

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

BLOCKCHAIN ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ ΣΤΟ METAVERSE

Διπλωματική Εργασία

της

Γεωργίας Λαμνή

Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2023

BLOCKCHAIN ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ ΣΤΟ METAVERSE

Γεωργία Λαμνή

Πτυχίο Μαθηματικών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 2021

Διπλωματική Εργασία

υποβαλλόμενη για τη μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Χρήστος Γεωργιάδης

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 30/10/2023

Χρήστος Γεωργιάδης

Αλέξανδρος Χατζηγεωργίου

Εμμανουήλ Στειακάκης

.....

.....

.....

Γεωργία Λαμνή

.....

Περίληψη

Το Metaverse αποτελεί έναν νέο ψηφιακό κόσμο, ο οποίος πρόκειται να αλλάξει τις ψηφιακές αλληλεπιδράσεις, παρέχοντας καθηλωτικές εμπειρίες και ένα ξεχωριστό περιβάλλον ηλεκτρονικού εμπορίου. Ο δυναμικός συνδυασμός του Metaverse μεταξύ της τεχνολογίας Blockchain και του ηλεκτρονικού εμπορίου θα αποτελέσει σημείο μελέτης, αναδεικνύοντας αποκεντρωμένες εικονικές οικονομίες και νέες αλληλεπιδράσεις. Η τεχνολογία Blockchain επιτρέπει ασφαλείς συναλλαγές, καθώς επίσης συμβάλει στη διασφάλιση της ιδιοκτησίας περιουσιακών στοιχείων και της εμπιστοσύνης μέσω των NFTs και των Έξυπνων Συμβολαίων. Ο ψηφιακός κόσμος του Metaverse είναι ένας πολλά υποσχόμενος τομέας που θα μας απασχολήσει τα επόμενα χρόνια και θα επηρεάσει πολλές πτυχές της καθημερινής μας ζωής, όπως τη διασκέδαση, την αγορά και την εκπαίδευση.

Λέξεις Κλειδιά: Blockchain, Metaverse, Smart Contracts, Non-Fungible Tokens, E-Commerce.

Abstract

Metaverse is a new digital world that is set to change digital interactions, providing immersive experiences and a unique e-commerce environment. The dynamic combination of the Metaverse between Blockchain technology and e-commerce will be a point of study, highlighting decentralized virtual economies and new interactions. Blockchain technology enables secure transactions, as well as helping to secure asset ownership and trust through NFTs and Smart Contracts. The digital world of the Metaverse is a promising sector that will engage us in the coming years and will affect many aspects of our daily lives, such as entertainment, shopping, and education.

Keywords: Blockchain, Metaverse, Smart Contracts, Non-Fungible Tokens, E-Commerce.

Πρόλογος – Ευχαριστίες

Το πιο σημαντικό στο κυνήγι ενός ονείρου είναι οι άνθρωποι που το κυνηγούν μαζί σου, για αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, κύριο Χρήστο Γεωργιάδη, τους γονείς μου, Θωμά και Νίκη, και τους φίλους μου.

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| 1 Εισαγωγή | 1 |
| 1.1 Σημαντικότητα του θέματος | 1 |
| 1.2 Σκοπός – Στόχοι | 2 |
| 1.3 Βασική Ορολογία | 2 |
| 1.3.1 Metaverse | 2 |
| 1.3.2 Blockchain | 5 |
| 1.3.3 Έξυπνα Συμβόλαια | 13 |
| 1.3.4 Αποκεντρωμένες Εφαρμογές | 14 |
| 1.3.5 NFTs | 17 |
| 2 Metaverse | 19 |
| 2.1 Το Metaverse και ο πραγματικός κόσμος | 19 |
| 2.1.1 Επιχειρήσεις και εμπόριο | 20 |
| 2.1.2 Εκπαίδευση και κατάρτιση | 20 |
| 2.1.3 Ψυχαγωγία | 20 |
| 2.1.4 Κοινωνικός αντίκτυπος | 21 |
| 2.2 Εικονικό εμπόριο και το Metaverse | 21 |
| 2.3 Το μέλλον του Metaverse | 25 |
| 2.3.1 Αυξημένη προσβασιμότητα | 25 |
| 2.3.2 Νέες επιχειρηματικές προοπτικές | 25 |
| 2.3.3 Κοινωνικές και πολιτιστικές επιπτώσεις | 26 |
| 2.3.4 Τεχνολογική πρόοδος | 26 |
| 2.3.5 Ενσωμάτωση με τον πραγματικό κόσμο | 27 |
| 3 Δημιουργία ενός εικονικού κόσμου στο Metaverse | 28 |
| 3.1 Μεθοδολογία | 28 |
| 3.2 Υλοποίηση | 31 |
| 3.2.1 index.js | 31 |
| 3.2.2 movements.js | 34 |
| 3.2.3 metaverse.sol | 36 |
| 3.2.4 web3.js | 38 |
| 4 Επίλογος | 40 |
| 4.1 Σύνοψη και συμπεράσματα | 40 |

Κατάλογος Εικόνων

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1: Τεχνολογίες που είναι πιθανό να διαδραματίσουν διαφορετικούς κρίσιμους ρόλους στην εξέλιξη του Metaverse (What is the Metaverse? An Explanation and In-Depth Guide, no date) | 4 |
| Εικόνα 2: Παράδειγμα συναλλαγής που διεκπεραιώθηκε μέσω της τεχνολογίας blockchain. | 8 |
| Εικόνα 3: Τα βασικά στοιχεία των συστημάτων Blockchain. | 10 |
| Εικόνα 4: Βασική Αρχιτεκτονική Αποκεντρωμένων Εφαρμογών..... | 16 |
| Εικόνα 5: Κώδικας index.js..... | 32 |
| Εικόνα 6: Κώδικας index.js..... | 33 |
| Εικόνα 7: Κώδικας index.js..... | 34 |
| Εικόνα 8: Κώδικας movement.js..... | 35 |
| Εικόνα 9: Κώδικας metaverse.sol | 37 |
| Εικόνα 10: Κώδικας web3.js..... | 39 |

Συμβολισμοί

NPCs: Non-Player Characters

IoT: Internet of Things

XR: Extended Reality

VR: Virtual Reality

AR: Augmented Reality

MR: Mixed Reality

SPOF: Single Point of Failure

IP: Internet Protocol

P2P: Peer-to-Peer

SHA-256: Secure Hash Algorithm 256-bit

D-Apps: Decentralized Applications

NFTs: Non-Fungible Tokens

ERC-721: Ethereum Request for Comments – 721

ERC-1155: Ethereum Request for Comments – 1155

ERC-20: Ethereum Request for Comments – 20

IPFS: InterPlanetary File System

DNS: Domain Name System

HTML: HyperText Markup Language

JS: JavaScript

CSS: Cascading Style Sheets

ETH: Ethereum

EIP: Ethereum Improvement Proposals

MAR: Mobile Augmented Reality

API: Application Programming Interface

1 Εισαγωγή

1.1 Σημαντικότητα του θέματος

Το Metaverse είναι ένα εικονικό σύμπαν ή ένας κοινόχρηστος τόπος που σχηματίζεται από τη συγχώνευση πολυάριθμων εικονικών κόσμων και περιβαλλόντων επαυξημένης πραγματικότητας. Πρόκειται για ένα διαδραστικό περιβάλλον που επιτρέπει στους χρήστες να αλληλοεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο τόσο μεταξύ τους όσο και με εικονικά αντικείμενα.

Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν, να εξερευνήσουν και να εμπλακούν με ένα ευρύ φάσμα ψηφιακού υλικού και εμπειριών στο Metaverse, συμπεριλαμβανομένων παιχνιδιών, κοινωνικών χώρων, εκπαιδευτικών και εμπορικών ρυθμίσεων και πολλών άλλων. Το Metaverse είναι συχνά συνυφασμένο με την επιστημονική φαντασία, αλλά σταδιακά γίνεται πραγματικότητα, με αρκετές εταιρείες να επενδύουν στην ανάπτυξη αυτού του είδους του καθηλωτικού εικονικού κόσμου.

Η μελέτη του Metaverse έχει ως σκοπό να βοηθήσει να γίνουν καλύτερα κατανοητές πιθανές κοινωνικές, πολιτιστικές, οικονομικές και πολιτικές συνέπειες αυτής της αναπτυσσόμενης τεχνολογίας. Καθώς το Metaverse επεκτείνεται και εξελίσσεται, αναμένεται να έχει σημαντική επίδραση στον πολιτισμό. Οι ερευνητές μπορούν να εντοπίσουν πιθανές δυσκολίες και δυνατότητες και στη συνέχεια να συμβουλευτούν κυβερνήσεις και επιχειρηματίες.

Επιπλέον, η ακαδημαϊκή έρευνα στοχεύει να βοηθήσει στην ανάπτυξη βέλτιστων πρακτικών για το Metaverse. Καθώς το Metaverse επεκτείνεται, θα απαιτηθούν νέοι κανόνες, νόμοι και ηθικές αρχές για να εξασφαλιστεί η υπεύθυνη και ασφαλής χρήση του, οι οποίοι δύνανται να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη αυτών των βέλτιστων πρακτικών και να ενθαρρύνουν την ασφαλή χρήση αυτής της τεχνολογίας.

Εν συνεχεία, το Metaverse είναι ένα πολύπλοκο τεχνικό σύστημα που πρέπει να αναπτυχθεί με μεγάλες καινοτομίες. Η έρευνά του μπορεί να συμβάλει στην πρόοδο της τεχνολογίας σε τομείς όπως η εικονική πραγματικότητα, η τεχνητή νοημοσύνη και η Blockchain τεχνολογία. Αυτή η έρευνα συνεισφέρει στη δημιουργία ενός πιο καθηλωτικού, ελκυστικού και προσοδοφόρου εικονικού κόσμου με τη δημιουργία νέων τεχνολογιών και τη διεύρυνση των ορίων του εφικτού.

Τέλος, η ακαδημαϊκή μελέτη μπορεί να χρησιμεύσει για την εκπαίδευση της μελλοντικής γενιάς ειδικών του Metaverse. Καθώς το Metaverse επεκτείνεται, θα

αναδυθούν νέες επαγγελματικές δυνατότητες σε κλάδους όπως η εικονική κτηματομεσιτεία, η εικονική μόδα και η εικονική διοργάνωση εκδηλώσεων. Η ακαδημαϊκή έρευνα είναι ικανή να παράσχει στους φοιτητές την απαραίτητη εκπαίδευση και την προετοιμασία για επαγγέλματα σε αυτούς τους επεκτεινόμενους τομείς.

1.2 Σκοπός – Στόχοι

Αποστολή και στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι να διερευνήσει τα τεχνολογικά, κοινωνιολογικά και οικονομικά προβλήματα που σχετίζονται με την ανάπτυξη ενός πλήρως λειτουργικού και καθηλωτικού εικονικού περιβάλλοντος στο Metaverse. Η μελέτη θα προσπαθήσει να αξιολογήσει την παρούσα κατάσταση της τεχνολογίας του Metaverse. Αυτό συνεπάγεται με την αξιολόγηση των δυνατοτήτων των υφιστάμενων πλατφορμών και τεχνολογιών και την εξεύρεση ευκαιριών για περαιτέρω ανάπτυξη. Στόχος της έρευνας είναι η δημιουργία νέων εργαλείων λογισμικού, πρωτοκόλλων και προτύπων για την κατασκευή και την αλληλεπίδραση με εικονικούς κόσμους. Επιπλέον, θα διερευνηθούν νέες μέθοδοι για τη διαχείριση εικονικών περιουσιακών στοιχείων και τη διευκόλυνση των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων στον εικονικό κόσμο του Metaverse, η καλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι αλληλοεπιδρούν με τους εικονικούς κόσμους και η διερεύνηση μεθόδων για τη βελτίωση της εμπειρίας των χρηστών. Συνολικά, το έργο κατασκευής ενός ψηφιακού κόσμου στο Metaverse επιδιώκει να διευρύνει την κατανόηση αυτής της αναδυόμενης τεχνολογίας και να διερευνήσει τις δυνατότητές της να φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο ζούμε, εργαζόμαστε και παίζουμε στην ψηφιακή εποχή.

1.3 Βασική Ορολογία

1.3.1 Metaverse

Σύμφωνα με τον Matthew Ball το Metaverse είναι ένα μαζικά κλιμακούμενο και διαλειτουργικό δίκτυο τρισδιάστατων εικονικών κόσμων που απεικονίζονται σε πραγματικό χρόνο και μπορούν να βιώνονται συγχρονισμένα και παρατεταμένα από έναν ουσιαστικά απεριόριστο αριθμό χρηστών με ατομική αίσθηση παρουσίας και με συνέχεια δεδομένων, όπως ταυτότητα, ιστορικό, δικαιώματα, αντικείμενα, επικοινωνίες και πληρωμές (Ball, 2022). Πιο αναλυτικά, το Metaverse πρόκειται για μια επέκταση του διαδικτύου στην οποία οι χρήστες μπορούν είτε να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους είτε με ψηφιακά αντικείμενα σε ένα διαδραστικό περιβάλλον που αποτελείται από εικονικούς

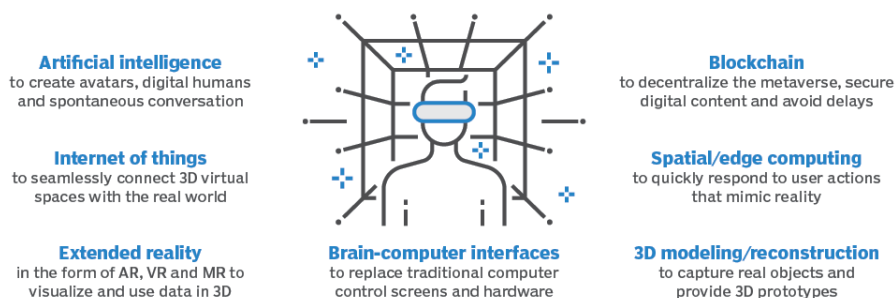
κόσμους, άβιταρ και τεχνολογίες εμπύθισης. Αυτά τα στοιχεία κάνουν το Metaverse να ξεχωρίζει από άλλα περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας. Οι χώροι στους οποίους οι χρήστες μπορούν να εμπλακούν με το Metaverse είναι γνωστοί ως εικονικοί κόσμοι. Το Metaverse είναι κάτι περισσότερο από ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας. Ενώ οι περισσότερες εμπειρίες εικονικής πραγματικότητας περιορίζονται σε συγκεκριμένες τοποθεσίες, το Metaverse είναι ένα πλήρως διαδραστικό ψηφιακό σύμπαν. Οι χρήστες μπορούν να μεταβούν από τον ένα εικονικό κόσμο στον άλλο, να εμπλακούν σε πραγματικό χρόνο με άλλους χρήστες και ακόμη και να αναπτύξουν το δικό τους εικονικό περιβάλλον. Το Metaverse παρέχει έναν άνευ προηγουμένου βαθμό συμμετοχής και εμπύθισης σε εκδηλώσεις εικονικής πραγματικότητας (Duman, 2022).

Το πρόθεμα “meta” είναι ένας όρος που στα ελληνικά σημαίνει περιεκτικότερος ή υπερβατικός. Η λέξη “Verse” είναι ένα ακρωνύμιο για το “universe” (σύμπαν), το οποίο σημαίνει ένα δοχείο χώρου και χρόνου. Όταν αυτές οι δύο έννοιες ενώνονται, εμφανίζεται μια ολοκαίνουργια λέξη που ονομάζεται “Metaverse”, όπου τα συμβατικά κοινωνικά συστήματα μετατρέπονται σε ένα πρωτοποριακό ψηφιακό περιβάλλον διαβίωσης (Gadekallu *et al.*, 2022). Ο Mark Zuckerberg, διευθύνων σύμβουλος του Facebook, ανακοίνωσε την αλλαγή του ονόματος του Facebook σε “Meta” στις 28 Οκτωβρίου 2021, περιγράφοντας παράλληλα ένα νέο όραμα που περιλαμβάνει τη δημιουργία του “Metaverse”, μιας τρισδιάστατης χωρικής αναπαράστασης βασισμένης στην εικονική και την επαυξημένη πραγματικότητα (Kraus *et al.*, 2022).

Το Metaverse είναι μια σύγκλιση διαφόρων τεχνολογιών αιχμής, όπως το 6G, η τεχνητή νοημοσύνη και η εικονική πραγματικότητα (Gadekallu *et al.*, 2022). Χρησιμοποιώντας την αλληλεπίδραση του χρήστη, την διευρυμένη πραγματικότητα, την όραση μέσω του υπολογιστή (computer vision - CV), την τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence - AI), την τεχνολογία Blockchain και το Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things - IoT) μπορεί να γίνει η διαχείριση διαφόρων λειτουργιών εντός του Metaverse (Lee *et al.*, 2021).

Metaverse transformers

These dynamic technologies are expected to play distinct and vital roles in the development of the metaverse as a viable business force during the next several years.



Εικόνα 1: Τεχνολογίες που είναι πιθανό να διαδραματίσουν διαφορετικούς κρίσιμους ρόλους στην εξέλιξη του Metaverse (What is the Metaverse? An Explanation and In-Depth Guide, no date)

Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί σημαντικό στοιχείο του Metaverse, καθώς χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ευφών εικονικών όντων και την παροχή μιας πιο καθηλωτικής εμπειρίας. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ευφών NPCs (χαρακτήρες μη παικτών), καθώς και για την ενεργοποίηση της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας και της αναγνώρισης ομιλίας και για την παροχή εξατομικευμένων προτάσεων και εμπειριών. Το Metaverse είναι δομημένο πάνω σε έναν πολύπλοκο ιστό τεχνολογιών και πλατφορμών και η επιτυχία του εξαρτάται από τη συνεχή πρόοδο αυτών των τεχνολογιών (Duman, 2022).

Η Διευρυμένη Πραγματικότητα (Extended Reality, XR) είναι μια έννοια ομπρέλα για μια ομάδα εμπυθιστικών τεχνολογιών, δηλαδή ηλεκτρονικών και ψηφιακών περιβαλλόντων στα οποία αναπαρίστανται και προβάλλονται δεδομένα. Η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality, VR), η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality, AR) και η Μικτή Πραγματικότητα (Mixed Reality, MR) αποτελούν μέρος της Διευρυμένη Πραγματικότητα XR. Οι άνθρωποι παρακολουθούν και εμπλέκονται σε έναν πλήρως ή εν μέρει συνθετικό ψηφιακό κόσμο που δημιουργείται από την τεχνολογία σε όλες τις πτυχές της Διευρυμένη Πραγματικότητα XR που περιγράφονται παραπάνω (Mystakidis, 2022).

