ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΞΕΡΕΥΝΩΝΤΑΣ ΤΟ METAVERSE: ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εισηγήτρια: Ειρήνη Καλαφάτη, Α.Μ. 1254
Επιβλέπων: Γεώργιος Βασιλειάδης, Επίκουρος Καθηγητής

©
2024

HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY
SCHOOL OF MANAGEMENT AND ECONOMICS SCIENCE
DEPT OF MANAGEMENENT SCIENCE AND TECHNOLOGY

EXPLORING THE METAVERSE: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES FOR THE DIGITAL ECONOMY

DIPLOMA THESIS

Student: Eirini Kalafati, ID. 1254
Supervisor: Giorgos Vasiliadis, Assistant Professor

©
2024

Υπεύθυνη Δήλωση *: Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ.*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Metaverse αποτελεί ένα συνδυασμό πολλών διαφορετικών ψηφιακών τεχνολογιών και στοχεύει στη δημιουργία ενός εικονικού χώρου που συνδυάζει την επαυξημένη και την εικονική πραγματικότητα, μέσα στον οποίο οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο είτε μεταξύ τους είτε με ψηφιακά αντικείμενα.
Στην παρούσα εργασία περιγράφουμε τις θεμελιώδεις έννοιες του Metaverse, εστιάζοντας στις σημαντικότερες τεχνολογίες που χρησιμοποιεί, μεταξύ των οποίων η τεχνητή νοημοσύνη, η εκτεταμένη πραγματικότητα, τα ψηφιακά δίδυμα και το blockchain. Καταρχήν, το Metaverse μπορεί να αποτελέσει ένα καινοτόμο μέσο εξέλιξης σε διάφορους επιχειρηματικούς τομείς, όπως η διαφήμιση, το μάρκετινγκ και η εκπαίδευση, αλλά και σε επιστημονικούς κλάδους, όπως για παράδειγμα, στην ιατρική, αλλάζοντας ουσιαστικά την διεπαφή με τον κόσμο όπως τον γνωρίζουμε μέχρι τώρα. Ωστόσο, παρά τις ευκαιρίες και τις δυνατότητες που προσφέρει, είναι απαραίτητο να προβλεφθούν και να αντιμετωπιστούν προβλήματα που σχετίζονται κυρίως με την ασφάλεια και την προστασία των προσωπικών δεδομένων, την διακυβέρνηση, την ισότιμη πρόσβαση, και την προστασία του κοινωνικού συνόλου.

Λέξεις-κλειδιά: Metaverse, Εικονική Πραγματικότητα, Ψηφιακά Δίδυμα, Blockchain

ABSTRACT

Metaverse is a combination of many different emerging digital technologies and aims to create a shared virtual space that merges augmented and virtual reality, in which users can interact with each other and with digital objects in real time.

In this thesis, we describe the fundamental concepts of Metaverse, focusing on the underlying technologies, including artificial intelligence, augmented reality, digital twins and blockchain. In principle, Metaverse can be an innovative platform for disrupting many business sectors, such as advertising, marketing and education, as well as scientific domains, such as medicine, fundamentally changing the experience of interfacing with the world as we know it so far. However, despite the opportunities and the possibilities offered, it is necessary to anticipate and address problems mainly related to security and privacy, governance, equal access, and the protection of the society as a whole.

Keywords: Metaverse, Virtual Reality, Digital Twins, Blockchain

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 4

ABSTRACT 5

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ 6

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 7

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ 9

2.1. Ιστορική Εξέλιξη και Πρώιμες Μορφές του Metaverse 9
2.2. Η έννοια του Metaverse 11
2.3. Κύρια χαρακτηριστικά του Metaverse 13

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ METAVERSE 15

3.1. Διευρυμένη, Εικονική, και Επαυξημένη Πραγματικότητα 15
3.2. Ψηφιακά Δίδυμα 17
3.3. Blockchain και Αποκεντρωμένες Τεχνολογίες 20
3.4. Τεχνητή Νοημοσύνη και Μηχανική Μάθηση 22

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ 25

4.1. Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις 25
4.2. Εκπαιδευτικές δραστηριότητες 27
4.3. Ψυχαγωγικές δραστηριότητες και Παιχνίδια στο Metaverse 28
4.4. Επιχειρήσεις και εμπόριο 30
4.5. Υγειονομικός τομέας 33

