρέπει στους δημιουργούς οικονομικά δικαιώματα επί δευτερογενών πωλήσεων αλλά και κλασματική ιδιοκτησία

Η Foundation εξειδικεύεται ως πλατφόρμα στη δημιουργία και τη δημοπράτηση ψηφιακής τέχνης και συλλεκτικών αντικειμένων. Έχει σχεδιαστεί για την υποστήριξη καλλιτεχνών και δημιουργών, προσφέροντάς τους εργαλεία για την κοπή και τη δημοπράτηση των ψηφιακών έργων τους σε μορφή NFT. Οι δημιουργοί έχουν ακόμα τη δυνατότητα να συμπεριλάβουν unlockable content στις δημιουργίες τους προσφέροντας επιπρόσθετη αξία, ενώ μέσω collective drops οι καλλιτέχνες μπορούν να συνεργάζονται σε έργα και να μοιράζονται τα έσοδα.

Τα NFTs και οι συζητήσεις γύρω από αυτά βρίσκονται παντού στο διαδίκτυο, είτε ως ευκαιρίες επένδυσης και κερδοφορίας, είτε ως οπτικοακουστικό περιεχόμενο και θέμα συζήτησης. Το σίγουρο είναι ότι οι κοινότητες του χώρου των NFT διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη και τη δημοφιλία τους και το πιθανότερο είναι ότι στο κοντινό μέλλον θα δούμε ακόμα περισσότερες δυνατότητες και εφαρμογές NFTs με καινούρια εντυπωσιακά αποτελέσματα.



## **Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα – Ευρήματα /**

### **Επιτεύγματα**

#### **3.1 Η μεθοδολογία και η υλοποίηση της παρούσας εργασίας**

Η συγγραφή της παρούσας εργασίας αποτελεί ένα κυρίως θεωρητικό και επεξηγηματικό έργο το οποίο αφορά φυσικά τη μορφή, την τεχνολογία και την οικονομία των NFTs, την κοινωνικοπολιτιστική τους σημασία, και την παρουσία τους στο σύγχρονο διαδικτυακό χώρο.

Τα NFTs, και η τεχνολογία γενικότερα, αποτελούν έναν αναμφίβολα «ζωντανό» οργανισμό, πληροφορίες για τον οποίο παράγονται με αστραπιαία ταχύτητα. Αυτό οδηγεί στην ανάγκη για αναδρομή στην υπάρχουσα βιβλιογραφία αλλά και την ενεργή έρευνα στις τρέχουσες πλατφόρμες αγοραπωλησίας και αλληλεπίδρασης, με τελικό στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Κατά το διάστημα της έρευνας αυτής, το οποίο διήρκεσε προσεγγιστικά έξι μήνες, παρατηρήθηκαν οι κυριότερες πλατφόρμες, ιδιαίτερα όσον αφορά τις τρέχουσες συνθήκες στην αγορά, έγινε αναδρομή στην τρέχουσα βιβλιογραφία, μια διαδικασία που επαναλήφθηκε συνολικά τρεις φορές έτσι ώστε να υπάρχει ένα διάστημα περίπου δύο μηνών ανάμεσα στις υπό μελέτη έρευνες, κάτι που επέτρεψε σε αυτή την εργασία να υλοποιηθεί με πληροφορίες που έχουν πλέον «παγιωθεί» αλλά και παράλληλα να λάβει υπόψιν τις όσο γίνεται πιο τρέχουσες καινοτομίες, ειδικότερα όσον αφορά των κύριων τομέων όπως η τεχνολογία του κλάδου· τέθηκε, κλείνοντας, ο όρος «NFT» ως θέμα συζήτησης με άτομα τα οποία χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες - άτομα που έχουν συμμετάσχει ενεργά στην αγοραπωλησία ή ανταλλαγή NFTs, άτομα τα οποία έχουν γνώση της διαδικασίας και των εξελίξεων χωρίς να έχουν προχωρήσει τα ίδια σε ενεργή

συμμετοχή και, τέλος, άτομα τα οποία είτε δεν έχουν γνώση επί του αντικειμένου είτε γνωρίζουν μόνο την αφηρημένη έννοια του όρου χωρίς περαιτέρω λεπτομέρειες. Τα συμπεράσματα από αυτές τις συζητήσεις αποτέλεσαν έμπνευση για τις αποφάσεις που πάρθηκαν εν τέλει για τη διάρθρωση της εργασίας και τα θέματα που αναλύθηκαν σε αυτήν.

Φυσικά, το παρόν δε μπορεί να προσφέρει παρά μία οπτική γωνία σε έναν ταχύτατα εξελισσόμενο κλάδο, για τον οποίο καινούριες πληροφορίες δημιουργούνται σε σχεδόν καθημερινή βάση. Είναι σίγουρα άξιο αναφοράς πως ο κλάδος των NFT θεωρείται ακόμα καινούριος και είναι δύσκολο να διακριθεί από τώρα η κατάστασή του σε μια δεκαετία ή περισσότερο από τώρα. Το σίγουρο είναι ότι θα συνεχίσει να αποτελεί ένα αρκετά ενδιαφέρον ερευνητικό θέμα διεπιστημονικής φύσης.