Η Εικονική Πραγματικότητα VR είναι ένα εντελώς διαφορετικό, ψηφιακά παραγόμενο, ανυπόστατο περιβάλλον. Οι χρήστες στην εικονική πραγματικότητα αισθάνονται σαν να βρίσκονται σε ένα νέο σύμπαν και συμπεριφέρονται όπως θα έκαναν

στην πραγματική ζωή. Η εμπειρία αυτή ενισχύεται με τη χρήση ειδικού πολυτροπικού εξοπλισμού, όπως κράνη εμβύθισης, ακουστικά VR και παντοκατευθυντικοί διάδρομοι, οι οποίοι ενισχύουν τις λειτουργίες της όρασης, του ήχου, της αφής, της κίνησης και της φυσικής επαφής με εικονικά πράγματα (Mystakidis, 2022).

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα AR υιοθετεί μια ξεχωριστή προσέγγιση των πραγματικών ρυθμίσεων- ενσωματώνει ψηφιακές εισροές και εικονικά χαρακτηριστικά στον φυσικό κόσμο για να τον βελτιώσει. Συνδυάζει χωρικά τον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα χωρικά προβαλλόμενο στρώμα ψηφιακών αντικειμένων που διαμεσολαβείται από συσκευές όπως smartphones, tablets, γυαλιά, φακούς επαφής ή άλλες διαφανείς επιφάνειες. Επιπλέον, παρουσιάζοντας πληροφορίες από ενσωματωμένους αισθητήρες κάμερας, η Επαυξημένη Πραγματικότητα AR μπορεί να ενσωματωθεί σε ακουστικά VR με δυνατότητες λειτουργίας pass-through (Mystakidis, 2022).

Η Μικτή Πραγματικότητα MR είναι μια πιο περίπλοκη έννοια και ο ορισμός της έχει αλλάξει με την πάροδο του χρόνου, ώστε να ταιριάζει με τις τρέχουσες τεχνικές εξελίξεις, καθώς και με τις επικρατούσες γλωσσικές έννοιες και αφηγήσεις. Με την έννοια ότι ο φυσικός κόσμος αλληλεπιδρά σε πραγματικό χρόνο με τα προβαλλόμενα ψηφιακά δεδομένα, η Μικτή Πραγματικότητα MR αναφέρεται συχνά ως μια προηγμένη επανάληψη της Επαυξημένη Πραγματικότητα AR. Σε ένα παιχνίδι Μικτής Πραγματικότητας MR, για παράδειγμα, ένας προγραμματισμένος χαρακτήρας μη παίκτη μπορεί να ανιχνεύσει το πραγματικό περιβάλλον και να κρυφτεί πίσω από ένα γραφείο ή κάτω από έναν καναπέ. Η Μικτή Πραγματικότητα MR, όπως και η Εικονική Πραγματικότητα VR, απαιτεί τη χρήση ειδικών γυαλιών. Ως αποτέλεσμα, η Επαυξημένη Πραγματικότητα AR και η Εικονική Πραγματικότητα VR εξακολουθούν να είναι οι δύο βασικές τεχνολογίες, ενώ η Μικτή Πραγματικότητα MR είναι ο συνδυασμός τους (Mystakidis, 2022).

1.3.2 Blockchain

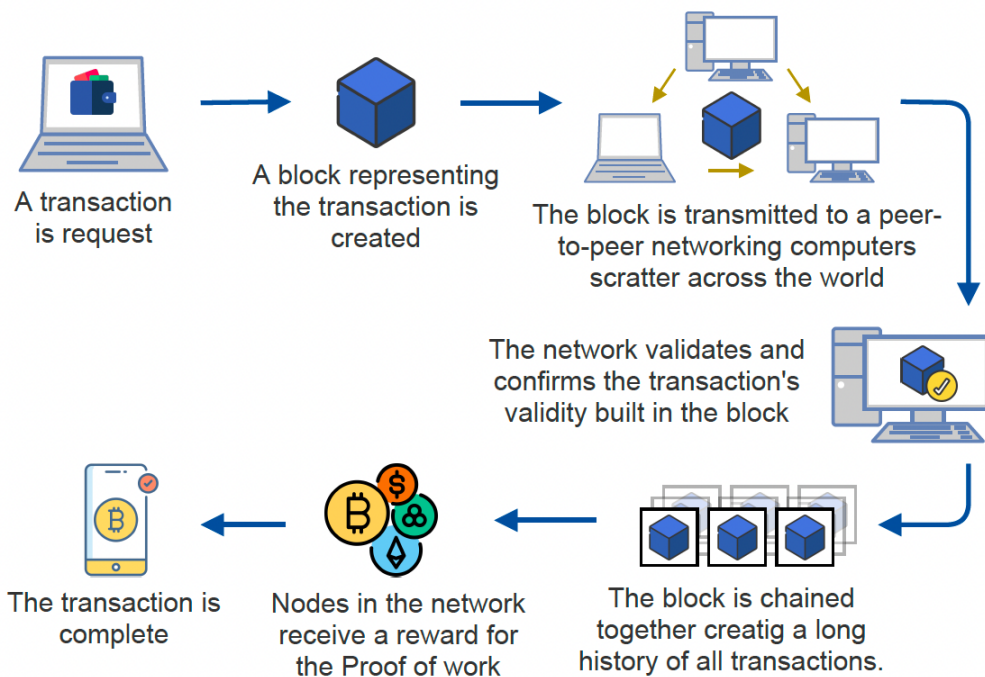
Ένα λογιστικό βιβλίο είναι μια συλλογή οικονομικών λογαριασμών και διατηρεί ένα μόνιμο αρχείο. Το αρχείο πρέπει να είναι ακριβές και να μην έχει υποστεί φθορές. Το Blockchain είναι ένα αποκεντρωμένο διαδικτυακό λογιστικό βιβλίο που έχει συγκεντρωθεί από έναν άπειρο αριθμό συνεισφερόντων. Μια αλυσίδα Blockchain είναι μια συλλογή αρχείων που περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που πρέπει να διατηρούνται μόνιμα. Μια θεμελιώδης αλυσίδα Blockchain συνδέει αρχεία για να δημιουργήσει μια

απλή αλυσίδα συνδέσμων. Μια πιο σύνθετη αλυσίδα Blockchain ενώνει αρχεία για να δημιουργήσει μια δομή που μοιάζει με δίκτυο (Yano *et al.*, 2020). Τα δεδομένα που περιέχονται σε μια αλυσίδα Blockchain είναι εγγενώς ανθεκτικά στην αλλοίωση λόγω του κρυπτογραφικού κατακερματισμού- εάν αλλάξει ένα μπλοκ δεδομένων, όλα τα επόμενα μπλοκ πρέπει να δημιουργηθούν με νέες τιμές κατακερματισμού. Η αμεταβλητότητα αποτελεί βασικό συστατικό όλων των εφαρμογών Blockchain (Cai *et al.*, 2018).

Λόγω του προβλήματος του ενός σημείου αποτυχίας (single-point-of-failure SPOF), τα συγκεντρωτικά συστήματα επικρίνονται ως ευάλωτα. Αντίθετα, το πρόβλημα του συγχρονισμού των δεδομένων επηρεάζει τις κατανεμημένες υλοποιήσεις των αποκεντρωμένων συστημάτων. Με άλλα λόγια, όλοι οι εμπλεκόμενοι στο αποκεντρωμένο σύστημα λογιστικών βιβλίων πρέπει να συνεννοούνται για κάθε μήνυμα που αποστέλλεται από τον έναν στον άλλον (Cai *et al.*, 2018). Το 2008, ο Satoshi Nakamoto συνέταξε ένα λευκό έγγραφο που εισήγαγε την έννοια του Blockchain. Η τεχνολογία Blockchain έχει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις, αφού μπήκε στην παγκόσμια ατζέντα μέσω του Bitcoin. Η αποκέντρωση είναι μια κρίσιμη πτυχή των κρυπτονομισμάτων του Bitcoin. Δεν διέπεται από καμία υπηρεσία, κράτος ή άτομο. Ως αποτέλεσμα, οι δυσκολίες εμπιστοσύνης έχουν επιλυθεί, το κόστος μεταφοράς και ο χρόνος παράδοσης έχουν μειωθεί και η αποτελεσματικότητα έχει ενισχυθεί (Salcini and Yerlikaya, 2022). Αναφερόμενο επίσης ως κατανεμημένο λογιστικό βιβλίο, το Blockchain περιλαμβάνει μια σειρά συνδεδεμένων μπλοκ που συνδέονται μέσω της τιμής κατακερματισμού της επικεφαλίδας του προηγούμενου μπλοκ. Μαζί με το κρυπτογραφικό κατακερματισμό, ένα μπλοκ περιλαμβάνει την χρονοσφραγίδα, μια τιμή ή έναν αριθμό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μία φορά και τα δεδομένα της συναλλαγής. Για να διασφαλιστεί η ακεραιότητα του Blockchain, η χρονοσφραγίδα του μπλοκ πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τον προσαρμοσμένο στο δίκτυο χρόνο συν δύο ώρες και μεγαλύτερη από τη διάμεση χρονοσφραγίδα των προηγούμενων έντεκα μπλοκ. Αυτό το μέτρο εφαρμόζεται για να αποτρέψει τυχόν προσπάθειες χειραγώγησης από αντιπάλους. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο προσαρμοσμένος στο δίκτυο χρόνος αναφέρεται στη διάμεσο των χρονοσφραγίδων από όλους τους συνδεδεμένους κόμβους. Για την παραγωγή και επικύρωση νέων μπλοκ, κάθε κόμβος στο δίκτυο Blockchain πρέπει να τηρεί μια κοινή διαδικασία συναίνεσης. Το πρωτόκολλο συναίνεσης αποτελεί τη ραχοκοκαλιά της αλυσίδας μπλοκ, ρυθμίζοντας όλες τις λειτουργικές αρχές και τις νόμιμες πράξεις (Gadekallu *et al.*, 2022).

Κάθε νόμισμα στο λογιστικό βιβλίο μπορεί να ανιχνευθεί μέχρι την πρώτη εγγραφή όταν παρήχθη, χάρη στη δυνατότητα σύνδεσης hash της αλυσίδας Blockchain. Ως εκ τούτου, είναι αδύνατο να κατασκευαστεί ένα νόμισμα που δεν υπάρχει σε ένα δημόσιο αποκεντρωμένο λογιστικό βιβλίο. Ένα ψηφιακό νόμισμα, ωστόσο, μπορεί απλώς να αντιγραφεί αντιγράφοντας τα δεδομένα, σε αντίθεση με ένα πραγματικό νόμισμα. Είναι επιτακτική ανάγκη να αποφεύγεται η ανέντιμη πρακτική της δαπάνης ενός νομίσματος περισσότερες από μία φορές σε αυτή την περίπτωση. Εάν ένας ανέντιμος χρήστης του δημόσιου λογιστικού βιβλίου είναι σε θέση να εκτελέσει μια επίθεση Sybil, η πλειοψηφία των μερών θα εγκρίνει τα νομίσματα που ξοδεύονται δύο φορές, γεγονός που μειώνει την εμπιστοσύνη των χρηστών καθώς και την κυκλοφορία και τη διατήρηση των χρημάτων. Με τον όρο επίθεση Sybil εννοούμε μια επίθεση που χρησιμοποιεί έναν μόνο κόμβο για να λειτουργήσει πολλές ενεργές ψεύτικες ταυτότητες ταυτόχρονα, εντός ενός ομότιμου δικτύου (peer-to-peer network) (Cai *et al.*, 2018).

Το Blockchain είναι ένα κατακεντρωμένο, κοινόχρηστο βιβλίο συναλλαγών που καταγράφει όλες τις συναλλαγές και λειτουργεί με το πρωτόκολλο Bitcoin. Κάθε συναλλαγή επικυρώνεται από ένα δίκτυο κόμβων, καθένας από τους οποίους στεγάζει το Blockchain και το σχετικό λογισμικό επικύρωσης. Οι αλγόριθμοι επικύρωσης πιστοποιούν τη συναλλαγή αποτρέποντας σφάλματα όπως το “διπλό έξοδο”, το οποίο συμβαίνει όταν ένας συγκεκριμένος αριθμός νομισμάτων ξοδεύεται πολλές φορές στην ίδια συναλλαγή. Αφού επικυρωθεί μια συναλλαγή, τα στοιχεία της αποθηκεύονται σε ένα δημόσιο βιβλίο που παράγεται από μια αλγοριθμική διαδικασία γνωστή ως “εξόρυξη”. Ένα δίκτυο κόμβων, καθένας από τους οποίους διαθέτει ένα τοπικό αντίγραφο του Blockchain, παρουσιάζει μια εναλλακτική λύση έναντι μιας κεντρικής πλατφόρμας, στην οποία κάθε κόμβος μπορεί να διατηρεί εν μέρει ή πλήρως τις λειτουργίες της ευρύτερης πλατφόρμας (Subramanian, 2017). Το Bitcoin είναι ένας εκπρόσωπος Blockchain πρώτης γενιάς, καθώς απλώς αποκεντρώνει τα δεδομένα των συναλλαγών. Αργότερα, οι ερευνητές ανακάλυψαν ότι η αλυσίδα μπλοκ μπορεί να επιτελέσει περισσότερες υπηρεσίες από ένα απλό βιβλίο, όπως η διαχείριση πλούτου και η οικογενειακή εμπιστοσύνη. Ως αποτέλεσμα, η δεύτερη γενιά Blockchain -Ethereum μπήκε στη σκηνή. Η μεγαλύτερη συμβολή του Ethereum είναι η δημιουργία έξυπνων συμβολαίων. Το Blockchain αποθηκεύει τους κανόνες των Έξυπνων Συμβολαίων γραμμένους σε κώδικα (Gadekallu *et al.*, 2022).

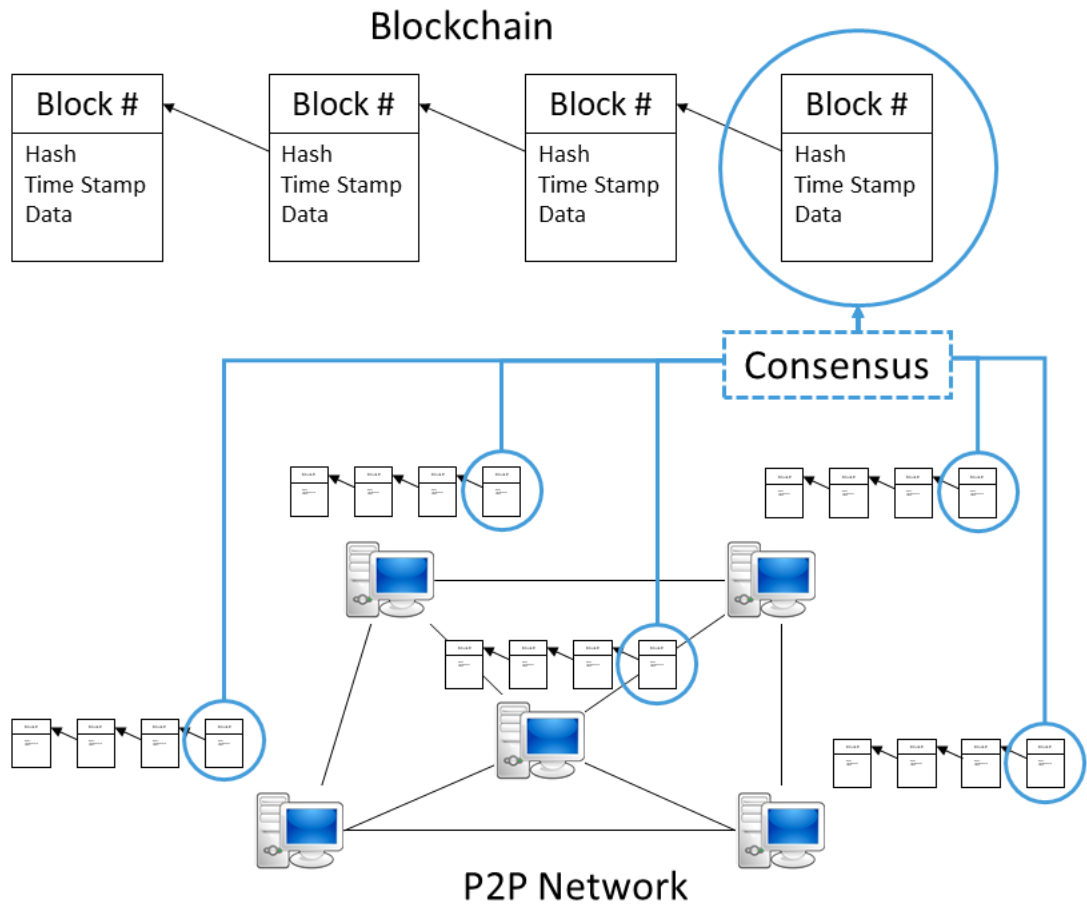


Εικόνα 2: Παράδειγμα συναλλαγής που διεκπεραιώθηκε μέσω της τεχνολογίας blockchain.

Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές συγκεντρωτικές βάσεις δεδομένων, η τεχνολογία Blockchain έχει διάφορα πλεονεκτήματα. Σε κάθε πορτοφόλι δίνεται μια διεύθυνση που ονομάζεται “δημόσιο κλειδί” και ένας κωδικός πρόσβασης που ονομάζεται “ιδιωτικό κλειδί” ως μέρος της έννοιας λειτουργίας του Bitcoin. Η ασφάλεια του κωδικού πρόσβασης είναι εξαιρετικά υψηλή και σχεδόν δύσκολο να παραβιαστεί. Η τεχνολογία Blockchain, η οποία αποτελεί το θεμέλιο του Bitcoin, έχει κερδίσει μεγάλη προσοχή και θεωρείται ότι έχει την δυνατότητα να επηρεάσει σημαντικά τις επιχειρήσεις τα επόμενα χρόνια (Salcini and Yerlikaya, 2022). Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι η κατακευματισμένη αποθήκευση, στην οποία ένα δίκτυο κόμβων αρχειοθετεί δεδομένα που συνεισφέρουν μεμονωμένες επιχειρήσεις μέσω μιας αγοράς. Αυτό μειώνει τον αριθμό των καταστάσεων αποτυχίας και εμποδίζει έναν μόνο οργανισμό να διαχειρίζεται και να ενημερώνει την κοινή βάση δεδομένων. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η νομιμότητα των συναλλαγών, η οποία διασφαλίζεται μέσω του ελέγχου των χρονοσφραγίδων. Αυτό βοηθάει στην αποτροπή δόλιων και διπλών συναλλαγών. Επιπλέον, όλες οι συναλλαγές που αφορούν ένα εμπορεύσιμο αντικείμενο ή υπηρεσία καταγράφονται σε ένα δημόσιο και επαληθεύσιμο βιβλίο, εξασφαλίζοντας τη διάρκεια των συναλλαγών. Οι χρήστες μπορούν να κατασκευάσουν διάφορα πορτοφόλια για να τα χρησιμοποιήσουν στο δίκτυο για

συναλλαγές, γεγονός που αποκρύπτει την πραγματική ταυτότητα των συμμετεχόντων στην αγορά από τους άλλους χρήστες και το δίκτυο, ενώ παράλληλα παρέχει ανωνυμία στις συναλλαγές. Το Blockchain κρυπτογραφεί επίσης αυτόματα τις συναλλαγές, εξασφαλίζοντας το απόρρητο των συναλλαγών και αποκρύπτοντας τα δεδομένα των συναλλαγών από το δίκτυο παρότι το βιβλίο είναι δημόσιο. Από την άλλη πλευρά, ένας συνδυασμός τεχνικών, όπως ο εντοπισμός IP και η ανάλυση του γράφου Blockchain, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση κάθε συναλλαγής μέχρι την πραγματική ταυτότητα του αποστολέα και του παραλήπτη, παρέχοντας ιχνηλασιμότητα των συναλλαγών. Κυβερνητικοί αξιωματούχοι ή αναλυτές χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα για να εντοπίσουν κλοπές, ξέπλυμα χρήματος και άλλες παράνομες δραστηριότητες στο δίκτυο. Τέλος, οι υλοποιήσεις Blockchain μπορούν να επιτύχουν άμεση επικύρωση χρησιμοποιώντας μηχανισμούς όπως η “απόδειξη της υπηρεσίας”, η “συναίνεση” και η “απόδειξη του διακυβεύσαντος”, επιτρέποντας την άμεση ολοκλήρωση των συναλλαγών (Subramanian, 2017).

Ο όρος "Blockchain" έχει πολλές σημασίες πέρα από το πώς συνδέει μπλοκ δεδομένων μεταξύ τους για να δημιουργήσει μια αμετάβλητη αλυσίδα. Έχει σχέση με ένα πλήρως καταναμημένο και αποκεντρωμένο σύστημα που απαιτεί από όλους τους εμπλεκόμενους ομότιμους να τηρούν συγκεκριμένους κανόνες Blockchain προκειμένου να επιτευχθεί συγχρονισμός δεδομένων. Η αρχιτεκτονική ενός τέτοιου ευρέως καθορισμένου συστήματος Blockchain απεικονίζεται στην Εικόνα 3. Κάθε μέλος του ομότιμου δικτύου (P2P) πρέπει να αποθηκεύει ανεξάρτητα δεδομένα Blockchain, ενώ συγχρονίζει κάθε ένα από τα μπλοκ του με εκείνα που κατέχουν άλλοι ομότιμοι χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση συναίνεσης. Στην πραγματικότητα, η μεγαλύτερη αλυσίδα που επιλέγεται από την πλειοψηφία των ομότιμων κόμβων χρησιμεύει ως αναπαράσταση της συναίνεσης (Cai *et al.*, 2018).



Εικόνα 3: Τα βασικά στοιχεία των συστημάτων Blockchain.

Η ανάπτυξη του Blockchain μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα στάδια :

Blockchain 1.0

Η ανάπτυξη του κατανεμημένου λογιστικού βιβλίου με τη μορφή ενός εικονικού νομίσματος, του Bitcoin, μπορεί να συνδεθεί με την πρώτη αναγνωρισμένη γενιά Blockchain (Dasig, 2020). Λόγω του Bitcoin, του πρώτου κρυπτονομίσματος, οι ηλεκτρονικές αγορές και οι μεταφορές χρημάτων μπορούν να γίνουν με χαμηλή χρέωση συναλλαγής σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς τρόπους. Σε αντίθεση με τις πιστωτικές κάρτες, η χρήση ψευδωνύμων στους λογαριασμούς Bitcoin παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια. Ενώ μια κεντρική τράπεζα ελέγχει τα παραδοσιακά νομίσματα, την εκτύπωση χρήματος και τους χρηματοοικονομικούς κανόνες, το Bitcoin και άλλα ψηφιακά νομίσματα βασίζονται στην κρυπτογράφηση (Salcini and Yerlikaya, 2022). Οι χρήστες ήταν σε θέση να πραγματοποιούν οικονομικές συναλλαγές μέσω του διαδικτύου χάρη στο

εικονικό νόμισμα. Επιπλέον, το νόμισμα είναι γνωστό ως "κρυπτονόμισμα", δεδομένου ότι χρειάζεται δύο κλειδιά για να επιτρέψει και να πιστοποιήσει τις συναλλαγές:

- Δημόσιο κλειδί: χρησιμοποιείται για την επικύρωση της εγκυρότητας της συναλλαγής.
- Ιδιωτικό κλειδί: χρησιμοποιείται για την υπογραφή της συναλλαγής (ενεργοποίηση).

Το λογιστικό βιβλίο του Bitcoin αποτελείται από όλες τις καταστάσεις ιδιοκτησίας όλων των υπαρχόντων χρηστών Bitcoin και η έξοδος κάθε κατάστασης συναλλαγής είναι ουσιαστικά η αξία της συναλλαγής, εάν η συναλλαγή ήταν επιτυχής. Οι κόμβοι του δικτύου διατηρούν ένα αντίγραφο του προαναφερθέντος μηχανισμού μετάβασης καταστάσεων πεπερασμένου μήκους ως αρχείο του ledger. Οι ευθύνες τρίτων έχουν καταργηθεί σε αυτό το αποκεντρωμένο και ανώνυμο σύστημα, δεδομένου ότι η απόδειξη της εργασίας πραγματοποιείται με τη χρήση τεχνικών κατακερματισμού που βασίζονται στις τεχνικές Hashcash και SHA-256 (Dasig, 2020).

Blockchain 2.0

Η εισαγωγή του Bitcoin σηματοδότησε την ανάπτυξη της αποκέντρωσης στους υπολογιστές, ωστόσο το στενό πεδίο εφαρμογής του Bitcoin το καθιστά ακατάλληλο για εφαρμογές γενικού σκοπού. Αυτή η ανάγκη για πλατφόρμες βασισμένες σε καθολικές εφαρμογές έγινε αισθητή και ικανοποιήθηκε εν μέρει το 2013 με την εισαγωγή του Ethereum. Το Ethereum είναι ένα δίκτυο Blockchain με ενσωματωμένη γλώσσα προγραμματισμού Turing Complete, η οποία επιλύει διάφορες ανησυχίες που σχετίζονται με το scripting με το Bitcoin. Αυτό επέτρεψε στους χρήστες να καθορίσουν την εικονική ιδιοκτησία, τις μορφές συναλλαγών και τη λειτουργία μεταφοράς κατάστασης. Επομένως η δημιουργία του Ethereum βοήθησε στην ανάπτυξη προγραμμάτων υπολογιστών που υπήρχαν και εκτελούνταν σε μια αλυσίδα Blockchain - "Έξυπνα Συμβόλαια". Αυτά εκτελούνται μόνα τους, αυτόνομα, με βάση ένα σύνολο προκαθορισμένων συνθηκών. Ως αποτέλεσμα, μειώθηκε το κόστος επαλήθευσης και διαιτησίας και επετράπη αυξημένη διαφάνεια των συναλλαγών (Dasig, 2020).

Η φάση Blockchain 2.0, η οποία περιλαμβάνει διάφορες οικονομικές και εμπορικές εφαρμογές, είναι επίσης γνωστή ως ψηφιακή οικονομία. Χρησιμοποιείται, μεταξύ άλλων, σε υποθήκες, δάνεια, συμβάσεις και ομόλογα. Τα Έξυπνα Συμβόλαια, τα οποία έχουν

αποκτήσει τελευταία δημοτικότητα, περιλαμβάνουν συγκεκριμένους κανόνες και χρησιμοποιούνται για εξελιγμένες συναλλαγές (Salcini and Yerlikaya, 2022).

Blockchain 3.0

Λόγω του πολλαπλασιασμού των Έξυπνων Συμβολαίων, υπάρχει προφανής έλλειψη υποδομών, επειδή η παρούσα τεχνολογία δεν είναι σε θέση να διατηρήσει τον όγκο των μικροσυναλλαγών. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μια κίνηση στην αλυσίδα μπλοκ προς αποκεντρωμένα δίκτυα και, τελικά, προς ένα αποκεντρωμένο διαδίκτυο. Αυτό θα συνδυάζει την αποθήκευση δεδομένων, τα Έξυπνα Συμβόλαια και τα δίκτυα επικοινωνίας. Ως επακόλουθο, υπάρχει τεράστια ζήτηση για αποκεντρωμένες εφαρμογές (D-Apps) που χρησιμοποιούν την τεχνολογία Blockchain (Dasig, 2020).

Επιπλέον, στο Blockchain 3.0 περιλαμβάνονται τομείς που σχετίζονται με την εκπαίδευση, την υγεία, την τέχνη και την επιστήμη. Οι έξυπνες μεταφορές, η έξυπνη διαβίωση, η έξυπνη οικονομία και οι έξυπνες πόλεις αποτελούν βασικές και μελλοντικές εφαρμογές της τεχνολογίας Blockchain. Το Blockchain 3.0 ενσωματώνει την τεχνολογία Blockchain που περιλαμβάνει την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, τη χρηματοδότηση και την ψηφιακή ταυτοποίηση (Salcini and Yerlikaya, 2022).

Blockchain 4.0

Με την έλευση των αποκεντρωμένων εφαρμογών, υπάρχει ανάγκη για μια κοινή πλατφόρμα που θα χρησιμεύσει ως κόμβος για μια πληθώρα εφαρμογών και υπηρεσιών που θα επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών πλατφορμών. Αυτό επιτρέπει σε οργανισμούς από διαφορετικές πλατφόρμες να επικοινωνούν και να εργάζονται ως ενιαία μονάδα, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις της Blockchain 4.0. Ο όρος " Blockchain 4.0" αναφέρεται σε ένα βιομηχανικό κίνημα που δίνει έμφαση στην αυτοματοποίηση και τη σύγκλιση του κυβερνοχώρου και του φυσικού χώρου σε συνδυασμό με το IoT, την τεχνητή νοημοσύνη και τη γνωστική υπολογιστική (Dasig, 2020).

Η τεχνολογία Blockchain θεωρείται ως ένας πιθανός διευκολυντής για το Metaverse, δεδομένου ότι επιτρέπει την ασφαλή και διαφανή παρακολούθηση ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων, όπως εικονικά ακίνητα, ψηφιακά νομίσματα και άλλα αγαθά εντός του κόσμου. Η ιδιοκτησία και η μεταβίβαση αυτών των περιουσιακών στοιχείων μπορούν να καταγράφονται και να παρακολουθούνται με αποκεντρωμένο, απαραβίαστο

τρόπο χρησιμοποιώντας την αλυσίδα Blockchain, επιτρέποντας πιο ανθεκτικές και ασφαλείς εικονικές οικονομίες μέσα στο Metaverse.

Το Ethereum είναι μια δίκτυο Blockchain που επιτρέπει προγραμματιζόμενες συμβάσεις μέσω κατακεντρωμένης επικύρωσης στο Blockchain. Μόλις ένας συμμετέχων αγοραστής και ένας πωλητής συμφωνήσουν σε κανόνες συναλλαγής, οι κανόνες αυτοί μπορούν να κωδικοποιηθούν σε μια σύμβαση, η οποία στη συνέχεια θα υπάρχει στην αλυσίδα μπλοκ (Blockchain). Οι κόμβοι στο δίκτυο ανταμείβονται με "αιθέρα" για την επιβεβαίωση και την προστασία των συναλλαγών Blockchain. Τέτοια κίνητρα έχουν δώσει το έναυσμα για τη δημιουργία ηλεκτρονικών αγορών που βασίζονται σε συμβόλαια. Το κατακεντρωμένο δίκτυο διαμοιρασμού διαδρομών Lazoos είναι ένα παράδειγμα αποκεντρωμένης πλατφόρμας ηλεκτρονικού εμπορίου στην οποία οι πελάτες που μοιράζονται διαδρομές αγοράζουν διαδρομές χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή για έξυπνα κινητά. Τα μεμονωμένα μέλη στο δίκτυο Lazoos δημιουργούν ένα κουπόνι "Zooz" που χρησιμοποιείται για την αποζημίωση των οδηγών. Κάθε συναλλαγή, ή διαδρομή, καταγράφεται στο δίκτυο κόμβων του Blockchain (Subramanian, 2017).

1.3.3 Έξυπνα Συμβόλαια

Ο Szabo πρότεινε για πρώτη φορά τα Έξυπνα Συμβόλαια για την επιτάχυνση, την επαλήθευση και την εκτέλεση ψηφιακών διαπραγματεύσεων. Στην τεχνολογία Blockchain, το Ethereum μπορεί να επεκτείνει περαιτέρω τα Έξυπνα Συμβόλαια. Για την επίτευξη σύνθετων λειτουργιών, τα Έξυπνα Συμβόλαια που βασίζονται στο Blockchain διεξάγουν αυστηρή αντιγραφή της μετάβασης κατάστασης σε όλες τις διαδικασίες συναίνεσης για να εγγυηθούν την απόλυτη συνέπεια. Τα Έξυπνα Συμβόλαια επιτρέπουν σε άγνωστα μέρη και διασκορπισμένους χρήστες να πραγματοποιούν δίκαιες συναλλαγές χωρίς τη χρήση αξιόπιστου τρίτου μέρους και παρουσιάζουν επίσης μια ενιαία τεχνική για την ανάπτυξη εφαρμογών σε ένα ευρύ φάσμα τομέων. Οι εφαρμογές που βασίζονται στα Έξυπνα Συμβόλαια χρησιμοποιούν μεθόδους μετάβασης κατάστασης. Όλοι οι συμμετέχοντες μοιράζονται τις καταστάσεις που περιλαμβάνουν τις οδηγίες και τις παραμέτρους, διασφαλίζοντας τη διαφάνεια στην εφαρμογή αυτών των οδηγιών. Επιπλέον, οι τοποθετήσεις των καταστάσεων πρέπει να παραμένουν συνεπείς μεταξύ των διασκορπισμένων κόμβων, πράγμα που είναι κρίσιμο για τη συνοχή. Για να επιτύχουν εκτελέσεις με ευαισθησία στην εντολή, τα περισσότερα συστήματα NFT βασίζονται σε πλατφόρμες Blockchain που βασίζονται σε Έξυπνα Συμβόλαια (Wang *et al.*, 2021).

Ένα Έξυπνο Συμβόλαιο μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα λογισμικό υπολογιστή που επιβάλλει αυτόματα τους όρους και τις προϋποθέσεις ενός συμβολαίου μεταξύ δύο ή περισσότερων μερών. Βασίζεται στην τεχνολογία Blockchain, η οποία παρέχει μια αποκεντρωμένη και ασφαλή πλατφόρμα για την εκτέλεση συμβάσεων χωρίς τη χρήση μεσαζόντων. Ένα έξυπνο συμβόλαιο είναι ένα σύνολο υποσχέσεων που ορίζονται σε ψηφιακή μορφή, καθώς και τα πρωτόκολλα μέσω των οποίων τα μέρη εκπληρώνουν αυτές τις υποσχέσεις. Το Ethereum είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο ανοικτού κώδικα για αποκεντρωμένες εφαρμογές. Οι εφαρμογές αυτές καθίστανται δυνατές μέσω των Έξυπνων Συμβολαίων. Όταν πρόκειται για τη δημιουργία νέων εφαρμογών που βασίζονται στην τεχνολογία Blockchain, είναι μία από τις πιο δημοφιλείς πλατφόρμες (Chirtoaca, Ellul and Azzopardi, 2020).

Δεδομένου ότι ο καθένας μπορεί να έχει πρόσβαση στα Έξυπνα Συμβόλαια, εμφανίστηκε γρήγορα ένας αριθμός εφαρμογών. Για παράδειγμα, τα Έξυπνα Συμβόλαια αυξάνουν την ασφάλεια της διαδικασίας ψηφοφορίας, καθιστώντας πιο δύσκολο για τους χάκερ να επηρεάσουν και να αποκρυπτογραφήσουν τα αποτελέσματα. Επιπλέον, ο ασφαλιστικός τομέας ενώνει τα νοσοκομεία για την αποθήκευση των δεδομένων των ασθενών στο Blockchain, όπου το Έξυπνο Συμβόλαιο μπορεί να βοηθήσει τις επιχειρήσεις στη γρήγορη διεκδίκηση του διακανονισμού του ασθενούς. Τα Non-Fungible Tokens (NFTs), ένα παράγωγο Έξυπνου Συμβολαίου, έχουν κερδίσει πρόσφατα δημοτικότητα σε παγκόσμια κλίμακα. Τα ERC-721 και ERC-1155 είναι δύο πρότυπα που έχει κυκλοφορήσει το Ethereum για να περιγράψει τα χαρακτηριστικά των περιουσιακών στοιχείων που βασίζονται σε NFTs. Κάθε NFT είναι μη ανταλλάξιμο και δεν μπορεί να διαιρεθεί, σε αντίθεση με τα κρυπτονομίσματα όπως το Bitcoin και το Ethereum (Gadekallu *et al.*, 2022).