5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ 36

5.1. Μετάβαση στο εικονικό οικονομικό σύστημα 36
5.2. Επιχειρηματικά μοντέλα 38

6. ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ 45

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 52

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 54

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο βασικός στόχος το Metaverse είναι η δημιουργία ενός κοινόχρηστου ψηφιακού περιβάλλοντος, χρησιμοποιώντας συνδυαστικά διάφορες αναδυόμενες ψηφιακές τεχνολογίες, όπως η επαυξημένη πραγματικότητα, τα ψηφιακά δίδυμα, και το blockchain (Gadekallu et al., 2022; Warin & Reinhardt, 2022). Η σημασία του Metaverse υπογραμμίζεται από τη δυνατότητά του να διευρύνει τα όρια των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Jian et al., 2022). Προσδίδει νέο δυναμισμό σε διάφορους τομείς, όπως οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, η εκπαίδευση, το εμπόριο, και η υγεία (Lin et al., 2022). Καθώς ο ψηφιακός μετασχηματισμός αυξάνεται σε διάφορους τομείς, το Metaverse αποτελεί απόδειξη των απεριόριστων δυνατοτήτων που μπορούν να προκύψουν όταν συνδιάζονται διάφορες ψηφιακές τεχνολογίες (Ning et al., 2023). Αντικατοπτρίζοντας τον πραγματικό κόσμο, το Metaverse επιδιώκει όχι μόνο να δημιουργήσει έναν ψηφιακό χώρο, αλλά και να εγκαθιδρύσει ένα εικονικό οικονομικό σύστημα (Belk, Humayun, & Brouard, 2022).

Η συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζει τα κύρια χαρακτηριστικά Metaverse και τις επιμέρους τεχνολογίες που ενσωματώνει, όπως η διευρυμένη, η εικονική, η επαυξημένη και η μεικτή πραγματικότητα, τα ψηφιακά δίδυμα, το blockchain, η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η μετάβαση του Metaverse στο εικονικό οικονομικό σύστημα, τον τρόπο λειτουργίας και ανάπτυξης του, τα επιμέρους χαρακτηριστικά του, και τις εξελίξεις που σηματοδοτεί στον πραγματικό και ψηφιακό οικονομικό κόσμο. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι προοπτικές εξέλιξης που ανοίγονται μέσω του Metaverse στον τομέα της εκπαίδευσης, στον εμπορικό και επιχειρηματικό τομέα, αλλά και η συμβολή του στη μετεξέλιξη των βιντεο-παιχνιδιών και της ψυχαγωγίας, ενώ γίνεται αναφορά στις εφαρμογές που αναμένεται να συμβάλλουν σημαντικά στον τομέα της υγείας. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά σε καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα που έχουν εφαρμογή στο Metaverse και επεξηγείται ο ρόλος των κρυπτονομισμάτων και των NFT στην οικονομική διάσταση του. Επίσης, αναλύονται οι οικονομικές ευκαιρίες και προκλήσεις που παρουσιάζονται με την δυνητική επέκταση του, και παρουσιάζονται οι κοινωνικές επεκτάσεις του Metaverse, οι προκλήσεις αλλά και οι επιπλοκές που μπορεί να προκύψουν. Τέλος, παρουσιάζονται οι τρέχουσες απειλές, οι

προκλήσεις, οι ανησυχίες και οι ηθικές συνέπειες που μπορεί να παρουσιαστούν και προτείνονται διάφοροι τρόποι επίλυσης και ανάλογες κατευθύνσεις που θα οδηγήσουν σε μία ορθότερη εφαρμογή του.

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε την ιστορική εξέλιξη και τις πρώιμες μορφές του Metaverse, τους ισχύοντες ορισμούς και τις ερμηνείες που του αποδίδονται, καθώς και τα χαρακτηριστικά που το διαφοροποιούν από άλλες εμπειρίες εικονικής πραγματικότητας.

2.1. Ιστορική Εξέλιξη και Πρώιμες Μορφές του Metaverse

Αρχικά, η δημιουργία του υπολογιστή διευκόλυνε σημαντικά την ανθρωπότητα στην επίλυση προβλημάτων που απαιτούν μεγάλη υπολογιστική ισχύ (Schier, 2018-Kurzweil, Richter, Kurzweil, & Schneider, 1990). Ωστόσο, η συνεχιζόμενη αύξηση της υπολογιστικής ισχύος και των υπολογιστικών δυνατοτήτων μετέτρεψε σταδιακά τα υπολογιστικά μηχανήματα σε καθημερινές συσκευές, επηρεάζοντας σημαντικά τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Leiner et al., 2009). Η έλευση του Διαδικτύου σηματοδότησε μια εποχή αυξημένης διασυνδεσιμότητας, προσφέροντας λειτουργικότερους και γρηγορότερους τρόπους διάδοσης των πληροφοριών και των δεδομένων. Αυτή η ψηφιακή αναγέννηση ενίσχυσε τους τρόπους επικοινωνίας και προκάλεσε βαθιές κοινωνικοπολιτισμικές αλλαγές. Ενώ οι πρώτοι ψηφιακοί πολίτες αλληλεπιδρούσαν με το Διαδίκτυο μόνο μέσω επιτραπέζιων υπολογιστών, αυτό μετατράπηκε στη συνέχεια σε μια αμεσότερη διαδραστικότητα μέσω των φορητών συσκευών, οδηγώντας σε μια ολοένα και μεγαλύτερη διείσδυση του Διαδικτύου στην καθημερινότητα (Anderson & Tracey, 2001).