### **3.2 Κυριότερα ευρήματα/ αποτελέσματα σε σύγκριση με τον τελικό στόχο της εργασίας**

Ο στόχος της εργασίας αφορούσε εξ αρχής την ανάλυση ενός καινούριου κλάδου τεχνολογίας με τρόπο που θα επέτρεπε σε έναν αναγνώστη να καταλάβει τα κύρια σημεία που καθορίζουν τα NFTs όπως η τεχνολογία που τα υποστηρίζει πρακτικά, το κοινωνικό, οικονομικό και πολιτιστικό ως τώρα αντίκτυπο αλλά και πιθανά τρωτά σημεία και σημαντικές καινοτομίες που έχουν υλοποιηθεί ή αναμένονται.

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που εν τέλει ακολουθήθηκε αναλύθηκαν τα κύρια σημεία του κλάδου και έγινε μια σύντομη αναδρομή στις καινοτομίες που ερευνούνται τη στιγμή συγγραφής του παρόντος. Το προσδοκώμενο αποτέλεσμα είναι ένας αναγνώστης που έχει λίγη ή καθόλου γνώση σχετικά με τα NFT πριν την ανάγνωση να έχει ένα καλό επίπεδο κατανόησης του κλάδου κατόπιν αυτής, ενώ ταυτόχρονα με αυτόν τον τρόπο θα εμπλουτιστεί και η βιβλιογραφία επί του θέματος στην ελληνική γλώσσα.

## **Κεφάλαιο 4. Συζήτηση – Συμπεράσματα – Μελλοντικές επεκτάσεις**

Τα Non-Fungible Tokens (NFTs) έχουν μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε και αλληλεπιδρούμε με την ιδιοκτησία και τον ψηφιακό κόσμο, με τρόπο που μένει να αντιληφθούμε πλήρως μέσα στα επόμενα χρόνια. Μέσα από τη διαδικασία ανάπτυξης της τεχνολογίας, ιδιαίτερα για την λύση καίριων ζητημάτων και τη δημιουργία καινούριων εμπειριών, ο άνθρωπος έχει φτάσει πολύ μακριά από τις προαναφερθέντες στην εισαγωγή «μπούλες» της αρχαίας Σουμερίας μέχρι την αποδείξιμη ιδιοκτησία ψηφιακής γης στον αποκλειστικά ψηφιακό κόσμο του Metaverse, και το μόνο σίγουρο είναι ότι μένει να δούμε τους εντυπωσιακούς τρόπους με τους οποίους θα καθιερώνεται η ιδιοκτησία στο μέλλον.

### **4.1 Ανακεφαλαίωση**

Στην παρούσα εργασία παρατέθηκε αρχικά στο πρώτο κεφάλαιο η εξήγηση των σημαντικότερων όρων που σχετίζονται με τα NFTs και αναλύθηκαν οι λόγοι για τους οποίους αξίζει κάποιος να αποκτήσει γνώση για αυτά.

Το δεύτερο κεφάλαιο ασχολήθηκε αρχικά με την περιγραφή των ίδιων των NFT και των πιο σημαντικών για την εξέλιξή τους τομέων σε συνδυασμό με ένα βασικό χρονοδιάγραμμα των πιο σημαντικών καινοτομιών. Ύστερα αναλύθηκε η σημασία και η εφαρμογή τους στη σημερινή εποχή ενώ ιδιαίτερη σημασία δώθηκε στην ανάλυση της τεχνολογίας πίσω από αυτά, καθώς και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των λύσεων που ερευνούνται και εφαρμόζονται ήδη. Κατά τα τέλη του δεύτερου κεφαλαίου παρουσιάστηκαν τα διαφορετικά είδη NFT ενώ έγινε αναφορά και στην πνευματική ιδιοκτησία σε σχέση με αυτά· έγινε επίσης μια πλέον λεπτομερής αναφορά στην ιστορία τους και τα ορόσημα αυτής. Το δεύτερο κεφάλαιο έκλεισε με την απαραίτητη αναφορά στην οικονομία και τις ευκαιρίες επενδύσεων αλλά και τις προκλήσεις στον κλάδο, στις πλατφόρμες αλληλεπίδρασης αλλά, φυσικά, και στις μείζονες πλατφόρμες αγοραπωλησίας NFTs και τα βασικά χαρακτηριστικά αυτών.

## 4.2 Τι επιφυλάσσει το κοντινό μέλλον για τα NFTs

Είναι σε αυτό το σημείο συνετό να αναφερθούν οι πιθανές εξελίξεις που αναμένεται να δούμε μέσα στα επόμενα χρόνια για τα NFTs, τα οποία καθορίζονται από τη διεπιστημονική και ρευστή φύση τους.