1.3.4 Αποκεντρωμένες Εφαρμογές

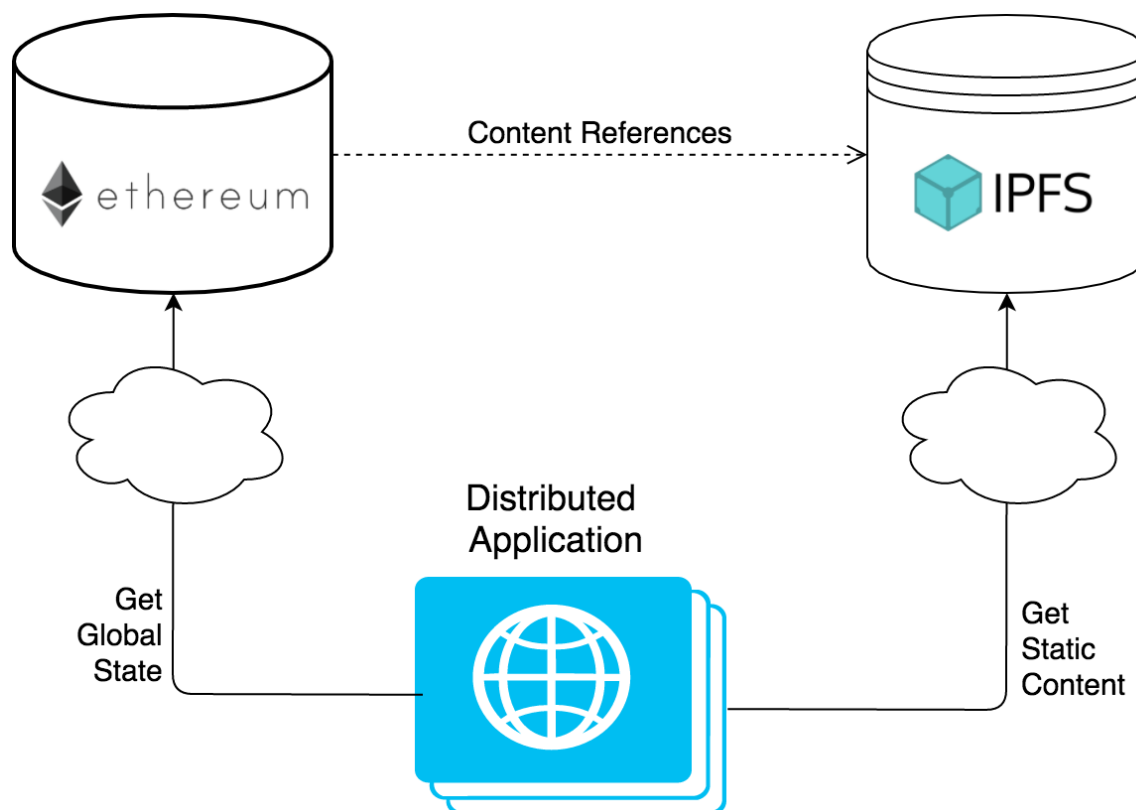
Μια Αποκεντρωμένη Εφαρμογή DApp επεξεργάζεται και αποθηκεύει δεδομένα κεντρικά στην αλυσίδα Blockchain. Το Έξυπνο Συμβόλαιο χρησιμοποιείται για την εκτέλεση αυτού του έργου. Επί του παρόντος, η διεπαφή χρήστη μιας DApp αναπτύσσεται συχνά χρησιμοποιώντας μια συμβατική προσέγγιση ιστότοπου. Κατά συνέπεια, μια πλήρης DApp μπορεί να θεωρηθεί ως ένας ιστότοπος συν ένα ή περισσότερα Έξυπνα Συμβόλαια. Μια DApp έχει πολλά χαρακτηριστικά μιας συμβατικής εφαρμογής. Ως εκ

τούτου, η πρωταρχική διάκριση είναι ότι η αλυσίδα Blockchain παρέχει τα δεδομένα και την επεξεργασία.

Με την χρήση αποκεντρωμένων εφαρμογών, πριν από την εκτέλεση οποιασδήποτε ενέργειας, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να εξετάζουν τα αποτελέσματα μιας λειτουργίας ή μιας υποβολής δεδομένων. Ένα άλλο πλεονέκτημα των αποκεντρωμένων εφαρμογών είναι ότι από τη στιγμή που ένας χρήστης αλληλοεπιδρά με το σύστημα, η αλληλεπίδρασή του είναι αμετάκλητη και δεν μπορεί να αλλάξει, να διαγραφεί ή να αποσυρθεί. Αυτές οι εγγενείς ιδιότητες βοηθούν το πρωτόκολλο να είναι συνολικά πιο αποκεντρωμένο. Επιπλέον, αυτός ο αποκεντρωμένος χαρακτήρας επεκτείνεται και στη διακυβέρνηση, όπου οι ίδιοι οι χρήστες συμμετέχουν άμεσα στη διαχείριση της εφαρμογής (Yano *et al.*, 2020).

Υπάρχουν δύο βασικές τεχνολογίες που υποστηρίζουν μια απλή αρχιτεκτονική αποκεντρωμένων εφαρμογών, αυτές είναι:

- **IPFS:** Το IPFS είναι ένας καταναμημένος χώρος αποθήκευσης δεδομένων παρόμοιος με το BitTorrent και το Git. Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο και ένα P2P δίκτυο για την αποθήκευση και κοινή χρήση δεδομένων σε ένα καταναμημένο σύστημα αρχείων.
- **Ethereum:** Ένας μοναδικός κοινόχρηστος υπολογιστής που βρίσκεται στο δίκτυο, παρόμοιο με το Bitcoin. Είναι ουσιαστικά ένας υπολογιστής στον οποίο όλοι μπορούν να βασιστούν για την αποθήκευση δεδομένων και την εκτέλεση κώδικα.



Εικόνα 4: Βασική Αρχιτεκτονική Αποκεντρωμένων Εφαρμογών.

Για να κατανοήσουμε την βασική αρχιτεκτονική των αποκεντρωμένων εφαρμογών θα πρέπει να δούμε τι συμβαίνει στην πλευρά του πελάτη (Client) και στην πλευρά του Ethereum με ένα παράδειγμα εφαρμογής μια DApp συμμετοχικής χρηματοδότησης (crowdfunding):

Πλευρά του πελάτη (Client Side)

1. Εκτελεί μια αναζήτηση DNS για να λάβει ένα κατακερματισμός (hash) της DApp.
2. Κατεβάζει το DApp από τους peers (χρήστες) στο IPFS.
3. Φορτώνει το HTML/JS/CSS.
4. Αναζητεί τα πιο πρόσφατα crowdfunding projects στο Ethereum. Κάθε project θα περιέχει ένα κατακερματισμό του περιεχομένου και των ανταμοιβών.
5. Χρησιμοποιεί τον κατακερματισμό για να κατεβάσει το περιεχόμενο ενός project από το IPFS.
6. Στέλνει ETH (το νόμισμα του Ethereum) για να χρηματοδοτήσει το project.

Πλευρά του Ethereum (Ethereum Side)

1. Το Έξυπνο Συμβόλαιο της συμμετοχικής χρηματοδότησης (croudfunding smart contract) το οποίο καλείται και απλά πρόγραμμα, λαμβάνει την πληρωμή σε ETH.
2. Μόλις λήξει η προθεσμία του project, το Έξυπνο Συμβόλαιο είτε πληρώνει τον δημιουργό του project είτε επιστρέφει τα κεφάλαια στους χρηματοδότες.

Σε αυτό το παράδειγμα, η παγκόσμια κατάσταση παρέχει μια λίστα με τα τρέχοντα έργα, συνδέσμους προς το περιεχόμενό τους και μια απλή λογική πληρωμών. Ο κώδικας της εφαρμογής DApp και το υλικό των έργων αποθηκεύονται στο IPFS (*Simple Decentralized App Architecture*, 2016).

1.3.5 NFTs

Το Non-Fungible Token (NFT) είναι ένα είδος κρυπτονομίσματος που δημιουργήθηκε από τα Έξυπνα Συμβόλαια του Ethereum. Το NFT προτάθηκε αρχικά στην Ethereum Improvement Proposals (EIP)-721 και διερευνήθηκε περαιτέρω στην (EIP)-1155. Από τη φύση του, το NFT διαφέρει από τα παραδοσιακά κρυπτονομίσματα όπως το Bitcoin. Το Bitcoin είναι ένα τυποποιημένο νόμισμα, με όλα τα νομίσματα να είναι ίσα και δυσδιάκριτα. Το NFT, από την άλλη πλευρά, είναι μοναδικό και δεν μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο διαπραγμάτευσης όμοιο προς όμοιο (μη-ανταλλάξιμο), γεγονός που το καθιστά ιδανικό για τη μοναδική ταυτοποίηση κάτι ή κάποιου. Πιο συγκεκριμένοι, ένας δημιουργός μπορεί απλά να καθορίσει την ύπαρξη και την κυριότητα ψηφιακών αγαθών, όπως ταινίες, φωτογραφίες, έργα τέχνης, εισιτήρια εκδηλώσεων κ.ο.κ., αξιοποιώντας τα NFT σε Έξυπνα Συμβόλαια στο Ethereum. Επιπλέον, ο δημιουργός μπορεί να λαμβάνει δικαιώματα για κάθε επιτυχημένη συναλλαγή σε οποιαδήποτε αγορά NFT ή μέσω μιας ανταλλαγής peer-to-peer (Wang *et al.*, 2021).

Η έννοια των Non-Fungible Tokens καθιερώθηκε από το πρότυπο ERC-721. Τα Non-Fungible Tokens (NFTs) είναι ένας τύπος μάρκας που τους επιτρέπει να προσδιορίζουν κάτι μοναδικό, καθιστώντας το μη μεταβιβάσιμο, σε αντίθεση με τις ERC-20 μάρκες και άλλα ανταλλάξιμα κρυπτονομίσματα. Το πρότυπο είναι διεξοδικά τεκμηριωμένο και παρέχει ακριβή σημασιολογία όσον αφορά τις λειτουργίες του, επεκτείνοντας τις προϋποθέσεις και τις προϋποθέσεις. Παρ' όλα αυτά, δεν συζητά ή δεν προδιαγράφει οποιεσδήποτε ιδιαιτερότητες υλοποίησης. Αφήνονται στη διακριτική ευχέρεια του προγραμματιστή και χρειάζονται βαθιά κατανόηση του προγραμματισμού

Έξυπνων Συμβολαίων Solidity για να διασφαλιστεί η ποιότητα των Έξυπνων Συμβολαίων (Chirtoaca, Ellul and Azzopardi, 2020).

Η δυνατότητα διαπραγμάτευσης πλήρους ιστορικού, η βαθιά ρευστότητα και η απλή διαλειτουργικότητα του NFT το καθιστούν μια βιώσιμη επιλογή προστασίας της πνευματικής ιδιοκτησίας. Παρόλο που τα NFT δεν είναι στην πραγματικότητα τίποτα περισσότερο από κώδικας, ένας αγοραστής έχει αποδώσει αξία στις αρχές λόγω της σπανιότητάς τους ως ψηφιακά αντικείμενα. Εξασφαλίζει ουσιαστικά τιμές πώλησης για αυτά τα αντικείμενα που σχετίζονται με τη διανοητική ιδιοκτησία, οι οποίες ήταν προηγουμένως ασύλληπτες για τα μη μυκητοποιήσιμα εικονικά περιουσιακά στοιχεία. Το NFT απαιτεί ένα καταναμημένο λογιστικό βιβλίο που αποθηκεύει εγγραφές, καθώς και ανταλλάξιμες συναλλαγές για τις συναλλαγές στο δίκτυο peer-to-peer. Το καταναμημένο λογιστικό βιβλίο αντιμετωπίζεται σε μεγάλο βαθμό ως μια ειδική μορφή βάσης δεδομένων για την αποθήκευση δεδομένων NFT (Wang *et al.*, 2021).

2 Metaverse

2.1 Το Metaverse και ο πραγματικός κόσμος

Από το 2004, το Facebook εισήλθε στη ζωή μας και εξελίχθηκε σε μια από τις σημαντικότερες εταιρείες παγκοσμίως, βελτιώνοντας σταθερά τον εαυτό του χρόνο με το χρόνο. Σήμερα περιλαμβάνει εφαρμογές όπως το Whatsapp, το Messenger και το Instagram (Salcini and Yerlikaya, 2022).

Οι χρήστες στο Metaverse μπορούν να αγοράζουν, να παράγουν και να πωλούν, ενώ παράλληλα μπορούν να ξεκινήσουν νέα επαγγέλματα. Νέα επαγγελματικά προφίλ είναι στα σκαριά, όπως σχεδιαστές NFT, στυλίστες, σύμβουλοι επενδύσεων, σύμβουλοι διαφήμισης και μάρκετινγκ του Metaverse και Meta-δημοσιογράφοι. Το Metaverse έρχεται αντιμέτωπο με διάφορα ζητήματα που συνδέονται με την τεχνολογία επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας. Τόσο οι τεχνολογίες εικονικής όσο και επαυξημένης πραγματικότητας μπορούν να επηρεάσουν τα συναισθήματα, τις ιδέες και τις συμπεριφορές των χρηστών, όμως το υψηλό κόστος του τεχνικού εξοπλισμού αποτελεί εμπόδιο για την ευρεία υιοθέτηση. Οι κίνδυνοι που συνδέονται με την τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας περιλαμβάνουν την υγεία και την ασφάλεια, τη σωματική ευεξία, την ηθική, την ψυχολογία και την προστασία της ιδιωτικής ζωής των δεδομένων (Salcini and Yerlikaya, 2022).

Σημαντικό ρόλο στον κόσμο του Metaverse αποτελούν και τα άβαταρ. Τα άβαταρ είναι φανταστικά όντα που μας αντιπροσωπεύουν στον εικονικό κόσμο, αποτελούν αναπόσπαστη πτυχή του Metaverse και χρησιμοποιούνται για την κοινωνικοποίηση στον εικονικό κόσμο όπως η συζήτηση, τα πάρτι και η μελέτη. Στον τομέα της μόδας, τα σχέδια ρούχων δημιουργούνται ψηφιακά και δοκιμάζονται σε άβαταρ με τη χρήση διαφόρων προγραμμάτων. Διάφορα στυλ μπορούν να κατασκευαστούν με τη χρήση αυτών των εφαρμογών προσθέτοντας το απαιτούμενο μοτίβο, τη λεπτομέρεια, το λογότυπο και το χρώμα στα ρούχα. Επιπλέον, παγκοσμίου φήμης μάρκες όπως η Adidas, η Gucci, η Balenciaga και η Nike έχουν καθιερωθεί στα πιο δημοφιλή βιντεοπαιχνίδια, εικονικές πλατφόρμες και εφαρμογές σε όλο τον κόσμο, ακολουθώντας τις διαρκώς μεταβαλλόμενες ψηφιακές τεχνολογικές εξελίξεις. Τα άβαταρ στον εικονικό κόσμο δείχνουν την κοινωνική τους καταξίωση μέσω των κοστούμιών τους, προσελκύοντας εταιρείες πολυτελών ενδυμάτων για να αυξήσουν τις πωλήσεις τους. Όσο το Metaverse συνεχίζει να εξαπλώνεται, τόσο μεγαλύτερη εξοικείωση υπάρχει μαζί του, ιδιαίτερα στη νεότερη γενιά,

η οποία αισθάνεται ότι ο εικονικός κόσμος είναι εξίσου σημαντικός με τον πραγματικό κόσμο και ότι οι ταυτότητές τους είναι οι ίδιες (Salcini and Yerlikaya, 2022).

2.1.1 Επιχειρήσεις και εμπόριο

Το Metaverse έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει μια μεγάλη νέα οικονομία βασισμένη σε εικονικά προϊόντα και υπηρεσίες. Στο Metaverse, οι επιχειρήσεις μπορούν να κατασκευάζουν και να πωλούν ψηφιακά πράγματα, όπως εικονικά ακίνητα, ενδύματα και αξεσουάρ (Duman, 2022). Στον ψηφιακό κόσμο του Metaverse ο χρήστης θα είναι σε θέση να αναπτύσσει, να ζει, να νοικιάζει, να αγοράζει και να πουλάει ακίνητα που αποτελούνται από γη και κτίρια. Τα ακίνητα που θα είναι διαθέσιμα στους χρήστες και θα μπορούν να πωλούνται μέσω δημοπρασιών με τη χρήση ψηφιακού νομίσματος. Με τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και τη μεταφορά πολλών πραγμάτων από την πραγματική ζωή στην ψηφιακή, παρόμοιες εξελίξεις μπορούν να παρατηρηθούν και στον κόσμο της τέχνης. Αν και πολλοί καλλιτέχνες εξακολουθούν να χρησιμοποιούν συμβατικούς τρόπους για να δημιουργήσουν το έργο τους, ορισμένοι προτιμούν να χρησιμοποιούν και ψηφιακά εργαλεία. Οι καλλιτέχνες μπορούν να εκφράσουν την πρωτοτυπία και τη φαντασία τους δημιουργώντας νέα έργα με την ψηφιακή βοήθεια του υπολογιστή (Salcini and Yerlikaya, 2022). Το Metaverse μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη φιλοξενία εικονικών εκδηλώσεων όπως συνέδρια και συναυλίες. Το Metaverse έχει τη δυνατότητα να γίνει βασικός παράγοντας της παγκόσμιας οικονομίας καθώς επεκτείνεται (Duman, 2022).

2.1.2 Εκπαίδευση και κατάρτιση

Το Metaverse έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται για την εκπαίδευση και την κατάρτιση ανθρώπων. Για να δοθεί στους μαθητές μια καθηλωτική και συναρπαστική εμπειρία μάθησης, μπορούν να κατασκευαστούν εικονικές αίθουσες διδασκαλίας. Οι επιχειρήσεις έχουν τη δυνατότητα επίσης να δημιουργήσουν εικονικές εκπαιδευτικές συνεδρίες για να επιτρέψουν στους υπαλλήλους να εξασκηθούν και να τελειοποιήσουν τις ικανότητές τους σε ένα ασφαλές και ελεγχόμενο περιβάλλον (Duman, 2022).

2.1.3 Ψυχαγωγία

Το Metaverse χρησιμοποιείται ήδη για ψυχαγωγία, με εικονικούς κόσμους όπως το Second Life και το VRChat που παρέχουν ποικίλες εμπειρίες. Το Metaverse μπορεί να

χρησιμοποιηθεί για παιχνίδια, κοινωνικοποίηση, ακόμη και εξερεύνηση, δίνοντας στους χρήστες σχεδόν απεριόριστες επιλογές για διασκέδαση και ευχαρίστηση (Duman, 2022).