Η εκτεταμένη ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή, έθεσε τις βάσεις για τη γέννηση του Metaverse, μιας συγχώνευσης διαφόρων ψηφιακών τεχνολογιών για τη δημιουργία ενός κοινού εικονικού χώρου. Το όραμα του Metaverse είναι να κατασκευάσει ένα ψηφιακό περιβάλλον, εγκαθιστώντας ένα εικονικό οικονομικό σύστημα και διευρύνοντας το πεδίο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Turchet, 2023). Το Metaverse μέσα από τον συνδυασμό και την σύνθεση διάφορων τεχνολογιών μπορεί να δώσει νέα πνοή σε κοινωνικούς, οικονομικούς και άλλους τομείς.

Οι πρώιμες μορφές του Metaverse άρχισαν να εμφανίζονται με την έλευση του Διαδικτύου. Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και του 1990, κοινότητες όπως τα Multi-User Dungeons (MUDs) και αργότερα τα Massively Multiplayer Online Role-Playing Games (MMORPGs) όπως το "World of Warcraft" (Abbate et al., 2022) παρείχαν υποτυπώδεις διαδραστικούς εικονικούς κόσμους για χρήστες από όλο τον κόσμο για να επικοινωνούν, να συνεργάζονται και να κατασκευάζουν εικονικές εναλλακτικές πραγματικότητες. Εικονικοί κόσμοι όπως το "Second Life", που ξεκίνησε το 2003 (Molka-Danielsen & Deutschmann, 2009), επέκτειναν αυτή την ιδέα, επιτρέποντας στους χρήστες να δημιουργούν, να προσαρμόζουν και να εμπορεύονται εικονική ιδιοκτησία. Στη συνέχεια και μέσω της εξέλιξης των τεχνολογιών επαυξημένης πραγματικότητας (augmented reality) και εικονικής πραγματικότητας (virtual reality), άρχισε να διαμορφώνεται μία πιο διακριτή εξέλιξη, που αποτέλεσε τον προάγγελο του Metaverse. Πλατφόρμες όπως το Oculus Rift και συσκευές όπως το HoloLens της Microsoft (Rostami & Maier, 2022), παρείχαν στους χρήστες εμπειρίες που δεν περιορίζονται μόνο σε μια οθόνη, αλλά παντού γύρω τους, προσφέροντας μετασχηματιστικές δυνατότητες ενός πλήρως υλοποιημένου Metaverse (Choi & Kim, 2017). Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, η γραμμή μεταξύ της φυσικής πραγματικότητας και των ψηφιακών κόσμων του Metaverse γίνεται όλο και πιο λεπτή (Bojic, 2022).

Ο Μαρκ Ζούκερμπεργκ ανακοίνωσε τον Οκτώβριο του 2021 ότι το Facebook θα αλλάξει το όνομά του σε Meta και θα κάνει επίσης σημαντικές επενδύσεις στο Metaverse (Kim, 2021). Το όραμα του Ζούκερμπεργκ δεν είχε να κάνει με τη διαφήμιση, η οποία παρέχει το μεγαλύτερο μέρος των σημερινών κερδών του Facebook, ούτε με την αύξηση του συνολικού μεγέθους του κοινωνικού δικτύου, το οποίο έχει ήδη περίπου τρία δισεκατομμύρια μηνιαίους ενεργούς χρήστες. Συνοψίζοντας, η εισαγωγή του Facebook από τον Μαρκ Ζούκερμπεργκ μετατόπισε την προσοχή όλων στο Metaverse και αποκάλυψε ότι θα είναι η επόμενη μεγάλη υπολογιστική πλατφόρμα μετά από τα έξυπνα τηλέφωνα (Saker & Frith, 2022).