Όσον αφορά την τεχνολογία στην οποία βασίζονται, τα NFTs υπολογίζεται πως θα γίνουν ολο και περισσότερο συμβατά με περισσότερες από μία πλατφόρμες blockchain μέσω της ανάπτυξης και υιοθέτησης τυποποιημένων πρωτοκόλλων (standardization protocols) λειτουργίας, προωθώντας τη διαλειτουργικότητα και την πρόσβαση σε ένα ευρύτερο κοινό. Ταυτόχρονα, η ενσωμάτωση λύσεων αυτοκυριαρχικής ταυτότητας (Self-Sovereign Identity ή SSI), η οποία ουσιαστικά βασίζεται στα NFTs και την ικανότητά τους να περιέχουν πληροφορία και ταυτόχρονα να ελέγχεται η πρόσβαση σε αυτήν από εξωτερικούς παράγοντες / χρήστες, θα ενισχύσει την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα, επιτρέποντας στα φυσικά πρόσωπα να έχουν καλύτερο έλεγχο των προσωπικών τους πληροφοριών και να χρησιμοποιούν τα NFTs τους για την επαλήθευση και την αυθεντικοποίηση περιουσιακών στοιχείων και τεκμηρίων, αποδεικνύοντας με απλό τρόπο την τρέχουσα κατοχή / κυριότητα και το ιστορικό της προέλευσης, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο παραποιημένου περιεχομένου ή αγαθών.

Σε σχέση με την αγορά ψηφιακής ακίνητης περιουσίας αλλά και εικονικών εκθέσεων και γκαλερί τέχνης, οι δυνατότητες φαντάζουν λαμπρές, καθώς αφενός το metaverse επιτρέπει άμεσα την κτήση και την κερδοφορία από ψηφιακά αγροτεμάχια, αφετέρου, μέσω των NFTs μπορούν να πραγματοποιηθούν υψηλής ποιότητας εικονικές εκθέσεις που μπορούν να αλλάξουν ριζικά τον τρόπο που βλέπουμε αυτή τη στιγμή την παρουσίαση έργων τέχνης.

Από τη μεριά των οικονομικών, η δυνατότητα δανειοληψίας υποβοηθούμενης από NFT μπορεί να αλλάξει ριζικά τον τρόπο που προσεγγίζουμε αυτή τη στιγμή τέτοιες διαδικασίες, καθώς ένα τρέχον ζήτημα που αντιμετωπίζουν τα NFTs αφορά την ως ένα σημείο μη-ρευστότητά τους, κάτι που με αυτό το καινούριο είδος δανειοληπτικής ικανότητας θα παρακαμφθεί και στη θέση του θα χρησιμοποιείται η τεχνολογία του blockchain που θα ερευνά την εγγύηση σε επενδύσεις και κρυπτονομίσματα που θέτει ο ενδιαφερόμενος χρήστης. Η ιδιότητα αυτή αναμένεται να μπορεί να εφαρμοστεί και σε κλασματική

ιδιοκτησία, όπου το ποσοστό ιδιοκτησίας ενός NFT υψηλής αξίας θα λαμβάνεται υπόψη ως εγγύηση σύμφωνα με τα πρωτόκολλα DeFi.

Οι πλατφόρμες και οι άνθρωποι πίσω από τα NFT ήδη στρέφονται προς φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις blockchain, όπως για παράδειγμα καινούρια πρωτόκολλα, βελτιστοποιημένο κώδικα και τον πολύ ενδιαφέροντα όρο «carbon-neutral operations» που μεταφράζεται σε «δραστηριότητες με ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα» και εμπεριέχει πρακτικές που θα επιτρέψουν την «ουδετεροποίηση» του παραγόμενου αποτυπώματος άνθρακα μειώνοντας τις εκπομπές και συμμετέχοντας παράλληλα σε προσπάθειες όπως η αναδάσωση. Πρωτοβουλίες υλοποιούνται επίσης για την καλύτερη ενημέρωση του κοινού, συμπεριλαμβανομένης της πιθανής στο μέλλον εμφάνισης του αποτυπώματος άνθρακα ενός NFT διαθέσιμο προς αγορά στην περιγραφή του. Οι προσπάθειες βιωσιμότητας του κλάδου αν μη τι άλλο θα μας απασχολήσουν αρκετά στο μέλλον.

Αναφορικά με το είδος περιεχομένου και την εμφάνιση των NFTs προς τους χρήστες, αναμένεται να γίνουν πιο διαδραστικά, με τροφοδοσία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (real-time data feed) που θα επιτρέπει ενημερώσεις για τις καιρικές συνθήκες ή άλλο δυναμικό περιεχόμενο, προσφέροντας μια πιο ολοκληρωμένη συνολική εμπειρία.

Αναμένεται επίσης ένα ευρύ φάσμα υιοθέτησης καινούριων τεχνολογιών στα ίδια τα NFT αλλά και η υιοθέτηση αυτών από έναν ακόμα μεγαλύτερο αριθμό υπάρχοντων κλάδων. Για αρχή, θα συνεχίσουν να ενσωματώνονται στα ηλεκτρονικά παιχνίδια, επιτρέποντας στους παίκτες / gamers να κατέχουν και να ανταλλάσσουν τεκμήρια διαφόρων ειδών όπως διακοσμητικά (π.χ. skins) ή αντικείμενα / εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσα στο παιχνίδι σε ένα μεγάλο αριθμό από games και πλατφόρμες. Σε ακόμα πιο προχωρημένο επίπεδο, οι παίκτες θα μπορούν να κερδίζουν NFTs και κρυπτονομίσματα συμμετέχοντας σε παιχνίδια με το μοντέλο play-to-earn, δημιουργώντας ευκαιρίες κερδοφορίας για ένα δυνητικά μεγάλο κοινό. Στα NFTs ξεκινούν πλέον να ενσωματώνονται πιο διαδεδομένα και άλλες υπάρχουσες και εξελισσόμενες τεχνολογίες - ακρωνύμια όπως η επαυξημένη πραγματικότητα (augmented reality ή AR), η εικονική πραγματικότητα (virtual reality ή VR), η τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence ή AI) και το ίντερνετ των πραγμάτων (Internet of Things ή IoT), κάτι το οποίο σε συνδυασμό με τις αναβαθμίσεις σε εξοπλισμό (hardware) και λογισμικό (software) θα διαμορφώσουν το μέλλον των NFTs. Τα AR NFTs θα επιτρέψουν