2.1.4 Κοινωνικός αντίκτοπος

Το Metaverse μπορεί να έχει τεράστια κοινωνική επιρροή, είτε ευεργετική, είτε επιβλαβή. Έχει τη δυνατότητα να φέρει τους ανθρώπους κοντά και να ενισχύσει το αίσθημα της κοινότητας, αλλά επίσης είναι πιθανόν να χρησιμοποιηθεί για τη διάδοση μίσους, παραπληροφόρησης και προπαγάνδας. Είναι ζωτικής σημασίας για τους δημιουργούς και τους χρήστες του Metaverse να έχουν επίγνωση των κοινωνικών συνεπειών των δραστηριοτήτων τους και να εργάζονται για την ανάπτυξη μιας καλής και χωρίς αποκλεισμούς εικονικής πραγματικότητας. Καθώς το Metaverse εξελίσσεται και διαπλέκεται όλο και περισσότερο με τον πραγματικό κόσμο, είναι κρίσιμο να κατανοήσουμε τις δυνατότητες και την επιρροή του. Το Metaverse έχει τη δυνατότητα να αλλάξει τον τρόπο που ζούμε και είναι δική μας ευθύνη να διασφαλίσουμε ότι θα χρησιμοποιηθεί για το μεγαλύτερο όφελος (Duman, 2022).

2.2 Εικονικό εμπόριο και το Metaverse

Το εικονικό εμπόριο είναι μια επιχειρηματική δραστηριότητα σε ένα πλήρως καθηλωτικό εικονικό περιβάλλον. Πρόκειται για μια από τις πιο πρόσφατες καινοτομίες του ηλεκτρονικού εμπορίου, η οποία έχει αυξηθεί τρομερά σε δημοτικότητα τα τελευταία 20 χρόνια λόγω της τεχνολογικής προόδου, της εμπορικής καινοτομίας και της κοινωνικής αποδοχής. Από τεχνική άποψη, το εικονικό εμπόριο περιλαμβάνει υποδομές ηλεκτρονικού εμπορίου, όπως ηλεκτρονικούς καταλόγους προϊόντων και συστήματα ηλεκτρονικών πληρωμών, και χρησιμοποιεί καθηλωτικές τεχνολογίες για τη δημιουργία νέων πλαισίων για επιχειρηματικές δραστηριότητες (Shen *et al.*, 2021).

Στο ηλεκτρονικό εμπόριο, το Metaverse είναι μια ψηφιακή αγοραστική εμπειρία που επιτρέπει στους καταναλωτές να εξερευνούν, να αγοράζουν και να προσαρμόζουν προϊόντα, υπηρεσίες και εμπειρίες από μια εταιρεία. Οι πρόσφατες τεχνολογικές ανακαλύψεις στην Εικονική Πραγματικότητα (VR) και την Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) έχουν επιτρέψει αυτό το είδος ηλεκτρονικού εμπορίου (nitinsoni, 2023). Επιπλέον, το Metaverse επιτρέπει τη "διαβίωση ιστοριών" και όχι απλώς την "αφήγηση ιστοριών". Η συνδημιουργία περιεχομένου από τους καταναλωτές, ο καθορισμός των "δικών" τους εμπειριών, η δράση ως παράγοντες επιρροής και η διευκόλυνση του εμπορίου μέσω

συνομιλίας είναι κάποιες από τις δυνατότητες που γίνονται εικοσιτέσσερις ώρες την ημέρα, επτά ημέρες την εβδομάδα στο Metaverse (Krishnamurthy *et al.*, 2022).

Το ηλεκτρονικό εμπόριο στο Metaverse βρίσκεται ήδη σε πρώιμο στάδιο. Η Amazon, η μεγαλύτερη εταιρεία ηλεκτρονικού εμπορίου στον κόσμο, έχει ενσωματώσει τις πρώτες τεχνολογίες του Metaverse στην αγορά της. Το Room Decorator, το νεότερο αγοραστικό προϊόν Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) της εταιρείας, επιτρέπει στον πελάτη να χρησιμοποιήσει το τηλέφωνο ή το tablet του για να κάνει προεπισκόπηση του τρόπου με τον οποίο θα εμφανίζονται τα έπιπλα και άλλα είδη διακόσμησης του σπιτιού μέσα στο δωμάτιό του. Επιπλέον, προσφέρει την δυνατότητα ο χρήστης να περιηγηθεί σε πολλά αγαθά ταυτόχρονα και να αποθηκεύσει ακόμη και φωτογραφίες του χώρου του για περαιτέρω προβολή. Ένα ακόμα παράδειγμα είναι η Warby Parker, η οποία διαθέτει ένα λογισμικό εικονικής δοκιμής που επιτρέπει στον καταναλωτή να δοκιμάσει οποιοδήποτε ζευγάρι γυαλιών στον κατάλογο προϊόντων της εταιρείας πριν από την αγορά. Αυτό επιτρέπει την απόκτηση των προϊόντων online χωρίς να χρειάζεται ο καταναλωτής να ρισκάρει την καταλληλότητα του προϊόντος για το πρόσωπό του. Καθώς αυτές οι νέες τεχνολογίες ωριμάζουν, θα συνεχίσουν να αλλάζουν τις αντιλήψεις των πελατών για το ηλεκτρονικό εμπόριο (YEC, no date).

Η κατανάλωση αγαθών και υπηρεσιών που ενθαρρύνεται από δραστηριότητες σε ένα πλήρως καθηλωτικό εικονικό περιβάλλον, όπως ένας εικονικός κόσμος, αναφέρεται ως εικονικό εμπόριο. Η εικονική κατανάλωση, ή η αγορά εικονικών αγαθών που κατασκευάζονται σε εικονικούς κόσμους με τη χρήση εικονικών χρημάτων ή ενός συνδυασμού εικονικού-πραγματικού περιεχομένου και πληρωμών, αποτελεί μέρος του εικονικού εμπορίου. Πολλά ακαδημαϊκά πεδία, όπως η διοίκηση επιχειρήσεων, η συμπεριφορά των καταναλωτών και η μηχανική λογισμικού, έχουν εξετάσει το εικονικό εμπόριο. Για παράδειγμα, το Second Life (<https://secondlife.com/>, πρόσβαση στις 17 Απριλίου 2023) χρησιμοποιήθηκε ως περίπτωση μελέτης για την ανάλυση του εικονικού εμπορίου από τη σκοπιά των επιχειρηματικών λειτουργιών και βρέθηκαν βασικές μεταβλητές για την επιτυχία των συστημάτων εικονικού εμπορίου που αφορούν τις επιχειρήσεις, τους φορείς εκμετάλλευσης εικονικών κόσμων και το εξωτερικό περιβάλλον (Shen *et al.*, 2021).

Η τεχνολογία Metaverse θα επιτρέψει στις εταιρείες να παρέχουν εξαιρετικά εξατομικευμένες ψηφιακές εμπειρίες στους πελάτες τους. Το Metaverse θα παρέχει μια απρόσκοπτη εμπειρία που θα επιτρέπει στους αγοραστές να εντοπίζουν ακριβώς αυτό που

θέλουν, όταν το θέλουν. Επιπλέον, σε αντίθεση με τους υφιστάμενους περιορισμούς των εξατομικευμένων ψηφιακών εμπειριών αγορών, το Metaverse θα επιτρέψει στις εταιρείες να προσαρμόσουν την εμπειρία αγορών, επιτρέποντάς τους να προσεγγίσουν περισσότερους πελάτες από ποτέ (YEC, no date). Ένα τεχνούργημα τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών για εμπορικές λειτουργίες όπως το μάρκετινγκ και οι αγορές είναι μια εφαρμογή εικονικού εμπορίου και μικτής πραγματικότητας. Η δεύτερη προσφέρει καθηλωτικούς εικονικούς κόσμους που οδηγούν σε σημαντικές βελτιώσεις σε σχέση με το σημερινό ηλεκτρονικό εμπόριο. Για παράδειγμα, οι επιδείξεις προϊόντων στο λιανικό εμπόριο που χρησιμοποιούν εικονική πραγματικότητα χαμηλής εμπύθισης, όπως τα συστήματα εικονικής δοκιμής, είναι πιο δυναμικές και ρεαλιστικές από τις παρουσιάσεις κειμένου και εικόνων στο ηλεκτρονικό εμπόριο μέσω του διαδικτύου (Shen *et al.*, 2021). Ένα υψηλότερο επίπεδο αλληλεπίδρασης με τους πελάτες δίνει τη δυνατότητα στους εμπόρους να επανατοποθετήσουν τις προσφορές τους, συνδυάζοντας ταυτόχρονα χρηστικά και ψυχαγωγικά οφέλη, αυξάνοντας τις φιλοδοξίες των καταναλωτών. Η αίσθηση της αφής έχει λείψει από το ψηφιακό μάρκετινγκ και πολλοί οργανισμοί έχουν αποτύχει να καλύψουν αυτό το κενό- ωστόσο, με το Metaverse, εργαλεία όπως τα "απτικά γάντια" έχουν την δυνατότητα να φέρουν την αισθητηριακή εμπειρία πιο κοντά στην πραγματικότητα (Krishnamurthy *et al.*, 2022). Η εικονική πραγματικότητα υψηλής εμπύθισης χρησιμοποιήθηκε για αγορές, μάρκετινγκ, έρευνα καταναλωτικής συμπεριφοράς και άλλους σκοπούς, καθώς θεωρήθηκε ότι αναπαράγει μια πραγματική εμπειρία αγοράς στο διαδίκτυο. Εν τω μεταξύ, η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να προσφέρει προϊόντα στο πλαίσιο του άμεσου περιβάλλοντος του χρήστη για να βελτιώσει την εμπειρία του προϊόντος (Shen *et al.*, 2021).

Το ηλεκτρονικό εμπόριο στο Metaverse αναμένεται να αναπτυχθεί ραγδαία τα επόμενα χρόνια. Καθώς η τεχνολογία και η αποδοχή της εξελίσσονται, νέες δυνατότητες που συνδυάζουν φυσικές και διαδικτυακές αγορές θα γίνουν διαθέσιμες. Λόγω της αυξανόμενης δημοτικότητας της τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας, οι αγοραστές μπορούν να είναι απόλυτα σίγουροι για την ποιότητα και την εφαρμογή ενός προϊόντος πριν το αγοράσουν. Αυτό ωφελεί τους πελάτες όσον αφορά την ευκολία, αλλά ωφελεί και τους λιανοπωλητές όσον αφορά τη μείωση των επιστροφών και τη διεύρυνση της πελατειακής τους βάσης (YEC, no date). Για να αποκομίσουν τα οφέλη μιας ελκυστικής και ευχάριστης αγοραστικής εμπειρίας, έχουν γίνει πρόσφατες αλλαγές από το σημερινό ηλεκτρονικό εμπόριο στο εικονικό εμπόριο λιανικής πώλησης. Η Alibaba

παρουσίασε για πρώτη φορά αγορές εικονικής πραγματικότητας το 2016 (<https://www.alizila.com/11-11-this-year-will-be-mostinteractive-ever>, πρόσβαση στις 17 Απριλίου 2023) και η IKEA ακολούθησε το παράδειγμα το 2017 ανοίγοντας καταστήματα εικονικής πραγματικότητας σε τρία διαφορετικά έθνη (<https://takeleap.com/services/virtual-reality/ikea-virtual-reality-store/>, πρόσβαση στις 17 Απριλίου 2023). Για να επιτευχθεί πλήρως η υπόσχεση του εικονικού εμπορίου, πρέπει να επιλυθεί ένας αριθμός προκλήσεων, μεταξύ των οποίων ενδεικτικά η αποδοχή από τους καταναλωτές, η εταιρική υιοθέτηση και οι υποδομές και τεχνολογίες των πληροφοριακών συστημάτων (Shen *et al.*, 2021).

Στο Metaverse, το χάσμα μεταξύ των μέσων κοινωνικής δικτύωσης και του ηλεκτρονικού εμπορίου θα συνεχίσει να μειώνεται. Όπως φαίνεται από τη σημασία των κριτικών της Amazon και άλλων διαδικτυακών κριτικών προϊόντων, η κοινωνική απόδειξη βρίσκεται ήδη στην καρδιά του ηλεκτρονικού εμπορίου. Στο Metaverse, οι έμποροι θα είναι σε θέση να προχωρήσουν πέρα από μια απλή βαθμολογία με ένα αστέρι, δημιουργώντας ενδιαφέρουσες κοινότητες που επιτρέπουν στους πελάτες να αλληλεπιδρούν με το εμπορικό σήμα και άλλους οπαδούς του εμπορικού σήματος (YEC, no date). Η προώθηση των αγορών των χρηστών στο Metaverse απαιτεί μια υπολογισμένη στρατηγική που να λαμβάνει υπόψη τόσο τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των εικονικών κόσμων όσο και τη συμπεριφορά των χρηστών σε αυτούς. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός ευχάριστων, ενδιαφέροντων και διαδραστικών εικονικών εμπειριών. Η προσφορά διακριτών εικονικών προϊόντων και υπηρεσιών, όπως ψηφιακά ρούχα, εικονικά σπίτια και νόμισμα εντός παιχνιδιού, μπορεί να πείσει τους πελάτες να πληρώσουν γι' αυτά. Επιπλέον, είναι σημαντικό να προσφέρεται μια επιλογή μεθόδων πληρωμής και να διασφαλιστεί ότι η διαδικασία πληρωμής είναι απλή και εύκολα ακολουθήσιμη, προκειμένου να παρέχεται στον καταναλωτή μια ομαλή εμπειρία πληρωμής. Η αξιοποίηση κοινωνικών στοιχείων, όπως οι αξιολογήσεις και οι μαρτυρίες πελατών, συμβάλλει στην αύξηση της αξιοπιστίας και της εμπιστοσύνης μεταξύ των χρηστών. Επιπλέον, η παροχή προωθητικών ενεργειών και κινήτρων, όπως εκπτώσεις, βραβεία και ειδικές προσφορές, μπορεί να παρακινήσει τους χρήστες να ξοδέψουν χρήματα στο Metaverse. Τέλος, η σύνδεση με τους χρήστες σε ιστότοπους κοινωνικής δικτύωσης, όπως το Twitter και το Discord, βοηθά στην ανάπτυξη ενός αισθήματος κοινότητας και αφοσίωσης μεταξύ των χρηστών, ενθαρρύνοντας τελικά τις αγορές των χρηστών του Metaverse.

Τα NFTs είναι ένα άλλο σημαντικό στοιχείο του Metaverse. Τα NFTs θα επιτρέψουν στις επιχειρήσεις να βελτιώσουν την εμπειρία αγορών με διάφορους τρόπους. Τα NFTs θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη εντελώς νέων ψηφιακών αγαθών. Θα χρησιμοποιούνται επίσης ως αποδείξεις, εισιτήρια εισόδου σε ειδικές εκδηλώσεις, ακόμη και ως πρώιμη πρόσβαση στο ντεμπούτο νέων προϊόντων. Τα NFTs μπορούν να αξιοποιηθούν για την παροχή ποικίλων εμπειριών πολύ σημαντικών προσώπων για τους πιο ένθερμους καταναλωτές και πρωταθλητές της μάρκας μιας εταιρείας. Καθώς αυτές οι τεχνολογίες εξελίσσονται και οι διακρίσεις μεταξύ του πραγματικού και του ψηφιακού κόσμου θολώνουν, το ηλεκτρονικό εμπόριο όπως το ξέρουμε θα μεταφερθεί σχεδόν ολοκληρωτικά στο metaverse (YEC, no date).

2.3 Το μέλλον του Metaverse

Το Metaverse είναι ένας ταχέως αναπτυσσόμενος τομέας με τη δυνατότητα να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο αλληλοεπιδρούμε με την ψηφιακή τεχνολογία. Αν και υπάρχουν πολλές άλυτες ανησυχίες και εμπόδια που πρέπει να κατακτηθούν, το μέλλον του Metaverse θα είναι αναμφίβολα ένα συναρπαστικό ταξίδι.

2.3.1 Αυξημένη προσβασιμότητα

Το Metaverse έχει τη δυνατότητα να καταστήσει τις ψηφιακές τεχνολογίες ευρύτερα διαθέσιμες. Τα άβαταρ παρέχουν την δυνατότητα στους χρήστες με αναπηρία ή περιορισμένη κινητικότητα να εξερευνήσουν το εικονικό περιβάλλον και να αλληλοεπιδράσουν με ψηφιακά πράγματα. Επιπλέον, το Metaverse προσφέρει μια πιο φιλόξενη ατμόσφαιρα στην οποία οι άνθρωποι μπορούν να είναι ο εαυτός τους χωρίς το φόβο της προκατάληψης (Duman, 2022).

2.3.2 Νέες επιχειρηματικές προοπτικές

Οι επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Metaverse για να επικοινωνήσουν με τους καταναλωτές και να δημιουργήσουν καινούργιες εμπειρίες. Μια επιχείρηση λιανικής πώλησης, για παράδειγμα, θα είχε την ευκαιρία να κατασκευάσει ένα εικονικό κατάστημα μέσα στο Metaverse, το οποίο επιτρέπει στους πελάτες να εξερευνήσουν και να αγοράσουν πράγματα. Το Metaverse θα μπορούσε ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί για διαφήμιση και μάρκετινγκ, καθώς και για την ανάπτυξη νέων μορφών ψυχαγωγίας (Duman, 2022).

2.3.3 Κοινωνικές και πολιτιστικές επιπτώσεις

Το Metaverse έχει τη δυνατότητα να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο συνδεόμαστε μεταξύ μας και με την κοινωνία στο σύνολό της. Έχει τη δυνατότητα να προσφέρει μια νέα πλατφόρμα κοινωνικής αλληλεπίδρασης και συνεργασίας, καθώς και ένα νέο μέσο έκφρασης και ανταλλαγής πολιτισμού. Από την άλλη πλευρά, το Metaverse παρουσιάζει σοβαρές ανησυχίες σχετικά με την ιδιωτικότητα, την ασφάλεια και την πιθανότητα εθισμού ή υπερβολικής εξάρτησης από την ψηφιακή τεχνολογία (Duman, 2022).