2.2. Η έννοια του Metaverse

Το Metaverse, παρά την αυξανόμενη δημοτικότητά του, δεν έχει έναν καθολικά αποδεκτό ορισμό (Weinberger, 2022). Διαφορετικοί ερευνητές προσφέρουν ιδέες βασισμένες στις μοναδικές τους οπτικές γωνίες, ωστόσο υπάρχει μια συνεπής βασική κατανόηση: το Metaverse προσφέρει την ύπαρξη ενός εικονικού κόσμου, όπου οι χρήστες μπορούν να προσομοιώσουν μια σειρά από δραστηριότητες που μιμούνται τον πραγματικό κόσμο, ενώ αλληλεπιδρούν με αυτόν (Peukert et al., 2022). Θεωρείται ως το επόμενο εξελικτικό βήμα στις διαδικτυακές εφαρμογές, που προκύπτει από τον συνδυασμό πολλών διαφορετικών τεχνολογιών. Αυτός ο εικονικός χώρος όχι μόνο αντικατοπτρίζει τις δραστηριότητες του πραγματικού κόσμου, αλλά παρουσιάζει ευκαιρίες για αλληλεπιδράσεις που υπερβαίνουν τους φυσικούς περιορισμούς.

Το Metaverse συχνά εννοιολογείται ως ένα τεράστιο, διαρκές ψηφιακό σύμπαν που λειτουργεί παράλληλα με τον φυσικό μας κόσμο. Αυτός ο εκτεταμένος χώρος δεν περιορίζεται σε μία μόνο πλατφόρμα ή εφαρμογή; πρόκειται για έναν διασυνδεδεμένο ιστό τρισδιάστατων εικονικών κόσμων, περιβαλλόντων και περιουσιακών στοιχείων (Carey, 2022). Οι χρήστες, που συχνά εκπροσωπούνται μέσω avatars, περιηγούνται σε αυτό το ψηφιακό κόσμο, συμμετέχοντας σε μια σειρά εμπειριών που κυμαίνονται από κοινωνικές αλληλεπιδράσεις έως οικονομικές συναλλαγές. Το Metaverse, υπό αυτή την έννοια, αποτελεί συνέχεια και εξέλιξη του διαδικτύου, προσφέροντας μια δυναμική και φυσική αναπαράσταση των ψηφιακών εμπειριών (Barrera & Shah, 2023).

Η μετατόπιση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων προς τα εικονικά περιβάλλοντα επιταχύνθηκε περαιτέρω με την πανδημία COVID-19, η οποία μετέτρεψε την ψηφιακή χρησιμότητα σε αναγκαία καθημερινή πραγματικότητα (Whitelaw et al., 2020). Αυτή η νέα πραγματικότητα ξεπέρασε τα όρια των επίπεδων οθονών, με τις τρισδιάστατες αλληλεπιδράσεις σε τρισδιάστατους χώρους να γίνονται πραγματική ανάγκη. Με την ωρίμανση τεχνολογιών όπως η εικονική πραγματικότητα, η τεχνητή νοημοσύνη, το blockchain, τα ψηφιακά δίδυμα, το 5G και το Web 3.0, η ιδέα μιας τρισδιάστατης ενιαίας ψηφιακής πλατφόρμας διαμορφώνεται πλέον σε πραγματικότητα (Botín-Sanabria et al., 2022). Η σύγκλιση αυτών των διαφορετικών ψηφιακών τεχνολογιών έχει φέρει την έννοια του Metaverse στο προσκήνιο.

Οι ερμηνείες του Metaverse συχνά διαφέρουν ανάλογα με τον εκάστοτε ενδιαφερόμενο. Οι εταιρείες τεχνολογίας, οι προγραμματιστές και οι επενδυτές μπορεί να το θεωρούν ως μια τεράστια ευκαιρία για νέα επιχειρηματικά μοντέλα, προσφορές προϊόντων και πηγές εσόδων. Εστιάζουν ιδιαίτερα στις οικονομικές και πτυχές της υποδομής του, όπως η ανάπτυξη εικονικών ακινήτων, ψηφιακών αγαθών και υπηρεσιών (Kim, 2021). Οι καλλιτέχνες και οι δημιουργοί περιεχομένου, από την άλλη πλευρά, μπορεί να βλέπουν το Metaverse ως ένα νέο περιβάλλον για τη δημιουργική έκφραση, έναν χώρο όπου τα όρια της πραγματικότητας δεν περιορίζουν τη φαντασία και όπου μπορούν να δημιουργηθούν νέες μορφές τέχνης, αφήγησης ιστοριών και εμπειριών (Lee et al., 2021).