εφαρμογές όπως οι εικονικές δοκιμές (Virtual Try-Ons) όπου οι καταναλωτές-χρήστες θα μπορούν να δοκιμάσουν με ψηφιακό τρόπο «πραγματικά» είδη μόδας και αξεσουάρ ή ακόμη και να δουν πώς ένα έργο τέχνης θα φαντάζει στο χώρο τους πριν προβούν σε αγορά. Παράλληλα, ένα βήμα πιο μακριά, τα NFTs μπορούν να αντιπροσωπεύουν ακίνητη περιουσία μέσα σε περιβάλλον εξολοκλήρου VR ενώ στα ίδια περιβάλλοντα μπορούν να βρεθούν πλήρως ψηφιακές εκθέσεις τέχνης, παρέχοντας καινούριες ευκαιρίες για ψυχαγωγία και κερδοφορία. Η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στη δημιουργία generative art NFTs (δηλαδή γενεσιουργικής τέχνης, που σημαίνει ότι αυτή έχει δημιουργηθεί βασισμένη σε αλγόριθμο και αποθηκεύεται κατευθείαν σε μορφή NFT) θα γίνει πιο διαδεδομένη, ενώ αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης θα βοηθήσουν στην επιμέλεια των συλλογών NFT προς αγορά, συνδυάζοντας τους αγοραστές με τα NFTs που ταιριάζουν στις προτιμήσεις τους. Οι συσκευές IoT μπορούν να εντοπίζουν και να αναγνωρίζουν περιουσιακά στοιχεία και τεκμήρια σε πραγματικό χρόνο, με τα παραγόμενα δεδομένα να μπορούν να μετατραπούν σε tokens ως NFTs, δημιουργώντας έτσι έναν εντελώς καινούριο τρόπο καθιέρωσης της ιδιοκτησίας και του ιστορικού της σε αντικείμενα στον πραγματικό κόσμο. Σε μεγαλύτερη κλίμακα, τα NFTs μέσω συσκευών IoT βρίσκουν μια θέση και στις εφοδιαστικές αλυσίδες (supply chain), παρέχοντας διαφάνεια και εντοπισιμότητα για τα προϊόντα, δίνοντας έτσι λύση σε πρακτικά θέματα σωστής αποθήκευσης και ανατροφοδότησης ειδών, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό σε κλάδους όπως τα φαρμακευτικά προϊόντα και τα είδη πολυτελείας. Παρόλο που κάθε παράδειγμα δόθηκε για κάθε τεχνολογία ξεχωριστά, είναι πολύ πιθανό ότι θα δούμε πολλά διαφορετικά παραδείγματα στο μέλλον όπου πολλά από τα παραπάνω είδη τεχνολογίας θα χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα μεταξύ τους και με άλλες τεχνολογίες για τη δημιουργία εντελώς νέων ειδών εμπειριών, όπως μια έκθεση έργων τέχνης generative art η οποία πηγάζει στο metaverse και θα εκθέτεται τοποθετώντας τα έργα εικονικά στο χώρο του χρήστη μέσω της τεχνολογίας AR.

### **4.3 Αξιοποίηση / Πρακτικές προεκτάσεις της έρευνας**

Κατόπιν της ανάγνωσης της παρούσας εργασίας ένας αναγνώστης θα μπορεί να συμμετέχει με μεγαλύτερη ελευθερία σε μια διαδικασία αγοραπωλησίας της επιλογής του, ενώ θα έχει τις βασικές γνώσεις για την πρόσβαση και μετέπειτα αποθήκευση των NFTs του. Θα μπορεί ακόμα να αναγνωρίσει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μίας πλατφόρμας, ενός τεκμηρίου ή ακόμα και των έξυπνων συμβολαίων που αυτό εμπεριέχει, ενώ θα γνωρίζει και

τις δυνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον που μπορούν να προκαλέσουν οι ενέργειές του καθώς και τα νομικά του δικαιώματα καθ'όλη τη διαδικασία.

Η έρευνα αυτή μπορεί να αποτελέσει βάση για την ύστερη έρευνα ενός ή περισσότερων θεμάτων που αναλύθηκαν παραπάνω, με σκοπό πάντα τον εμπλουτισμό της βιβλιογραφίας και της γνώσης που έχουμε για τον κλάδο των NFTs.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ceruzzi, P. E. (2003). *A history of modern computing*. MIT press.