Η προστασία των καταναλωτών, η διαχείριση της εμπορικής μάρκας και η απρόσκοπτη εκπλήρωσή της αποτελούν κρίσιμα μέρη των προτύπων επικοινωνίας. Το Metaverse επιδεινώνει τις δυσκολίες του νομικού και ρυθμιστικού πλαισίου των μέσων κοινωνικής δικτύωσης λόγω του προσωπικού και καθηλωτικού τρισδιάστατου μέσου του (π.χ. συναλλαγές και αγορά εικονικών ιδιοκτησιών όπως η "Decentraland"). Η συμπεριφορά των χρηστών (λεκτική, μορφασμός προσώπου, χειρονομίες, τόνος, κίνηση ματιών/χειρών), το περιεχόμενο της επικοινωνίας, οι κανόνες επιβολής και οι κυρώσεις για παραβίαση είναι στοιχεία που απαιτούν προσοχή και πρέπει να αναλυθούν από την άποψη της εισβολής στον προσωπικό χώρο, της διαφάνειας, της ηθικής και της δεοντολογίας, για να αναφέρουμε μόνο μερικά. Το τεχνολογικό άγχος και ο κυβερνοεκφοβισμός αποτελούν επίσης ζητήματα στο Metaverse (Krishnamurthy *et al.*, 2022).

2.3.4 Τεχνολογική πρόοδος

Η διευρυμένη πραγματικότητα, η αλληλεπίδραση με τον χρήστη, η τεχνητή νοημοσύνη, η τεχνολογία Blockchain, η υπολογιστική όραση, το διαδίκτυο των πραγμάτων, η ρομποτική, η υπολογιστική αιχμής και το υπολογιστικό νέφος και τα μελλοντικά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας είναι οι οκτώ κύριες τεχνολογίες του Metaverse. Ο πιο αποτελεσματικός συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών είναι το βασικό ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί από τεχνολογικής άποψης (Krishnamurthy *et al.*, 2022). Το Metaverse θα προωθήσει σίγουρα τις εξελίξεις στις τεχνολογίες εμπύθισης και την τεχνητή νοημοσύνη. Έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει σε νέες εξελίξεις σε τομείς όπως η απτική ανατροφοδότηση και η μηχανική μάθηση, καθιστώντας την εικονική εμπειρία ακόμη πιο ρεαλιστική και καθηλωτική (Duman, 2022).

Για τη δημιουργία μιας εξαιρετικής κοινότητας, το Metaverse απαιτεί τη χρήση του Web 3.0, της τρισδιάστατη μοντελοποίηση, των ακουστικών VR και έναν εξαιρετικό

οπτικό σχεδιασμό. Το MAR (Mobile Augmented Reality) είναι μια βιώσιμη λύση στο ζήτημα των καθυστερήσεων του εξοπλισμού VR, όμως απαιτούνται γνώσεις των Node JS και JavaScript, ενσωματώσεις διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών (API) και γνώσεις ReactJS. Οι IoT συσκευές θα τροφοδοτήσουν την εμπλοκή και το cloud θα επιτρέψει σε αυτές τις IoT συσκευές να μεταφέρουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στο Metaverse. Η τεχνητή νοημοσύνη θα επιτρέψει στα συστήματα να επεξεργάζονται τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν οι χρήστες και να χρησιμοποιούν αυτή τη γνώση για να βελτιώσουν την εμπειρία των χρηστών του Metaverse χρησιμοποιώντας αλγόριθμους μηχανικής μάθησης. Η υποδομή του Metaverse απαιτεί ισχυρούς διακομιστές, υψηλή χωρητικότητα εύρους ζώνης και μια αποτελεσματική διεπαφή (Krishnamurthy *et al.*, 2022).

2.3.5 Ενσωμάτωση με τον πραγματικό κόσμο

Τα νέα χαρακτηριστικά του Metaverse, όπως οι απεριόριστοι τρισδιάστατοι εικονικοί κόσμοι και τα άβαταρ, οι κοινόχρηστοι χώροι για εξερεύνηση, παιχνίδι και εργασία, η εκτεταμένη και μικτή πραγματικότητα, οφείλουν να αξιοποιηθούν πλήρως (Krishnamurthy *et al.*, 2022). Το Metaverse αναπτύσσει συνεχώς νέους τρόπους ώστε να συνδεθεί με τον φυσικό κόσμο. Ένας χρήστης, για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιεί γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας για να βλέπει εικονικά αντικείμενα και άβαταρ που τοποθετούνται πάνω στο φυσικό περιβάλλον. Η ανάπτυξη τέτοιων τεχνολογιών είναι ικανή να ανοίξει το δρόμο για νέες εκπαιδευτικές, ψυχαγωγικές, ακόμη και ιατρικές χρήσεις (Duman, 2022).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η απόδοση των επενδύσεων είναι ο απώτερος στόχος του Metaverse και η έλλειψη πληροφοριών μέτρησης μπορεί να εμποδίσει την υιοθέτηση. Η αντίληψη του εμπορικού σήματος, τα αποτελέσματα των πωλήσεων και η πώληση αξεσουάρ όπως γυαλιά, είδη χειρός και ψηφιακά αξεσουάρ άβαταρ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της αποδοχής των πελατών. Δεδομένης της πολυτροπικής και σύνθετης εμπειρίας εμπύθισης, μια απλή στατιστική μπορεί να μην είναι επαρκής για να περιγράψει το συνολικό αποτέλεσμα (Krishnamurthy *et al.*, 2022).

3 Δημιουργία ενός εικονικού κόσμου στο Metaverse

Για το σκοπό του συνδυασμού των παραπάνω τεχνολογιών με έναν ενδεικτικό τρόπο αξιοποίησης του Metaverse και των Έξυπνων Συμβολαίων της Blockchain στον τομέα του ηλεκτρονικού εμπορίου, δημιουργήθηκε ένας απλός εικονικός κόσμος στο Metaverse.

Η εφαρμογή που θα δημιουργήσουμε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ίδρυση μιας ψηφιακής εταιρείας στο Metaverse. Το Έξυπνο Συμβόλαιο επιτρέπει τη δημιουργία και τη διαχείριση μοναδικών περιουσιακών στοιχείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιπροσώπευση εικονικής ιδιοκτησίας ή άλλων αντικειμένων σε ένα περιβάλλον Metaverse. Οι χρήστες μπορούν να αναπτύξουν μοναδικές εικονικές δομές που μπορούν να αγοραστούν, να πωληθούν ή να αποτελέσουν αντικείμενο εμπορίας, δημιουργώντας NFTs με μοναδικά χαρακτηριστικά κτιρίων.

Η εφαρμογή επιτρέπει επίσης την καθιέρωση ενός ανώτατου ορίου προσφοράς, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενσταλάξει τη σπανιότητα και την αξία των NFTs. Επιπλέον, η ικανότητα παρακολούθησης της ιδιοκτησίας των NFTs και η πρόσβαση σε αυτά μέσω της τεχνολογίας Blockchain μπορεί να αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών μοντέλων, όπως η ενοικίαση ή η μίσθωση εικονικών ακινήτων ή κατασκευών.

Ωστόσο, υπάρχουν πολλοί περισσότεροι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την ανάπτυξη μιας επιτυχημένης επιχείρησης στο Metaverse εκτός από την τεχνική υλοποίηση. Η εμπειρία των χρηστών, η δημιουργία κοινότητας, το μάρκετινγκ και οι συνεργασίες αποτελούν βασικά ζητήματα. Είναι επίσης ζωτικής σημασίας να θυμόμαστε ότι το Metaverse είναι ένας ταχέως αναπτυσσόμενος τομέας, επομένως κάθε επιχείρηση που αναπτύσσεται σε αυτόν τον τομέα πρέπει να είναι ευέλικτη και προσαρμόσιμη στις εξελίξεις της αγοράς.

3.1 Μεθοδολογία

Για την δημιουργία της εφαρμογής στο Metaverse χρησιμοποιήθηκε ένα ευρύ φάσμα πόρων και εργαλείων. Καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας ανάπτυξης, η τεκμηρίωση που παρείχαν τα πλαίσια Web3, Solidity και Three.js ήταν καθοριστικής σημασίας. Η τεκμηρίωση του Web3 (*web3.js - Ethereum JavaScript API — web3.js 1.0.0 documentation*, no date) αποδείχθηκε σπουδαίος πόρος, παρέχοντας σε βάθος γνώσεις

σχετικά με τις τεχνολογίες αποκεντρωμένου ιστού και την ενσωμάτωσή τους στην εφαρμογή. Ανατρέχοντας σε αυτή την πηγή έγινε κατανοητή η σύνδεση σε δίκτυα Blockchain, η διαχείριση Έξυπνων Συμβολαίων και η ανάπτυξη αποκεντρωμένων λειτουργιών μέσα στο Metaverse.

Το Solidity (*Solidity by Example — Solidity 0.8.20 documentation*, no date), είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που δημιουργήθηκε ειδικά για τα Έξυπνα Συμβόλαια στην αλυσίδα Blockchain Ethereum. Χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία και την ανάπτυξη των Έξυπνων Συμβολαίων που ρυθμίζουν διάφορα στοιχεία του Metaverse. Η τεκμηρίωση της Solidity βοήθησε στην κατανόηση της σύνταξης της γλώσσας, στις βέλτιστες πρακτικές και στα θέματα ασφάλειας. Χρησιμοποιώντας το Solidity, η εφαρμογή στο Metaverse έχει τη δυνατότητα να επιβάλει αποκεντρωμένη ιδιοκτησία, διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και δυνατότητες συναλλαγών στο εικονικό περιβάλλον.

Επιπλέον, η βιβλιοθήκη Three.js (*Creating a scene – three.js docs*, no date), ένα εξελιγμένο πλαίσιο JavaScript για την παραγωγή τρισδιάστατων εικόνων και διαδραστικών εμπειριών, ήταν ζωτικής σημασίας για την προβολή και την ενεργοποίηση των αλληλεπιδράσεων των χρηστών στο Metaverse. Η τεκμηρίωση του Three.js ήταν αρκετά χρήσιμη στην εκμάθηση των χαρακτηριστικών του, των δυνατοτήτων απόδοσης και της ανάπτυξης καθηλωτικών εμπειριών. Το Three.js παρέχει ένα οπτικό περιβάλλον στο οποίο οι χρήστες της εφαρμογής στο Metaverse έχουν τη δυνατότητα να εξερευνήσουν, να αλληλοεπιδράσουν και να εμπλακούν με τον εικονικό κόσμο.

Για τη βελτίωση της κατανόησης και της εμπειρίας στην δημιουργία του Metaverse, χρησιμοποιήθηκε ένα διαδικτυακό μάθημα του Udemy με τίτλο "Create a Metaverse" (*Create a Metaverse using Three.js, Solidity and NFT Tokens*, no date). Το μάθημα αυτό παρείχε ένα συστηματικό πρόγραμμα σπουδών που κάλυπτε πολλούς τομείς της κατασκευής ενός κόσμου στο Metaverse, όπως η ανάπτυξη εικονικών κόσμων, η δημιουργία αποκεντρωμένων συστημάτων και η ενσωμάτωση καθηλωτικών εμπειριών. Τα πρακτικά παραδείγματα και οι πρακτικές δραστηριότητες καθ' όλη τη διάρκεια του μαθήματος επέτρεψαν μια πιο βαθιά κατανόηση των ιδεών ανάπτυξης στο Metaverse και βελτίωσαν το συνολικό σύνολο των δεξιοτήτων που απαιτούνται για την κατασκευή της εφαρμογής στο Metaverse.

Με τη συνδυασμένη χρήση αυτών των πηγών και των εκπαιδευτικών υλικών δημιουργήθηκε ένα στέρεο θεμέλιο για την επιτυχή κατασκευή και ανάπτυξη της εφαρμογής στο Metaverse, με την ενσωμάτωση των γνώσεων και των τεχνικών που

αποκτήθηκαν από την τεκμηρίωση των Web3, Solidity και Three.js, καθώς και των συμπληρωματικών συμβουλών από το μάθημα Udemty. Αυτές οι πληροφορίες και τα εργαλεία δεν παρείχαν μόνο τεχνική κατεύθυνση, αλλά προώθησαν επίσης την εμπειριστατωμένη κατανόηση των θεμελιωδών ιδεών και των βέλτιστων πρακτικών που απαιτούνται για την κατασκευή ενός λειτουργικού και καθηλωτικού κόσμου στο Metaverse.

Σε αυτή την ενότητα θα δημιουργήσουμε έναν απλό εικονικό κόσμο στο Metaverse. Χρησιμοποιώντας το Solidity, το Web3 και το Three.js, η παρακάτω εφαρμογή προσφέρει μια βασική υποδομή για τη δημιουργία και τη συντήρηση των NFTs στο Metaverse. Τα NFTs μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση μοναδικών ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων στο Metaverse, όπως εικονικά ακίνητα, έργα τέχνης ή άλλα αγαθά και υπηρεσίες. Οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν νέα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία που μπορούν να αγοραστούν, να πωληθούν και να αποτελέσουν αντικείμενο διαπραγμάτευσης στο Metaverse, φτιάχνοντας NFTs χρησιμοποιώντας τη μέθοδο `mint` στο Έξυπνο Συμβόλαιο δημιουργημένο με το Solidity.

Επιπλέον, ο κώδικας Web3 επιτρέπει στους χρήστες να αλληλοεπιδρούν με το Έξυπνο Συμβόλαιο που έχει δημιουργηθεί με το Solidity, να επαληθεύουν την τρέχουσα προσφορά NFTs και να λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τα κτίρια και τα περιουσιακά στοιχεία του χρήστη. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υποβοήθηση των συναλλαγών και των μεταφορών NFT μεταξύ των χρηστών. Η χρήση επαληθευμένων και αναγνωρισμένων προτύπων σχεδίασης μπορεί να είναι επωφελής για την ανάπτυξη ασφαλούς κώδικα Έξυπνων Συμβολαίων που θα διευκολύνει τελικά τη δημιουργία NFTs. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιείται το OpenZeppelin (*Documentation - OpenZeppelin Docs*, no date). Στην πλατφόρμα Ethereum, το OpenZeppelin είναι ένα δημοφιλές πλαίσιο ανοικτού κώδικα για τη δημιουργία ασφαλών και επαναχρησιμοποιήσιμων Έξυπνων Συμβολαίων (Amri, Aniello and Sassone, 2023) (Six, Herbaut and Salinesi, 2022).

Τέλος, ο κώδικας Three.js δείχνει πώς δημιουργείται και να κινείται ένα τρισδιάστατο αντικείμενο στο Metaverse, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έκθεση εικονικών ακινήτων ή άλλων ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων με έναν πιο καθηλωτικό τρόπο. Συνολικά, αυτός ο κώδικας δημιουργεί μια βάση για την ανάπτυξη και τη διαχείριση ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων στο Metaverse, η οποία μπορεί να συμβάλει στην ίδρυση ή τη μεταφορά επιχειρήσεων σε αυτό το νέο εικονικό πεδίο.

3.2 Υλοποίηση

3.2.1 *index.js*

Η εφαρμογή ξεκινά με την εισαγωγή των βασικών ενοτήτων, "Movements.js", "Web3.js" και του αρχείου "abi.json", με την ενότητα "Movements.js" να περιλαμβάνει μια κλάση που χειρίζεται την είσοδο του χρήστη για τις κινήσεις της κάμερας. Το "Web3.js" είναι μια βιβλιοθήκη που συνδέει την εφαρμογή με το δίκτυο Ethereum και το "abi.json" είναι ένα αρχείο που περιέχει το Application Binary Interface (ABI) του έξυπνου συμβολαίου.

Ένα από τα βασικά στοιχεία της εφαρμογής είναι η δημιουργία της τρισδιάστατης σκηνής που δημιουργείται με τη χρήση της βιβλιοθήκης Three.js. Το αντικείμενο της σκηνής κατασκευάζεται έχοντας ένα μπλε φόντο. Επίσης, κατασκευάζονται μια κάμερα και ένας renderer για τη σκηνή, καθώς και ο φωτισμό με φως περιβάλλοντος και κατευθυντικό φως. Στη συνέχεια δημιουργούνται τα αντικείμενα του Metaverse, ένας κύβος, ένας κώνος και ένας κύλινδρος. Κάθε αντικείμενο είναι μοναδικό και είναι σκόπιμα τοποθετημένο γύρω από το περιβάλλον, παρέχοντας στους χρήστες μια αίσθηση εξερεύνησης και συμμετοχής στον κόσμο του Metaverse καθώς τα αντικείμενα αντιπροσωπεύουν κτίρια ή καταστήματα στον ψηφιακό κόσμο του Metaverse. Τα αντικείμενα κύβος, κύλινδρος και κώνος περιστρέφονται επ' αόριστον, δημιουργώντας ένα κινούμενο εφέ.


```

import MovementController from "./movements.js";
import blockchain from "./Web3.js";
import abi from "./abi/abi.json" assert {type: "json"};

const scene = new THREE.Scene();
scene.background = new THREE.Color(0x1e81b0);

const camera = new THREE.PerspectiveCamera(75, window.innerWidth / window.innerHeight, 0.1, 1000);
const renderer = new THREE.WebGLRenderer();
renderer.setSize(window.innerWidth, window.innerHeight);
document.body.appendChild(renderer.domElement);

const ambientLight = new THREE.AmbientLight(0xffffff, 0.5);
scene.add(ambientLight);
const directionalLight = new THREE.DirectionalLight(0xffffff, 1);
directionalLight.position.set(1, 1, 1);
scene.add(directionalLight);

const spaceGeometry = new THREE.BoxGeometry(60, 0.01, 50);
const spaceMaterial = new THREE.MeshPhongMaterial({ color: 0x1e81b0 });
const space = new THREE.Mesh(spaceGeometry, spaceMaterial);
scene.add(space);

const cubeGeometry = new THREE.BoxGeometry();
const cubeMaterial = new THREE.MeshPhongMaterial({ color: 0xdcab66 });
const cube = new THREE.Mesh(cubeGeometry, cubeMaterial);
scene.add(cube);

const coneGeometry = new THREE.ConeGeometry(5, 20, 32);
const coneMaterial = new THREE.MeshPhongMaterial({ color: 0xe07028 });
const cone = new THREE.Mesh(coneGeometry, coneMaterial);
cone.position.set(-10, 5, 0);
scene.add(cone);

const cylinderGeometry = new THREE.CylinderGeometry(5, 5, 5, 32);
const cylinderMaterial = new THREE.MeshPhongMaterial({ color: 0x682011 });
const cylinder = new THREE.Mesh(cylinderGeometry, cylinderMaterial);
cylinder.position.set(20, 5, 0);
scene.add(cylinder);

camera.position.set(30, 10, 30);

```

Εικόνα 5: Κώδικας index.js

Στη συνέχεια, δημιουργούμε μια συνάρτηση βρόχου κινούμενης εικόνας που χειρίζεται την περιστροφή των τρισδιάστατων αντικειμένων και την κίνηση της κάμερας με βάση την είσοδο του χρήστη. Η ενότητα "Movements.js" χειρίζεται την κίνηση της κάμερας, ακούγοντας την είσοδο του χρήστη μέσω ακροατών συμβάντων και ενημερώνοντας ανάλογα τη θέση της κάμερας.