Για το ευρύ κοινό, το Metaverse ενέχει τόσο θετικές όσο και αρνητικές προεκτάσεις. Ορισμένοι το οραματίζονται ως έναν εκδημοκρατισμένο χώρο, που επιτρέπει μεγαλύτερη συνδεσιμότητα, μάθηση και τη δυνατότητα διασύνδεσης με την παγκόσμια κοινότητα. Άλλοι εκφράζουν ανησυχίες για θέματα όπως η προστασία της ιδιωτικής ζωής, η ασφάλεια των δεδομένων και η πιθανή επιδείνωση των υφιστάμενων κοινωνικών ανισοτήτων (Zhao et al., 2022). Όπως συμβαίνει με κάθε σημαντική τεχνολογική αλλαγή, ο ορισμός του Metaverse είναι ρευστός και διαμορφώνεται από τις εξελισσόμενες τεχνολογίες, τις πολιτισμικές αλλαγές και τις κοινωνικές ανάγκες και ανησυχίες.

Η έρευνα για το Metaverse είναι εκτεταμένη και καλύπτει διάφορες πτυχές, τόσο τεχνολογικές όσο και κοινωνιολογικές, μέσω των επιπτώσεων που μπορεί να έχει στον πραγματικό κόσμο. Ωστόσο, η συνολική κατανόηση της υπόστασης του Metaverse, παραμένει ελλιπής στην τρέχουσα βιβλιογραφία. Ορισμένοι εμβαθύνουν στις τεχνικές λεπτομέρειες και τις προκλήσεις, άλλοι επικεντρώνονται στις εφαρμογές του σε διάφορους τομείς. Ωστόσο, εξακολουθεί να λείπει μια ενιαία επισκόπηση που να καλύπτει τα πάντα, από το τεχνικό πλαίσιο του Metaverse έως τα ζητήματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας, καθώς και τις δυνατότητες των εφαρμογών του σε σημαντικούς τομείς. Αυτό αναδεικνύει την ανάγκη για μια ολιστική κατανόηση του Metaverse που να αποτυπώνει την ουσία, τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες του (Chen et al., 2022).

2.3. Κύρια χαρακτηριστικά του Metaverse

Το Metaverse χαρακτηρίζεται ουσιαστικά από την ικανότητά του να δημιουργεί έναν εικονικό ψηφιακό χώρο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές ψηφιακές πλατφόρμες ή τις απομονωμένες εικονικές πραγματικότητες, το Metaverse στοχεύει να αποτελέσει ένα εκτεταμένο, μόνιμο περιβάλλον όπου οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν απρόσκοπτα, να κοινωνικοποιούνται και να διεξάγουν επιχειρηματικές δραστηριότητες (Enache, 2022). Έχει σχεδιαστεί για να μιμείται και να επεκτείνει τον πραγματικό κόσμο, παρέχοντας μια πλατφόρμα όπου η φυσική και η ψηφιακή πραγματικότητα αναμειγνύονται. Αυτό το πρωτόγνωρο περιβάλλον υλοποιείται μέσα από ένα συνδυασμό τεχνολογιών, που το κάνει να ξεχωρίζει και να διαφοροποιείται από άλλες εικονικές εμπειρίες.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του Metaverse είναι η διασύνδεσή του με διάφορες τεχνολογίες αιχμής. Για παράδειγμα, η εικονική πραγματικότητα παρέχει μια ρεαλιστική εμπειρία, ενώ τεχνολογίες όπως το blockchain εξασφαλίζουν την αυθεντικότητα και την ιδιοκτησία των εικονικών περιουσιακών στοιχείων, επιτρέποντας τη δημιουργία ενός εικονικού χρηματοπιστωτικού συστήματος (Gadekallu et al., 2022). Τα ψηφιακά δίδυμα, από την άλλη πλευρά, αναπαράγουν στον εικονικό χώρο οντότητες του πραγματικού κόσμου, ενισχύοντας τη σύγκλιση μεταξύ φυσικού και ψηφιακού κόσμου. Αυτές οι διασυνδεδεμένες τεχνολογίες όχι μόνο τροφοδοτούν το Metaverse, αλλά εξασφαλίζουν την επεκτασιμότητα και την προσαρμοστικότητά του (Lv et al., 2022).