DeVon C. (2023, March 30). *An NFT collector accidentally destroyed a \$129,000 CryptoPunk: 'This is truly a devastating mistake for me'*. CNBC LLC. <https://www.cnbc.com/2023/03/30/nft-collector-accidentally-destroyed-a-129k-cryptopunk.html>

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. Decentralized business review, 21260.

Postgate, N. (2017). *Early Mesopotamia: society and economy at the dawn of history*. Taylor & Francis.

Toth, N., & Schick, K. (2018). *An overview of the cognitive implications of the Oldowan Industrial Complex*. *Azania: Archaeological Research in Africa*, 53(1), 3-39.

Wang, Q., Li, R., Wang, Q., & Chen, S. (2021). *Non-fungible token (NFT): Overview, evaluation, opportunities and challenges*. arXiv preprint arXiv:2105.07447.



## Πρόσθετη Βιβλιογραφία

Abrol A. (2023, September 27). *DeFi Protocols: A Complete Overview [UPDATED]*. Blockchain Council. <https://www.blockchain-council.org/defi/defi-protocols/#:~:text=DeFi%20protocols%20are%20specialized%20autonomous,access%20to%20a%20bank%20account>.

Aizenman, S. (2022). The Art World of Digital Assets: How Non-Fungible Tokens Create a Loophole in Anti-Money Laundering Regulations. *Cardozo L. Rev.*, 44, 1179.

Ante, L. (2022). *The non-fungible token (NFT) market and its relationship with Bitcoin and Ethereum*. *FinTech*, 1(3), 216-224.

Arcenegui, J., Arjona, R., Román, R., & Baturone, I. (2021). Secure combination of IoT and blockchain by physically binding IoT devices to smart non-fungible tokens using PUFs. *Sensors*, 21(9), 3119.

Arcenegui, J., Arjona, R., & Baturone, I. (2020). Secure management of IoT devices based on blockchain non-fungible tokens and physical unclonable functions. In *Applied Cryptography and Network Security Workshops: ACNS 2020 Satellite Workshops, AIBlock, AIHWS, AIoTS, Cloud S&P, SCI, SecMT, and SiMLA, Rome, Italy, October 19–22, 2020, Proceedings 18* (pp. 24-40). Springer International Publishing.

Ardavanis, T. (2022). Membership NFTs: blockchain technology, opportunities, and implementation of utility based Non-Fungible-Tokens.

Arora, A., Kanisk, & Kumar, S. (2022). Smart contracts and NFTs: non-fungible tokens as a core component of blockchain to be used as collectibles. In *Cyber Security and Digital Forensics: Proceedings of ICCSDF 2021* (pp. 401-422). Springer Singapore.

Ayala G. (2023, March 07). *What is a Mining Rig?*. Bit2Me. <https://academy.bit2me.com/en/que-es-rig-de-mineria/>

Babel, M., Gramlich, V., Körner, M. F., Sedlmeir, J., Strüker, J., & Zwede, T. (2022). Enabling end-to-end digital carbon emission tracing with shielded NFTs. *Energy Informatics*, 5(1), 1-21.

Bal, M., & Ner, C. (2019). NFTracer: a Non-Fungible token tracking proof-of-concept using Hyperledger Fabric. *arXiv preprint arXiv:1905.04795*.

Bamakan, S. M. H., Nezhadsistani, N., Bodaghi, O., & Qu, Q. (2022). Patents and intellectual property assets as non-fungible tokens; key technologies and challenges. *Scientific Reports*, 12(1), 2178.

Bao, H., & Roubaud, D. (2022). *Non-fungible token: A systematic review and research agenda*. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(5), 215.

BEGINNER. (2023, January 04). *The Most Expensive NFTs Ever Sold*. Crypto.com. <https://crypto.com/university/most-expensive-nfts>

Bhasker, S., Grady, M. P., & Mosley, K. G. (2023). Cryptocurrency and Anti-Money Laundering ENFORCEMENT AND REGULATION. *Criminal Justice*, 38(2), 3-11.

Bhujel, S., & Rahulamathavan, Y. (2022). A survey: Security, transparency, and scalability issues of nft's and its marketplaces. *Sensors*, 22(22), 8833.

Bjelajac, Z., & Bajac, M. B. (2022). Blockchain technology and money laundering. *Law Theory & Prac.*, 39, 21.

Borri, N., Liu, Y., & Tsyvinski, A. (2022). *The economics of non-fungible tokens*. Available at SSRN 4052045.

Bruschi, F., Tumiati, M., Rana, V., Bianchi, M., & Sciuto, D. (2022). A scalable decentralized system for fair token distribution and seamless users onboarding. *Blockchain: Research and Applications*, 3(1), 100031.

Buterin, V. (2014). *A next-generation smart contract and decentralized application platform*. white paper, 3(37), 2-1.

Chandra, Y. (2022). *Non-fungible token-enabled entrepreneurship: A conceptual framework*. *Journal of Business Venturing Insights*, 18, e00323.

Chevet, S. (2018). Blockchain technology and non-fungible tokens: Reshaping value chains in creative industries. *Available at SSRN 3212662*.

Chiacchio, F., D'Urso, D., Oliveri, L. M., Spitaleri, A., Spampinato, C., & Giordano, D. (2022). A non-fungible token solution for the track and trace of pharmaceutical supply chain. *Applied Sciences*, 12(8), 4019.