Καθορίζουμε μια συνάρτηση με όνομα **"mintNFT"** που καλείται όταν ο χρήστης κάνει κλικ στο κουμπί **"mint"**. Αυτή η μέθοδος ανακτά τα δεδομένα εισόδου του χρήστη, καθορίζει αν το πορτοφόλι Metamask είναι προσβάσιμο, δημιουργεί μια νέα περίπτωση Web3 και ένα νέο αντικείμενο συμβολαίου, λαμβάνει τον λογαριασμό Ethereum του χρήστη και νομισματοποιεί ένα νέο NFT.

```

function animate() {
  cube.rotation.x += 0.05;
  cube.rotation.y += 0.05;

  cylinder.rotation.x += 0.05;

  requestAnimationFrame(animate);
  if (MovementController.isPressed(37)) {
    camera.position.x -= 0.5;
  }
  if (MovementController.isPressed(38)) {
    camera.position.x += 0.5;
    camera.position.y += 0.5;
  }
  if (MovementController.isPressed(39)) {
    camera.position.x += 0.5;
  }
  if (MovementController.isPressed(40)) {
    camera.position.x -= 0.5;
    camera.position.y -= 0.5;
  }

  camera.lookAt(space.position);
  renderer.render(scene, camera);
}
animate();

const buttonMint = document.getElementById('mint');
buttonMint.addEventListener('click', mintNFT);

```

Εικόνα 6: Κώδικας index.js

Στο τελευταίο κομμάτι του κώδικα παράγεται μια γραφική απεικόνιση κάθε κτιρίου που πληρώθηκε με το Έξυπνο Συμβόλαιο στο Metaverse. Συνδέεται με τα δεδομένα που δημιουργούνται στην Blockchain χρησιμοποιώντας το πλαίσιο Web3. Χρησιμοποιώντας το πακέτο Three.js, ο κώδικας παράγει ένα πλαίσιο που αναπαριστά το NFT για κάθε κτίριο στο Έξυπνο Συμβόλαιο. Οι διαστάσεις του κουτιού καθορίζονται από τις τιμές πλάτους, ύψους και βάθους της δομής στο Έξυπνο Συμβόλαιο. Η μεταβλητή **nft** αντιπροσωπεύει το πλέγμα του κουτιού και η θέση του στο Έξυπνο Συμβόλαιο καθορίζεται από τις συντεταγμένες x, y και z του κτιρίου. Τέλος, το nft Mesh προστίθεται στη σκηνή, το οποίο είναι η τρισδιάστατη σκηνή στο Metaverse που θα απεικονίζει τα κτίρια. Η δήλωση **if** εντός του βρόχου **forEach** διασφαλίζει ότι μόνο τα κτίρια που έχουν πληρωθεί στο έξυπνο συμβόλαιο απεικονίζονται στο Metaverse.

Σημαντική είναι η χρήση του Web3.js για την ενσωμάτωση του ψηφιακού κόσμου στο Metaverse που δημιουργείται με μια αλυσίδα Blockchain. Ο κώδικας περιέχει ένα κουμπί "**Mint**" που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν NFTs τα οποία αντιπροσωπεύουν εικονικά κτίρια. Πιο αναλυτικά, δημιουργείται ένα αντικείμενο

δεδομένων NFT, διαβιβάζεται μια συναλλαγή στην αλυσίδα Blockchain και στη συνέχεια νομισματοποιείται ένα NFT με τα παρεχόμενα δεδομένα. Αυτό αναδεικνύει την πραγματική αξία του Metaverse, καθώς οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν και να διαχειριστούν ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία στην αλυσίδα Blockchain.

```
function mintNFT() {
  var nft_name = document.getElementById("nft_name").value;
  var nft_width = document.getElementById("nft_width").value;
  var nft_height = document.getElementById("nft_height").value;
  var nft_depth = document.getElementById("nft_depth").value;
  var nft_x = document.getElementById("nft_x").value;
  var nft_y = document.getElementById("nft_y").value;
  var nft_z = document.getElementById("nft_z").value;

  if (typeof window.ethereum == "undefined") {
    rej("You should install Metamask to use it!");
  }

  let web3 = new Web3(window.ethereum);
  let contract = new web3.eth.Contract(abi, "0x5623C64c013c7609Dbe4bb01E94d8eE59342a0b9");

  web3.eth.getAccounts().then((accounts) => {
    contract.methods.mint(nft_name, nft_width, nft_height, nft_depth, nft_x, nft_y, nft_z).send({ from: accounts[0] }).then((data) => {
      console.log("NFT available in the Metaverse");
    });
  });
};

blockchain.then((result) => {
  result.building.forEach((building, index) => {
    if (index <= result.supply) {
      const boxGeometry = new THREE.BoxGeometry(building.w, building.h, building.d);
      const boxMaterial = new THREE.MeshPhongMaterial({ color: 0x336699 });
      const nft = new THREE.Mesh(boxGeometry, boxMaterial);
      nft.position.set(building.x, building.y, building.z);
      scene.add(nft);
    }
  })
});
```

Εικόνα 7: Κώδικας index.js

Το Metaverse είναι ένα δυναμικό οικοσύστημα που αλλάζει ανάλογα με τα δεδομένα της αλυσίδας Blockchain. Ο κώδικας αντλεί κατασκευαστικά δεδομένα από την αλυσίδα Blockchain και τα μετατρέπει σε οπτικές αναπαραστάσεις στο τρισδιάστατο περιβάλλον. Τα κτίρια σχεδιάζονται ως τρισδιάστατα αντικείμενα με προσαρμοσμένη γεωμετρία που τοποθετούνται με βάση τα δεδομένα. Αυτό αποδεικνύει τη δύναμη της ενσωμάτωσης δεδομένων του Blockchain σε εικονικούς κόσμους για τη δημιουργία δυναμικών και καθηλωτικών εμπειριών.

3.2.2 *movements.js*

Η κλάση MovementController είναι ένας διαχειριστής εισόδου πληκτρολογίου. Η λειτουργία της είναι να παρακολουθεί την κατάσταση των πλήκτρων του πληκτρολογίου,

δίνοντας έναν τρόπο για τον προσδιορισμό εάν ένα συγκεκριμένο πλήκτρο είναι πατημένο ή απελευθερωμένο αυτή τη στιγμή.

Όταν δημιουργείται μια νέα περίπτωση της κλάσης `MovementController`, η συνάρτηση του κατασκευαστή χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση της κλάσης. Το `this.movement` είναι ένα κενό αντικείμενο που ενσαρκώνεται μέσα σε αυτό. Αυτό το αντικείμενο είναι υπεύθυνο για την καταγραφή της κατάστασης κάθε πλήκτρου του πληκτρολογίου. Οι μοναδικοί κωδικοί πλήκτρων χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των πατημάτων πλήκτρων, με κάθε κωδικό πλήκτρου να λειτουργεί ως ιδιότητα στο αντικείμενο `this.movement`.

```
class MovementController {
  constructor() {
    this.movement = {};
    window.addEventListener("keydown", this.handleKeyDown.bind(this));
    window.addEventListener("keyup", this.handleKeyUp.bind(this));
  }
  isPressed(keyCode){
    return this.movement[keyCode] ? this.movement[keyCode] : false;
  }
  handleKeyDown(event){
    if(this.movement[event.keyCode]) return;
    this.movement[event.keyCode] = true;
    console.log("KeyDown: ", event.key, "KeyCode:" , event.keyCode);
  }
  handleKeyUp(event){
    this.movement[event.keyCode] = false;
    console.log("KeyUp: ", event.key, "KeyCode:" , event.keyCode);
  }
}

const Movements = new MovementController();
export default Movements;
```

Εικόνα 8: Κώδικας `movement.js`

Η πρωταρχική λειτουργία αυτού του κώδικα ενεργοποιείται από δύο ακροατές συμβάντων που συνδέονται με το αντικείμενο `window`. Αυτοί οι ακροατές συμβάντων προορίζονται για να ανταποκρίνονται στην είσοδο πληκτρολογίου από τον χρήστη. Ο ακροατής συμβάντων παρακολουθεί το συμβάν `"keydown"`, το οποίο ενεργοποιείται όταν πατηθεί ένα πλήκτρο. Χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση `bind`, συνδέεται με τη μέθοδο `handleKeyDown`, εξασφαλίζοντας ότι η μέθοδος έχει πρόσβαση στην τρέχουσα περίπτωση του `MovementController`.

Η συνάρτηση `handleKeyDown` καλείται όταν πατηθεί ένα πλήκτρο και το αντικείμενο συμβάντος παρέχει πληροφορίες σχετικά με το ποιο πλήκτρο πατήθηκε, συμπεριλαμβανομένου του κωδικού του πλήκτρου. Ο ακροατής συμβάντος `"keyup"` αντιδρά στις απελευθερώσεις πλήκτρων. Επικαλείται τη συνάρτηση `handleKeyUp` και

στέλνει το αντικείμενο συμβάντος, όπως και ο ακροατής συμβάντος **keydown**. Όταν ένα πλήκτρο απελευθερώνεται, το αντικείμενο **this.movement** ενημερώνεται για να υποδείξει ότι το πλήκτρο δεν είναι πλέον πατημένο.

3.2.3 *metaverse.sol*

Ο κώδικας ξεκινά με τον ορισμό της έκδοσης του μεταγλωττιστή Solidity που θα χρησιμοποιηθεί με την οδηγία `pragma solidity 0.8.0`, αυτό εξασφαλίζει τη συμβατότητα με την επιλεγμένη έκδοση του Solidity. Στη συνέχεια, γίνεται η εισαγωγή των ακόλουθων βιβλιοθηκών και συμβολαίων του OpenZeppelin:

ERC721.sol: Αυτό το συμβόλαιο επιτρέπει τη δημιουργία NFTs συμβατών με το ERC-721, καθιστώντας το κατάλληλο για μοναδικά ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία.

Ownable.sol: Το συμβόλαιο Ownable προσφέρει βασικές λειτουργίες ελέγχου εξουσιοδότησης και περιορίζει τη δυνατότητα του ιδιοκτήτη του συμβολαίου να κάνει συγκεκριμένες δραστηριότητες.

Counters.sol: Η βιβλιοθήκη Counters χρησιμοποιείται για τον δομημένο χειρισμό των NFTs.

Το Έξυπνο Συμβόλαιο του Metaverse, το οποίο λειτουργεί ως βάση για την κοπή και τη συντήρηση εικονικών κτιρίων στο Metaverse. Στο πλαίσιο του Έξυπνου Συμβολαίου ορίζεται μια προσαρμοσμένη δομή που ονομάζεται **Building**. Αυτή η δομή κωδικοποιεί τα χαρακτηριστικά ενός εικονικού κτιρίου, όπως το όνομά του, τις διαστάσεις του (πλάτος, ύψος, βάθος) και τη θέση του (x, y, z). Αυτή η οργανωμένη αναπαράσταση χρησιμεύει ως θεμέλιο για κάθε μεμονωμένο NFT στο Metaverse.

Το Έξυπνο Συμβόλαιο αρχικοποιείται στον κατασκευαστή με το όνομα **"META"** και το σύμβολο **"MJG"** για τα NFTs που θα δημιουργήσει. Η βιβλιοθήκη **"Counters"** χρησιμοποιείται για τη διατήρηση ενός μετρητή με το όνομα **"supply"**, ο οποίος παρακολουθεί τη συνολική ποσότητα των NFT tokens που έχουν παραχθεί. Για τον έλεγχο διαφόρων στοιχείων του συμβολαίου, καθορίζονται διάφορες μεταβλητές κατάστασης. Η **"maxSupply"** καθορίζει τη μέγιστη ποσότητα NFT που μπορεί να κοπεί, η **"cost"** καθορίζει το τέλος κοπής σε Ethereum, η **"NFTOwners"** αντιστοιχίζει διευθύνσεις Ethereum σε πίνακες δομών **"Building"** και η **"buildings"** αποθηκεύει περιπτώσεις της δομής **"Building"** που αντιπροσωπεύουν εικονικά κτίρια.

```

// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity ^0.8.0;

// 0x5623C64c013c7609Dbe4bb01E94d8eE59342a0b9

import "@openzeppelin/contracts@4.4.2/token/ERC721/ERC721.sol";
import "@openzeppelin/contracts@4.4.2/access/Ownable.sol";
import "@openzeppelin/contracts@4.4.2/utils/Counters.sol";

contract Metaverse is ERC721, Ownable {

    constructor() ERC721("META", "MJG") {}

    using Counters for Counters.Counter;
    Counters.Counter private supply;

    uint256 public maxSupply = 100;

    uint256 public cost = 1 ether;

    mapping (address => Building []) NFTOwners;

    struct Building {
        string name;
        int8 w;
        int8 h;
        int8 d;
        int8 x;
        int8 y;
        int8 z;
    }

    Building[] public buildings;

    function getBuildings() public view returns (Building [] memory) {
        return buildings;
    }

    function totalSupply() public view returns (uint256){
        return supply.current();
    }

    function mint(string memory _building_name, int8 _w, int8 _h, int8 _d, int8 _x, int8 _y, int8 _z) public payable {
        require(supply.current() <= maxSupply, "Max supply exceeded");
        require(msg.value >= cost, "Insufficient funds");
        supply.increment();
        _safeMint(msg.sender, supply.current());
        Building memory _newBuild = Building(_building_name, _w, _h, _d, _x, _y, _z);
        buildings.push(_newBuild);
        NFTOwners[msg.sender].push(_newBuild);
    }

    function withdraw() external payable onlyOwner {
        address payable _owner = payable(owner());
        _owner.transfer(address(this).balance);
    }

    function getOwnerBuildings() public view returns (Building [] memory){
        return NFTOwners[msg.sender];
    }
}

```

Εικόνα 9: Κώδικας metaverse.sol

Η δομή "**Building**" καθορίζει τα χαρακτηριστικά ενός κτιρίου, όπως το όνομά του, τις διαστάσεις (πλάτος, ύψος, βάθος) και τις συντεταγμένες (x, y, z). Οποιοσδήποτε μπορεί να χρησιμοποιήσει τη μέθοδο "**getBuildings**" για να λάβει έναν πίνακα όλων των κτιρίων στο Metaverse. Η συνάρτηση "**totalSupply**" επιστρέφει πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα προσφορά των κουπονιών NFT, συμπεριλαμβανομένου του αριθμού των κουπονιών που δημιουργήθηκαν.

Οι χρήστες μπορούν να κόψουν μάρκες NFT που αντιπροσωπεύουν δομές του Metaverse χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση "**mint**". Οι χρήστες εισάγουν πληροφορίες για την κατασκευή και υποβάλλουν το κατάλληλο "κόστος" σε Ethereum. Η λειτουργία

καθορίζει αν έχει επιτευχθεί η μέγιστη προσφορά και αν ο αποστολέας έχει μεταφέρει αρκετό αιθέρα. Εάν πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις, δημιουργείται ένα νέο NFT και αποθηκεύονται πληροφορίες σχετικά με το κτίριο.

Ο ιδιοκτήτης του συμβολαίου έχει πρόσβαση στη λειτουργία "απόσυρση", η οποία του επιτρέπει να αποσύρει το υπόλοιπο αιθέρα του συμβολαίου. Αυτό διασφαλίζει ότι ο ιδιοκτήτης του συμβολαίου έχει πρόσβαση στα έσοδα από τις πωλήσεις NFT. Τέλος, η μέθοδος "**getOwnerBuildings**" επιτρέπει στους χρήστες να λαμβάνουν μια σειρά κτιρίων στο Metaverse που τους ανήκουν. Η λειτουργία αυτή επιτρέπει στον ιδιοκτήτη του συμβολαίου να ανακτήσει τυχόν πληρωμές που έχουν παρασχεθεί στο Έξυπνο Συμβόλαιο. Ο κατάλογος αδειών SPDX είναι μια συλλογή τυπικών αδειών και εξαιρέσεων που χρησιμοποιούνται σε ελεύθερο λογισμικό και λογισμικό ανοικτού κώδικα, καθώς και σε άλλο λογισμικό συνεργασίας ή τεκμηρίωση. Ο στόχος της Λίστας αδειών SPDX είναι να καταστήσει εύκολο και γρήγορο τον εντοπισμό τέτοιων αδειών και εξαιρέσεων σε ένα έγγραφο SPDX, σε αρχεία πηγής ή αλλού. Για κάθε άδεια και εξαίρεση, ο κατάλογος αδειών SPDX περιλαμβάνει ένα τυποποιημένο σύντομο αναγνωριστικό, το πλήρες όνομα, την επικυρωμένη γλώσσα της άδειας (με την αντίστοιχη σήμανση κατευθυντήριων γραμμών) και μια κανονική μόνιμη διεύθυνση URL(*SPDX License List | Software Package Data Exchange (SPDX), no date*).

3.2.4 web3.js

Τέλος έχουμε τον κώδικα web3 ο οποίος αλληλοεπιδρά με ένα έξυπνο συμβόλαιο στο δίκτυο Ethereum. Θα εισάγουμε το ABI (Application Binary Interface)(*Application Binary Interface, no date*) του συμβολαίου από ένα αρχείο JSON στον κατάλογο "abi". Το ABI είναι μια συλλογή προτύπων που καθορίζουν τη διεπαφή του έξυπνου συμβολαίου, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργιών και των συμβάντων. Με την δήλωση assert θα επικυρωθεί το εισαγόμενο αρχείο για να επιβεβαιωθεί ότι πρόκειται για ένα έγκυρο αρχείο JSON. Στη συνέχεια θα εισάγουμε την διεύθυνση του δικτύου Ethereum του έξυπνου συμβολαίου.

Έπειτα θα κατασκευάσουμε μια συνάρτηση **Promise** ώστε να επικοινωνούμε με το Blockchain, όπου θα ελέγχεται αν είναι εγκατεστημένο το πορτοφόλι Metamask. Το Metamask (*Home | MetaMask developer documentation, no date*) είναι ένα πρόσθετο προγράμματος περιήγησης που επιτρέπει στους χρήστες να αλληλοεπιδρούν με αποκεντρωμένες εφαρμογές που βασίζονται στο Ethereum μέσω μιας διεπαφής χρήστη.