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που διακρίνουν το Metaverse είναι η διάρκεια ζωής του. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά βιντεοπαιχνίδια ή τις ψηφιακές πλατφόρμες που μπορούν να απενεργοποιηθούν ή να μηδενιστούν, το Metaverse υπάρχει συνεχώς. Οι ενέργειες που γίνονται σε αυτό έχουν μόνιμες συνέπειες, παρόμοια με τη συνέχεια του πραγματικού κόσμου. Αυτή η ανθεκτικότητα σε βάθος χρόνου, σημαίνει ότι τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία και οι κατασκευές παραμένουν, τα γεγονότα έχουν αέναη υπόσταση, και η ιστορία του Metaverse γίνεται ένα σωρευτικό αρχείο των αλληλεπιδράσεων των χρηστών (Mystakidis, 2022). Ουσιαστικά, εξελίσσεται και αναπτύσσεται με βάση τις ενέργειες των χρηστών, δημιουργώντας ένα δυναμικό και ζωντανό ψηφιακό οικοσύστημα.

Η διαλειτουργικότητα είναι ένα άλλο καθοριστικό χαρακτηριστικό του Metaverse. Ενώ το διαδίκτυο διαθέτει διάφορες πλατφόρμες και εφαρμογές που λειτουργούν σε μεγάλο βαθμό μεμονωμένα, το Metaverse αποτελεί ένα χώρο όπου τα περιουσιακά στοιχεία, οι ταυτότητες και οι εμπειρίες μπορούν να μεταβούν απρόσκοπτα μεταξύ διαφορετικών περιβαλλόντων και πλατφορμών (Ghirmai et al., 2022). Ένας χρήστης μπορεί, για παράδειγμα, να αγοράσει ένα ψηφιακό ρούχο σε ένα εικονικό περιβάλλον και να το φορέσει σε ένα άλλο, ή να χρησιμοποιήσει ένα μοναδικό avatar σε διάφορους εικονικούς χώρους. Αυτή η λειτουργικότητα μεταξύ των διαφόρων πλατφόρμων, διευκολύνεται από κοινά πρότυπα, πρωτόκολλα και τεχνολογίες blockchain, διασφαλίζοντας ότι τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία και οι ταυτότητες παραμένουν συνεπή και επαληθεύσιμα σε όλο το Metaverse (Gadekallu et al., 2022).

Τέλος, το Metaverse διευκολύνει τη διαμόρφωση μιας εικονικής οικονομίας. Η οικονομία αυτή κινείται από εικονικά περιουσιακά στοιχεία, ψηφιακά ακίνητα, ακόμη και υπηρεσίες που οι χρήστες μπορούν να ανταλλάσσουν, να αγοράζουν ή να πωλούν. Τα κρυπτονομίσματα και τα NFTs ενισχύουν περαιτέρω αυτή την οικονομία εξασφαλίζοντας ασφαλείς συναλλαγές και επαληθεύσιμη ιδιοκτησία ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων (Belk, Humayun, & Brouard, 2022). Σε αντίθεση με τα παθητικά μέσα όπου οι χρήστες απλώς καταναλώνουν περιεχόμενο, το Metaverse είναι συμμετοχικό (Lee & Wei, 2021). Οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν περιβάλλοντα, περιουσιακά στοιχεία και εμπειρίες, αποκομίζοντας συχνά οικονομικά οφέλη από τις δημιουργίες τους. Αυτή η οικονομία υποστηρίζεται από ψηφιακά νομίσματα και το blockchain, δημιουργώντας νέα επιχειρηματικά μοντέλα και ευκαιρίες. Από την αγορά εικονικών ακινήτων, έως την παρακολούθηση συναυλιών ολογραφικών καλλιτεχνών, η οικονομία του Metaverse συνδυάζει την ψυχαγωγία, το εμπόριο και την κοινωνική αλληλεπίδραση σε μια τεράστια ψηφιακή αγορά (Yemenici, 2022).

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ METAVERSE

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε συγκεκριμένες ορολογίες (όπως διευρυμένη, εικονική, επαυξημένη και μεικτή πραγματικότητα, ψηφιακά δίδυμα, blockchain και αποκεντρωμένες τεχνολογίες, τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση) προβάλλοντας τα επιμέρους χαρακτηριστικά τους αλλά και τον τρόπο συσχέτισης και ενσωμάτωσης τους στο Metaverse.

3.1. Διευρυμένη, Εικονική, και Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η αρχιτεκτονική του Metaverse μπορεί να χωριστεί σε διάφορα επίπεδα, με τη διευρυμένη πραγματικότητα να παίζει καθοριστικό ρόλο στο επίπεδο αλληλεπίδρασης. Η πρωταρχική λειτουργία αυτού του επιπέδου είναι να διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων και του εικονικού κόσμου, εξασφαλίζοντας μια καθηλωτική εμπειρία χρήστη. Οι τεχνολογίες σε αυτόν τον τομέα περιλαμβάνουν συσκευές αντίληψης, διεπαφές ανθρώπινου εγκεφάλου και υπολογιστή, ακόμη και ρομπότ (Kohli et al., 2022). Οι τεχνολογίες διευρυμένης πραγματικότητας χρησιμεύουν ως γέφυρα για να εξασφαλιστεί ότι το Metaverse είναι ένα ζωντανό περιβάλλον που μπορεί να γίνει αισθητό, και όχι απλώς ένας ψηφιακός χώρος (Mystakidis, 2022).