Chirtoaca, D., Ellul, J., & Azzopardi, G. (2020, August). A framework for creating deployable smart contracts for non-fungible tokens on the ethereum blockchain. In *2020 IEEE international conference on decentralized applications and infrastructures (DAPPS)* (pp. 100-105). IEEE.

Choi, S. W., Lee, S. M., Koh, J. E., Kim, H. J., & Kim, J. S. (2021). A Study on the elements of business model innovation of non-fungible token blockchain game: based on 'PlayDapp' case, an in-game digital asset distribution platform. *Journal of Korea Game Society*, 21(2), 123-138.

Chohan, U. W. (2021). Non-fungible tokens: Blockchains, scarcity, and value. *Critical Blockchain Research Initiative (CBRI) Working Papers*.

Christodoulou, K., Katelaris, L., Themistocleous, M., Christodoulou, P., & Iosif, E. (2022). NFTs and the metaverse revolution: research perspectives and open challenges. *Blockchains and the Token Economy: Theory and Practice*, 139-178.

Clementi, D. (2021). Non fungible tokens in digital art: a case study with Ethereum.

Conrad, M. (2022). Non-Fungible Tokens, Sports, and Intellectual Property Law Issues: A Case Study Applying Copyright, Trademark, and Right of Publicity Law to a Non-Traditional Ownership Vehicle. *J. Legal Aspects Sport*, 32, 132.

Dalton, K. (2023). The Rise and Fall of the NFT Empire: The Social Phenomenon of Non-fungible Tokens.

David, L. E. E., & Won, L. S. (2022). Nft of nft: Is our imagination the only limitation of the metaverse?. *The Journal of The British Blockchain Association*.

Dolganin, A. A. (2021). Non-Fungible Tokens (NFT) and Intellectual Property: The Triumph of Proprietary Approach?. *Digital LJ*, 2, 46.

Dowling, M. (2022). *Is non-fungible token pricing driven by cryptocurrencies?. Finance Research Letters*, 44, 102097.

Duguleană, M., & Gîrbacia, F. (2021, October). Augmented reality meets non-fungible tokens: Insights towards preserving property rights. In *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)* (pp. 359-361). IEEE.

Ethereum (n.d) *Non-fungible tokens (NFT)* <https://ethereum.org/en/nft/>

Fairfield, J. A. (2022). Tokenized: *The law of non-fungible tokens and unique digital property. Ind. LJ*, 97, 1261.

Far, S. B., Bamakan, S. M. H., Qu, Q., & Jiang, Q. (2022). A Review of Non-fungible Tokens Applications in the Real-world and Metaverse. *Procedia Computer Science*, 214, 755-762.

Finidori, J. C. J. (2022, October). How to Digitalize Green LNG and Value Carbon-Neutral LNG Cargos with Blockchain Technology and Digital Assets. In *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference* (p. D022S158R005). SPE.

Fowler, A., & Pirker, J. (2021, October). Tokenfication-The potential of non-fungible tokens (NFT) for game development. In *Extended abstracts of the 2021 annual symposium on computer-human interaction in play* (pp. 152-157).

García, R., Cediél, A., Teixidó, M., & Gil, R. (2022). Semantics and non-fungible tokens for copyright management on the metaverse and beyond. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*.

Ghelani, D. (2022). What is Non-fungible token (NFT)? A short discussion about NFT Terms used in NFT. *Authorea Preprints*.

Guadamuz, A. (2021). The treachery of images: non-fungible tokens and copyright. *Journal Of Intellectual Property Law and Practice*, 16(12), 1367-1385.

Guidi, B., & Michienzi, A. (2023). From NFT 1.0 to NFT 2.0: A Review of the Evolution of Non-Fungible Tokens. *Future Internet*, 15(6), 189.

Guo, W. (2022). For Today's Carbon Tracking, Carbon Credit Environmental Protection NFT Application. *Carbon Credit Environmental Protection NFT Application (March 14, 2022)*.

Hariéd, P., & Murray, J. (2023). Digital Collectibles: Exploring Non-Fungible Tokens (NFTs) Through Twitter Messages. *Journal of International Technology and Information Management*, 32(1), 59-79.

Hong, S., Noh, Y., & Park, C. (2019, December). *Design of extensible non-fungible token model in hyperledger fabric*. In *Proceedings of the 3rd Workshop on Scalable and Resilient Infrastructures for Distributed Ledgers* (pp. 1-2).

Houser, K. A., & Holden, J. T. (2022). *Navigating the non-fungible token*. *Utah L. Rev.*, 891.

Ko, K., Jeong, T., Woo, J., & Hong, J. W. K. (2023). Survey on blockchain-based non-fungible tokens: History, technologies, standards, and open challenges. *International Journal of Network Management*, e2245.

Kong, D. R., & Lin, T. C. (2021). *Alternative investments in the Fintech era: The risk and return of Non-Fungible Token (NFT)*. Available at SSRN 3914085.

Kräussl, R., & Tugnetti, A. (2023). Non-fungible tokens (NFTs): A review of pricing determinants, applications and opportunities. *Center for Financial Studies Working Paper*, (693).

Kugler, L. (2021). *Non-fungible tokens and the future of art*. *Communications of the ACM*, 64(9), 19-20.