Σε περίπτωση που το πορτοφόλι Metamask δεν είναι εγκατεστημένο εμφανίζεται μήνυμα σφάλματος. Εάν το πορτοφόλι Metamask είναι εγκατεστημένο τότε θα δημιουργηθεί ένα στιγμιότυπο του web3 έτσι ώστε να επιτραπεί η αλληλεπίδραση του προγράμματος περιήγησης με το δίκτυο Ethereum. Ακόμα, το ABI και η διεύθυνση συμβολαίου χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός Έξυπνου Συμβολαίου.

```
import abi from "./abi/abi.json" assert {type: "json"};

// SC: 0x5623C64c013c7609Dbe4bb01E94d8eE59342a0b9

const blockchain = new Promise((resolve, reject) => {

  if(typeof window.ethereum == "undefined"){
    reject("You should install Metamask to use it!");
  }

  let web3 = new Web3(window.ethereum);
  let contract = new web3.eth.Contract(abi, "0x5623C64c013c7609Dbe4bb01E94d8eE59342a0b9");

  web3.eth.requestAccounts().then((accounts) =>{
    console.log("> My account is: ", accounts[0]);
  });

  web3.eth.requestAccounts().then((accounts) =>{
    contract.methods.totalSupply().call({from: accounts[0]}).then((supply) =>{
      console.log("> Current supply of NFT Tokens is: ", supply);
    });
  });

  web3.eth.requestAccounts().then((accounts) =>{
    contract.methods.maxSupply().call({from: accounts[0]}).then((maxsupply) =>{
      console.log("> Maximum supply of NFT Tokens is: ", maxsupply);
    });
  });

  web3.eth.requestAccounts().then((accounts) =>{
    contract.methods.getOwnerBuildings().call({from: accounts[0]}).then((buildings) =>{
      console.log("> Your buildings: ", buildings);
    });
  });

  web3.eth.requestAccounts().then((accounts) =>{
    contract.methods.totalSupply().call({from: accounts[0]}).then((supply) =>{
      contract.methods.getBuildings().call({from: accounts[0]}).then((data) => {
        resolve({supply: supply, building: data });
      });
    });
  });

});

export default blockchain;
```

Εικόνα 10: Κώδικας web3.js

Αφού επικυρωθεί το Metamask, ο κώδικας προχωρά στη δημιουργία μιας Web3 instance με το **window.ethereum**. Το Web3.js είναι ένα πλαίσιο JavaScript για την αλληλεπίδραση με το δίκτυο Ethereum. Επιπλέον, ο κώδικας δημιουργεί μια περίπτωση συμβολαίου και τη δεσμεύει στη διεύθυνση του έξυπνου συμβολαίου. Αυτή η διεύθυνση συμβολαίου προσδιορίζει το έξυπνο συμβόλαιο με το οποίο θα επικοινωνεί ο κώδικας.

Οποιαδήποτε αλληλεπίδραση Blockchain απαιτεί λογαριασμούς Ethereum. Για να αποκτήσει πρόσβαση στους λογαριασμούς Ethereum του χρήστη, ο κώδικας καλεί την εντολή **web3.eth.requestAccounts()**. Αυτό το στάδιο συνεπάγεται την προτροπή προς τον χρήστη να επιτρέψει στην εφαρμογή την πρόσβαση στους λογαριασμούς του. Το Promise

που προκύπτει επιλύεται με έναν πίνακα διευθύνσεων λογαριασμών Ethereum, με τον πρώτο λογαριασμό (`accounts[0]`) να επιλέγεται για περαιτέρω αλληλεπιδράσεις.

Στη συνέχεια, ο κώδικας εμβαθύνει στη βασική του λειτουργικότητα μέσω μιας σειράς ασύγχρονων κλήσεων προς το Έξυπνο Συμβόλαιο του Ethereum. Αυτές οι κλήσεις λαμβάνουν χρήσιμες πληροφορίες από την αλυσίδα Blockchain, όπως η συνολική προσφορά κτιρίων, η μέγιστη προσφορά κτιρίων, τα κτίρια που ανήκουν στον χρήστη και ένας εξαντλητικός κατάλογος όλων των κατασκευών.

Κάθε κλήση μεθόδου περιλαμβάνεται μέσα σε μια κλήση `web3.eth.requestAccounts().then(...)` της αλυσίδας Blockchain που επεξεργάζεται με τη χρήση του λογαριασμού Ethereum του χρήστη, συνδέοντας τις αλληλεπιδράσεις με την ταυτότητα του χρήστη στην αλυσίδα Blockchain.

Η συνάρτηση Promise της αλυσίδας Blockchain επιλύεται στο τελευταίο τμήμα, εντός του τελευταίου μπλοκ `web3.eth.requestAccounts().then(...)`. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία ενός αντικειμένου που περιέχει βασικά δεδομένα της αλυσίδας Blockchain, όπως η συνολική προμήθεια του κτιρίου και ένας πίνακας δεδομένων του κτιρίου. Οι πληροφορίες αυτές λαμβάνονται μέσω μιας σειράς κλήσεων μεθόδων και επιλύσεων της συνάρτησης Promise, με αποτέλεσμα ένα πλούσιο σύνολο δεδομένων έτοιμο για μελλοντική χρήση από την εφαρμογή. Η συνάρτηση Promise της αλυσίδας Blockchain αποτελεί μια βάση δεδομένων καθώς εκτίθεται ως προεπιλεγμένη εξαγωγή της ενότητας, καθιστώντας την διαθέσιμη σε άλλες περιοχές του προγράμματος. Αυτή η εξαγωγή συνδέει τη λογική της εφαρμογής με την αλυσίδα Blockchain Ethereum, επιτρέποντας την ομαλή ενσωμάτωση των δεδομένων της αλυσίδας Blockchain στη λειτουργικότητα της εφαρμογής.

4 Επίλογος

4.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι να ερευνησει και κατανοήσει τον ψηφιακό κόσμο του Metaverse. Το Έξυπνο Συμβόλαιο είναι γραμμένο στη γλώσσα προγραμματισμού Solidity και παρουσιάζει ένα απλοποιημένο συμβόλαιο Non-Fungible Token (NFT) που έχει σκοπό να διευκολύνει την δημιουργία και τη συντήρηση μοναδικών εικονικών κτιρίων μέσα σε ένα εικονικό Metaverse. Είναι απαραίτητο το Έξυπνο Συμβόλαιο να εισάγει την απαραίτητη βιβλιοθήκη από το OpenZeppelin, μια αξιόπιστη

πηγή για την ασφαλή ανάπτυξη Έξυπνων Συμβολαίων. Η δήλωση συμβάντων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για την βέλτιστη παροχή διαφάνειας και παροχή ανατροφοδότησης από τους χρήστες του ψηφιακού κόσμου. Κατά την δημιουργία Έξυπνων Συμβολαίων με βάση το Ethereum αποτελεί συνιστώμενη πρακτική η μετάδοση συμβάντων μετά από επιτυχείς αλλαγές κατάστασης.

Είναι σημαντικό να υπενθυμίσουμε πως για να γίνει το όραμα του Metaverse πραγματικότητα, απαιτείται μια ισχυρή ψηφιακή οικονομία εντός του ψηφιακού κόσμου. Το Έξυπνο Συμβόλαιο καθιστά δυνατή τη δημιουργία μιας αγοράς όπου οι χρήστες μπορούν να διαφημίζουν, να αγοράζουν και να πωλούν εικονικές δομές. Διαχειρίζεται την ιδιοκτησία και εξασφαλίζει ασφαλείς και διαφανείς συναλλαγές. Η αγορά λειτουργεί ως ο οικονομικός πυρήνας του Metaverse, επιτρέποντας στους χρήστες να συμμετέχουν στην ανταλλαγή περιουσιακών στοιχείων. Για να δημιουργήσουν ένα εικονικό κτίριο, οι χρήστες πρέπει να πληρώσουν ένα ποσό σε Ethereum. Αυτό προσθέτει μια οικονομική συνιστώσα στη δημιουργία ψηφιακών αγαθών, αναδεικνύοντας την οικονομική βάση του Metaverse.

Η βιβλιοθήκη "web3.js" επιτρέπει στην εφαρμογή Metaverse να διασυνδεθεί με το Έξυπνο Συμβόλαιο Metaverse με ομαλό τρόπο. Οι χρήστες μπορούν να δημιουργούν, να αποκτούν, να πωλούν και να μεταβιβάζουν εικονικά ακίνητα. Η βιβλιοθήκη διαχειρίζεται τις συναλλαγές, τα συμβάντα και τον χειρισμό σφαλμάτων, διασφαλίζοντας την ασφάλεια των οικονομικών συναλλαγών. Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να πραγματοποιούν πληρωμές με κρυπτονομίσματα που είναι ενσωματωμένα στα πορτοφόλια των χρηστών τους. Αυτό βελτιώνει την οικονομική ρευστότητα με τον εξορθολογισμό των συναλλαγών και των οικονομικών διαδικασιών εντός του Metaverse.

Η ανάλυση δεδομένων με την τεχνολογία Blockchain αποκαλύπτει οικονομικά μοτίβα στο Metaverse. Επιτρέπει την παρακολούθηση της προσφοράς και της ζήτησης για εικονικά περιουσιακά στοιχεία, καθώς και σημαντικές πληροφορίες για τη συμπεριφορά των χρηστών, επιτρέποντας τη λήψη αποφάσεων για την οικονομική πρόοδο.

Το Έξυπνο Συμβόλαιο, οι διεπαφές χρήστη, οι αλληλεπιδράσεις και η σύνδεση με την αλυσίδα Blockchain λειτουργούν όλα μαζί για να παρέχουν τα θεμέλια για μια ψηφιακή οικονομία εντός του Metaverse. Οι χρήστες μπορούν να δημιουργούν, να κατέχουν, να εμπορεύονται και να συμμετέχουν σε εικονικά περιουσιακά στοιχεία, ενώ η τεχνολογία Blockchain παρέχει ασφάλεια, διαφάνεια και εκτέλεση των οικονομικών συναλλαγών. Η ψηφιακή οικονομία του Metaverse εξελίσσεται σε ένα δυναμικό

οικοσύστημα στο οποίο οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν, συναλλάσσονται και συμβάλλουν στη δημιουργία και την αξία των ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων.

4.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Η παρούσα εφαρμογή παρέχει βασικές πληροφορίες σχετικά με το Έξυπνο Συμβόλαιο στο Metaverse, όπως η τρέχουσα ποσότητα των NFT, η μέγιστη προσφορά και τα κτίρια ενός χρήστη. Θα μπορούσαν να υλοποιηθούν πρόσθετες λειτουργίες, όπως η δυνατότητα αγοράς και πώλησης NFTs, η μεταβίβαση της κυριότητας των NFTs και η επικοινωνία με άλλους χρήστες του Metaverse. Επιπλέον η δημιουργία μιας frontend διεπαφής που θα επιτρέπει στους χρήστες να εμπλέκονται ευκολότερα με το έξυπνο συμβόλαιο Metaverse θα μπορούσε να δημιουργήσει μια καλύτερη εμπειρία χρήσης. Ο παρών κώδικας εκτελεί απλές λειτουργίες ανάγνωσης στο έξυπνο συμβόλαιο, οι οποίες δεν θα πρέπει να απαιτούν πολλούς πόρους. Ωστόσο, αν εισαχθούν πιο περίπλοκες διαδικασίες, η απόδοση μπορεί να είναι χαμηλότερη. Η εφαρμογή θα μπορούσε να τροποποιηθεί ώστε να μειωθεί ο αριθμός των κλήσεων στο έξυπνο συμβόλαιο και να βελτιωθεί η απόδοση με τη χρήση προσωρινής αποθήκευσης ή άλλων στρατηγικών.

Σημαντική μελλοντική επέκταση της εφαρμογής αποτελεί η βελτίωση της ασφάλειας. Ο παρών κώδικας δεν διαθέτει πρόσθετα χαρακτηριστικά ασφαλείας πέραν εκείνων που παρέχονται από την αλυσίδα Blockchain Ethereum και το πορτοφόλι Metamask. Θα μπορούσαν να εφαρμοστούν πρόσθετοι μηχανισμοί ασφαλείας, όπως ο έλεγχος ταυτότητας πολλαπλών παραγόντων, η κρυπτογράφηση και ο έλεγχος ταυτότητας με βάση token. Τέλος, Ο τρέχων κώδικας χρησιμοποιεί το Blockchain Ethereum καθώς και το πορτοφόλι Metamask. Η εφαρμογή μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να λειτουργεί με διαφορετικές τεχνολογίες και δίκτυα Blockchain και να διασυνδέεται με διαφορετικά πορτοφόλια, η χρήση των οποίων παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το δίκτυο και ειδικότερα με την εφαρμογή Metaverse.

Βιβλιογραφία

Amri, S.A., Aniello, L. and Sassone, V. (2023) ‘A Review of Upgradeable Smart Contract Patterns based on OpenZeppelin Technique’, *The Journal of The British Blockchain Association* [Preprint]. Available at: [https://doi.org/10.31585/jbba-6-1-\(3\)2023](https://doi.org/10.31585/jbba-6-1-(3)2023).

Application Binary Interface (no date). Available at: <https://docs.ethers.org/v5/api/utis/abi/> (Accessed: 2 September 2023).

Ball, M. (2022) *The Metaverse: And How It Will Revolutionize Everything*. Liveright Publishing.

Cai, W. *et al.* (2018) ‘Decentralized Applications: The Blockchain-Empowered Software System’, *IEEE Access*, 6, pp. 53019–53033. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870644>.

Chirtoaca, D., Ellul, J. and Azzopardi, G. (2020) ‘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). 2020 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPS)*, pp. 100–105. Available at: <https://doi.org/10.1109/DAPPS49028.2020.00012>.

Create a Metaverse using Three.js, Solidity and NFT Tokens (no date) Udemy. Available at: <https://www.udemy.com/course/create-a-metaverse/> (Accessed: 14 June 2023).

Creating a scene – three.js docs (no date). Available at: <https://threejs.org/docs/#manual/en/introduction/Creating-a-scene> (Accessed: 14 June 2023).

Dasig, D. (2020) ‘Handbook of IoT and Blockchain’, *Handbook of IoT and Blockchain* [Preprint]. Available at: https://www.academia.edu/89730446/Handbook_of_IoT_and_Blockchain (Accessed: 27 May 2023).

Documentation - OpenZeppelin Docs (no date). Available at: <https://docs.openzeppelin.com/> (Accessed: 2 September 2023).

Duman, O. (2022) *METAVVERSE: THE FUTURE OF THE E-COMMERCE*, Medium. Available at: <https://arvrjourney.com/metaverse-the-future-of-the-e-commerce-65d5581e0790> (Accessed: 23 November 2022).

Gadekallu, T.R. *et al.* (2022) ‘Blockchain for the Metaverse: A Review’. arXiv. Available at: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.09738>.

Home | MetaMask developer documentation (no date). Available at: <https://docs.metamask.io/> (Accessed: 2 September 2023).

Kraus, S. *et al.* (2022) ‘Facebook and the creation of the metaverse: radical business model innovation or incremental transformation?’, *International Journal of Entrepreneurial*

Behavior & Research, 28(9), pp. 52–77. Available at: <https://doi.org/10.1108/IJEBR-12-2021-0984>.

Krishnamurthy, R. *et al.* (2022) ‘Transforming Your Brand Using the Metaverse: Eight Strategic Elements to Plan For’, *California Management Review Insights* [Preprint]. Available at: <https://cmr.berkeley.edu/2022/12/transforming-your-brand-using-the-metaverse-eight-strategic-elements-to-plan-for/> (Accessed: 31 May 2023).

Lee, L.-H. *et al.* (2021) ‘All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda’. arXiv. Available at: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.05352>.

Mystakidis, S. (2022) ‘Metaverse’, *Encyclopedia*, 2(1), pp. 486–497. Available at: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>.

nitinsoni (2023) ‘Metaverse in eCommerce: Everything You Need to Know’, *Appinventiv*, 5 April. Available at: <https://appinventiv.com/blog/metaverse-in-ecommerce-business/> (Accessed: 5 July 2023).

Salcini, S. and Yerlikaya, T. (2022) ‘METAVERSE: TECHNOLOGY OF THE FUTURE’, *PRIZREN SOCIAL SCIENCE JOURNAL*, 6, pp. 55–63. Available at: <https://doi.org/10.32936/pssj.v6i3.332>.

Shen, B. *et al.* (2021) ‘How to Promote User Purchase in Metaverse? A Systematic Literature Review on Consumer Behavior Research and Virtual Commerce Application Design’, *Applied Sciences*, 11(23), p. 11087. Available at: <https://doi.org/10.3390/app112311087>.

Simple Decentralized App Architecture (2016) *karl.tech*. Available at: <https://karl.tech/simple-dapp-architecture/> (Accessed: 27 May 2023).

Six, N., Herbaut, N. and Salinesi, C. (2022) ‘Blockchain software patterns for the design of decentralized applications: A systematic literature review’, *Blockchain: Research and Applications*, 3(2), p. 100061. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bcr.2022.100061>.

Solidity by Example — Solidity 0.8.20 documentation (no date). Available at: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.20/solidity-by-example.html> (Accessed: 14 June 2023).

SPDX License List | Software Package Data Exchange (SPDX) (no date). Available at: <https://spdx.org/licenses/preview/> (Accessed: 29 April 2023).

Subramanian, H. (2017) ‘Decentralized blockchain-based electronic marketplaces’, *Communications of the ACM*, 61(1), pp. 78–84. Available at: <https://doi.org/10.1145/3158333>.

Wang, Qin *et al.* (2021) ‘Non-Fungible Token (NFT): Overview, Evaluation, Opportunities and Challenges’. arXiv. Available at: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.07447>.

web3.js - Ethereum JavaScript API — web3.js 1.0.0 documentation (no date). Available at: <https://web3js.readthedocs.io/en/v1.10.0/> (Accessed: 14 June 2023).

Yano, M. *et al.* (eds) (2020) *Blockchain and Crypto Currency: Building a High Quality Marketplace for Crypto Data*. Singapore: Springer Singapore (Economics, Law, and Institutions in Asia Pacific). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-981-15-3376-1>.

YEC (no date) *Council Post: How The Metaverse Will Reshape E-Commerce Forever*, *Forbes*. Available at: <https://www.forbes.com/sites/theyec/2022/01/24/how-the-metaverse-will-reshape-e-commerce-forever/> (Accessed: 23 November 2022).