Η εικονική πραγματικότητα είναι ένα ψηφιακό περιβάλλον που απορροφά πλήρως τους χρήστες, αποσυνδέοντάς τους από τον φυσικό κόσμο. Μέσω ειδικά σχεδιασμένων γυαλιών και μερικές φορές χειριστηρίων ή γαντιών χειρός, οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν με αυτό το περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο. Η δύναμη της εικονικής πραγματικότητας έγκειται στην ικανότητά της να δημιουργεί ένα πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς, από παιχνίδια και ψυχαγωγία έως εκπαίδευση και κατάρτιση. Με την προσομοίωση πραγματικών καταστάσεων, η εικονική πραγματικότητα μπορεί να παρέχει ασφαλή περιβάλλοντα για την εκπαίδευση σε τομείς όπως η ιατρική ή η

αεροπορία ή να παρέχει θεραπευτικές εφαρμογές για την ψυχική υγεία (Milman, 2018).

Η επαυξημένη πραγματικότητα εναποθέτει ψηφιακές πληροφορίες ή γραφικά στην όψη του πραγματικού κόσμου που βλέπει ο χρήστης. Σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα, η οποία βυθίζει τους χρήστες σε ένα εξ ολοκλήρου εικονικό περιβάλλον, η επαυξημένη πραγματικότητα ενισχύει τον πραγματικό κόσμο με πρόσθετα στρώματα ψηφιακού περιεχομένου. Μια από τις πιο δημοφιλείς εφαρμογές της είναι τα παιχνίδια, ωστόσο η επαυξημένη πραγματικότητα έχει τεράστιες δυνατότητες και σε άλλους τομείς, όπως το λιανικό εμπόριο, όπου οι χρήστες μπορούν να "δοκιμάσουν" προϊόντα εικονικά, ή στην εκπαίδευση, όπου οι μαθητές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε διαδραστικά τρισδιάστατα μοντέλα τα οποία βοηθούν τη μάθηση (Dunn, Shah, & Veríssimo, 2021). Οι εξελίξεις σε τεχνολογίες όπως η επαυξημένη πραγματικότητα έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του Metaverse (Ficarra, 2020). Ειδικά από το 2021 και μετά, η ανάπτυξη του Metaverse είναι αξιοσημείωτη και μπορεί να αποδοθεί εν μέρει στη συνδυαστική χρήση διαφόρων ψηφιακών τεχνολογιών, με σημαντική συμβολή της επαυξημένης πραγματικότητας (Mystakidis, 2022).

Τοποθετημένη μεταξύ των δύο προαναφερθεισών τεχνολογιών, η μεικτή πραγματικότητα συνδυάζει τον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο για να δημιουργήσει ένα νέο περιβάλλον όπου φυσικά και ψηφιακά αντικείμενα συνυπάρχουν και αλληλεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο (Bimber & Raskar, 2005). Χρησιμοποιώντας κατάλληλες συσκευές, οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν με ολογραφικό περιεχόμενο που τοποθετείται στον πραγματικό κόσμο. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να έχει ιδιαίτερη επίδραση σε κλάδους όπως η αρχιτεκτονική, όπου οι σχεδιαστές μπορούν να απεικονίσουν δομές στις πραγματικές τους θέσεις, ή στην υγειονομική περίθαλψη (Gerup, Soerensen, & Dieckmann, 2020), όπου μπορεί να βοηθήσει τους χειρουργούς με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια των διαδικασιών.

3.2. Ψηφιακά Δίδυμα

Τα ψηφιακά δίδυμα είναι ένα εικονικό μοντέλο μιας διαδικασίας, ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας (Glaessgen & Stargel, 2012), παρέχοντας ένα ψηφιακό αντίγραφο σε πραγματικό χρόνο που αποτυπώνει τον πλήρη κύκλο ζωής του φυσικού αντιγράφου του (El Saddik, 2018). Χρησιμοποιώντας δεδομένα από αισθητήρες ή άλλους μηχανισμούς εισόδου, αυτά τα δίδυμα είναι σε θέση να μιμηθούν την κατάσταση, τη συμπεριφορά και τις διαδικασίες των φυσικών οντοτήτων που αντιπροσωπεύουν και να κάνουν πρόβλεψη μίας διαδικασίας ή πρόληψη πιθανών κινδύνων στον φυσικό κόσμο. Μέσω των ψηφιακών διδύμων, διευκολύνεται ο συνεχής συγχρονισμός και επιτρέπει μια λεπτομερή εικόνα των πολύπλοκων συστημάτων (Verdouw et al., 2021).