Kunjumon, C., Mutharia, A., Shareef, S., & Suchithra, M. S. (2023, May). Implementing a land registration system using non-fungible tokens to represent land in the system and side-chain for data storage. In *2023 International Conference on Control, Communication and Computing (ICCC)* (pp. 1-5). IEEE.

Johnson, S., Robinson, P., & Brainard, J. (2019). Sidechains and interoperability. *arXiv preprint arXiv:1903.04077*.

Joy, A., Zhu, Y., Peña, C., & Brouard, M. (2022). Digital future of luxury brands: Metaverse, digital fashion, and non-fungible tokens. *Strategic change*, 31(3), 337-343.

Kafteranis, D., & Turksen, U. (2022). Art of Money Laundering with Non-Fungible Tokens: A myth or reality?. *European Law Enforcement Research Bulletin*, 22(6), 23-31.

Kapoor, A., Guhathakurta, D., Mathur, M., Yadav, R., Gupta, M., & Kumaraguru, P. (2022, April). Tweetboost: Influence of social media on nft valuation. In *Companion Proceedings of the Web Conference 2022* (pp. 621-629).

Karandikar, N., Chakravorty, A., & Rong, C. (2021). Blockchain based transaction system with fungible and non-fungible tokens for a community-based energy infrastructure. *Sensors*, 21(11), 3822.

Lal, A., & You, F. (2023). Climate concerns and the future of nonfungible tokens: Leveraging environmental benefits of the Ethereum Merge. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(29), e2303109120.

Lipsa D. (2023, May 29). *What Is a Sidechain?*. Ledger SAS. <https://www.ledger.com/academy/what-is-a-sidechain#:~:text=%E2%80%94The%20more%20popular%20a%20blockchain,to%20transfer%20assets%20between%20them>.

Marino, B., Bautista, N., & Rousseaux, B. Non-Fungible Zero-Chain Proof-of-Molecular-State Tokens for the Economic Control of Global Warming. *Available at SSRN 4311224*.

Mazur, M. (2021). Non-fungible tokens (nft). the analysis of risk and return. *Available at SSRN 3953535*.

Meyns, S. C. (2022). Happy, risky assets: Uncertainty and (mis) trust in non-fungible token (NFT) conversations on Twitter.

Mikkelsen, J., & Olsen, M. NON-FUNGIBLE TOKENS (NFTs) How are NFTs valued, regulated, and can they help facilitate money laundering?.

Mosna, A., & Soana, G. (2023). NFTs and the virtual yet concrete art of money laundering. *Computer Law & Security Review*, 51, 105874.

Multazam, M. T. (2022). Exploring the Legal and Policy Implications of Non-Fungible Tokens. *Jurnal Politik dan Pemerintahan Daerah*, 4(2), 293-303.

Musan, D. I., William, J., & Gervais, A. (2020). NFT. finance leveraging non-fungible tokens. *Imperial College London, Department of Computing*.

Okeke P. (2023, July 13). *What Are Rollups In Crypto? ZK- Rollups & Optimistic Rollups Explained*. Medium. <https://preciousruby.medium.com/what-are-rollups-in-crypto-zk-rollups-optimistic-rollups-explained-c2808681d12c#:~:text=Simply%20put%2C%20Rollups%20are%20Layer,main%20chain%20to%20process%20them>.

Okonkwo, I. E. (2021). NFT, copyright and intellectual property commercialization. *International Journal of Law and Information Technology*, 29(4), 296-304.

Parham, A., & Breitingner, C. (2022). Non-fungible tokens: Promise or peril?. *arXiv preprint arXiv:2202.06354*.

Popescu, A. D. (2021, May). Non-fungible tokens (nft)–innovation beyond the craze. In *5th International Conference on Innovation in Business, Economics and Marketing Research* (Vol. 32).

Poretzky, D. (2023). Understanding Non-Fungible Tokens Through Social Media Discussion.

Poskriakov, F., Chiriaeva, M., & Cavin, C. (2020). Cryptocurrency compliance and risks: A European KYC/AML perspective. *Blockchain & Cryptocurrency Regulation 2020*.



Raimondi, F., McMillan, I., & Malone, P. (2022). Non-Fungible Tokens: Accessible Investment for All, or a Bubble?.

Raman, R., & Raj, B. E. (2021). The world of nfts (non-fungible tokens): The future of blockchain and asset ownership. In *Enabling blockchain technology for secure networking and communications* (pp. 89-108). IGI Global.

Rosenfeld, M. (2012). Overview of colored coins. *White paper, bitcoil. co. il*, 41, 94.

Sanh, C., Homayounfar, K., & Ebrahimi, T. (2022, October). Effective know-your-customer method for secure and trustworthy non-fungible tokens in media assets. In *Applications of Digital Image Processing XLV* (Vol. 12226, pp. 390-399). SPIE.

Schmidt, A. (2021). Virtual assets: compelling a new anti-money laundering and counter-terrorism financing regulatory model. *International Journal of Law and Information Technology*, 29(4), 332-363.

Serrano, W. (2022, March). Real estate tokenisation via non fungible tokens. In *The 2022 4th International Conference on Blockchain Technology* (pp. 81-87).

Sghaier Omar, A., & Basir, O. (2020). Capability-based non-fungible tokens approach for a decentralized AAA framework in IoT. *Blockchain Cybersecurity, Trust and Privacy*, 7-31.

Shah, K., Khokhariya, U., Pancholi, N., Kumar, S., & Parmar, K. (2022, April). Securing Cookies/Sessions Through Non-fungible Tokens. In *International Conference on Database Systems for Advanced Applications* (pp. 135-146). Cham: Springer International Publishing.

Sharma, T., Zhou, Z., Huang, Y., & Wang, Y. (2022). " It's A Blessing and A Curse": Unpacking Creators' Practices with Non-Fungible Tokens (NFTs) and Their Communities. *arXiv preprint arXiv:2201.13233*.

Sharp, A. J., & Lobel, O. (2022). Smart Royalties: Tackling the Music Industry's Copyright Data Discrepancies through Blockchain Technology, Smart Contracts, and Non-Fungible Tokens. *IDEA*, 63, 518.

Silva, T., Nisi, V., & Nunes, N. J. (2023, September). Harnessing the power of transient Non-fungible Tokens in support of preserving natural landscapes as heritage in the face of climate change. In *Proceedings of the 15th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter* (pp. 1-6).

Singh, A., Click, K., Parizi, R. M., Zhang, Q., Dehghantanha, A., & Choo, K. K. R. (2020). Sidechain technologies in blockchain networks: An examination and state-of-the-art review. *Journal of Network and Computer Applications*, 149, 102471.

Steinwold, A. (2019). The History of Non-Fungible Tokens (NFTs). Retrieved from Medium: <https://medium.com/@Andrew.Steinwold/the-history-of-non-fungible-tokens-nftsf362ca57ae10>.

Stoykov P. (2023, August 07). *Bridging algorithms and art: A look into generative NFTs*. Chainstack. <https://chainstack.com/generative-nfts/#:~:text=Generative%20Art%20NFTs%20are%20unique,as%20NFTs%20on%20the%20blockchain>.

Teisserenc, B., & Sepasgozar, S. M. (2022). Software Architecture and Non-Fungible Tokens for Digital Twin Decentralized Applications in the Built Environment. *Buildings*, 12(9), 1447.

Trautman, L. J. (2021). *Virtual art and non-fungible tokens*. *Hofstra L. Rev.*, 50, 361.

Thomason, J. (2022). Metaverse, token economies, and non-communicable diseases. *Global Health Journal*, 6(3), 164-167.

Tian, Z. (2023, September). Post-Merge Carbon Footprint Analysis and Sustainability in the NFT Art Market. In *Arts* (Vol. 12, No. 5, p. 211). MDPI.

Truby, J., Brown, R. D., Dahdal, A., & Ibrahim, I. (2022). Blockchain, climate damage, and death: Policy interventions to reduce the carbon emissions, mortality, and net-zero implications of non-fungible tokens and Bitcoin. *Energy Research & Social Science*, *88*, 102499.

Turki, M., Cheikhrouhou, S., Dammak, B., Baklouti, M., Mars, R., & Dhahbi, A. (2023). NFT-IoT Pharma Chain: IoT Drug traceability system based on Blockchain and Non Fungible Tokens (NFTs). *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, *35*(2), 527-543.

Valeonti, F., Bikakis, A., Terras, M., Speed, C., Hudson-Smith, A., & Chalkias, K. (2021). Crypto collectibles, museum funding and OpenGLAM: challenges, opportunities and the potential of Non-Fungible Tokens (NFTs). *Applied Sciences*, *11*(21), 9931.

Westerkamp, M., Victor, F., & Küpper, A. (2018, July). Blockchain-based supply chain traceability: Token recipes model manufacturing processes. In *2018 IEEE international conference on internet of things (iThings) and IEEE green computing and communications (GreenCom) and IEEE cyber, physical and social computing (CPSCom) and IEEE smart data (SmartData)* (pp. 1595-1602). IEEE.

Weber, D. (2022). *Exploring markets: Non-fungible token* (No. 2 (April 2022)). IU Discussion Papers-Business & Management.

Wilson, K. B., Karg, A., & Ghaderi, H. (2022). Prospecting non-fungible tokens in the digital economy: Stakeholders and ecosystem, risk and opportunity. *Business Horizons*, *65*(5), 657-670.

Yilmaz, M., Hacaloğlu, T., & Clarke, P. (2022, August). Examining the use of non-fungible tokens (NFTs) as a trading mechanism for the metaverse. In *European Conference on Software Process Improvement* (pp. 18-28). Cham: Springer International Publishing.

Zaucha, T., & Agur, C. (2022). Newly minted: Non-fungible tokens and the commodification of fandom. *New Media & Society*, 14614448221080481.

Željko, B., & Momčilo, B. B. (2022). BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND MONEY LAUNDERING.

Zhang, Y., Chen, Z., Zhang, L., & Tong, X. (2022). Visualizing non-fungible token ethics: A case study on cryptopunks. *arXiv preprint arXiv:2206.12922*.

*Το πρόβλημα των βυζαντινών στρατηγών.* (2023, June 18). Retrieved from <https://bitcoinnews.gr/index.php/various-texts/the-byzantine-generals-problem?showall=1>.

## Παράρτημα – Τίτλος