Η σημασία των ψηφιακών διδύμων έγκειται στην τεράστια εφαρμοσιμότητά τους σε πολυάριθμους τομείς, όπως η μεταποίηση, η υγειονομική περίθαλψη, ο αστικός σχεδιασμός και η αεροδιαστημική, μεταξύ άλλων (Guo & Lv, 2022). Σε τομείς όπως η μεταποίηση, καθιστούν δυνατή την προληπτική συντήρηση, επιτρέποντας στις εταιρείες να προβλέπουν και να αντιμετωπίζουν πιθανές δυσλειτουργίες προτού εμφανιστούν, βελτιστοποιώντας έτσι τον χρόνο λειτουργίας και αυξάνοντας την αποδοτικότητα. Στον αστικό σχεδιασμό, τα ψηφιακά δίδυμα μπορούν να προσομοιώσουν ολόκληρες πόλεις, παρέχοντας πληροφορίες για τα σημεία καταπόνησης των υποδομών, προβλέποντας τη ροή της κυκλοφορίας και βοηθώντας στη διαχείριση των καταστροφών (Lv, Shang, & Guizani, 2022). Η ικανότητά τους να προσομοιώνουν σενάρια του πραγματικού κόσμου, να προβλέπουν αποτελέσματα και να παρέχουν λύσεις βάσει δεδομένων υπογραμμίζει την αξία τους στη σύγχρονη κοινωνία, οδηγώντας σε εξοικονόμηση κόστους, μείωση των κινδύνων και αύξηση της αποδοτικότητας.

Επιπλέον, τα ψηφιακά δίδυμα πρόκειται να διαδραματίσουν βασικό ρόλο στην εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης και του Διαδικτύου των πραγμάτων. Καθώς οι συσκευές IoT πολλαπλασιάζονται, παράγοντας τεράστιες ποσότητες δεδομένων, τα ψηφιακά δίδυμα χρησιμεύουν ως σημείο σύνδεσης, πλαισιώνοντας αυτά τα δεδομένα μέσα σε ένα προσομοιωμένο περιβάλλον. Αυτό όχι μόνο ενισχύει τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων, αλλά παρέχει επίσης πρόσφορο έδαφος για λύσεις που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, καθώς οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να

εκπαιδευτούν και να επικυρωθούν μέσα σε αυτά τα εικονικά περιβάλλοντα. Ως εκ τούτου, τα ψηφιακά δίδυμα δεν είναι μόνο ένα τελικό προϊόν της τεχνολογικής εξέλιξης, αλλά και ένας καταλύτης που προωθεί την ενσωμάτωση και τη συνέργεια της τεχνητής νοημοσύνης και του διαδίκτυο των πραγμάτων, αναδιαμορφώνοντας τους κλάδους και επαναπροσδιορίζοντας τα όρια του τι είναι εφικτό στην ψηφιακή εποχή (Al-Ali et al., 2020).

Τα οφέλη από τη χρήση των ψηφιακών διδύμων στο Metaverse παρατίθενται στη συνέχεια.

i. *Αμεταβλητότητα και διαφάνεια για τις συναλλαγές:* Με βάση την παραπάνω παραδοχή, παρέχεται αμεταβλητότητα και διαφάνεια στις συναλλαγές ψηφιακών διδύμων, συμπεριλαμβανομένης της αγοράς, της πώλησης ή της μεταβίβασης ιδιοκτησίας (Far & Rad, 2022). Επομένως, μπορεί να ειπωθεί ότι προστατεύονται από τις απάτες στον κυβερνοχώρο (Malik, Husain, Ali, & Elahi, 2023).
ii. *Αυτοματοποίηση:* Η τεχνολογία blockchain υποστηρίζει την αυτονομία, ώστε καμία αρχή ή προνομιούχος εσωτερικός παράγοντας να μην μπορεί να παρέμβει στα αποτελέσματα των ψηφιακών διδύμων (Leng et al., 2023). Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα των ψηφιακών διδύμων που βασίζονται στο Metaverse είναι αξιόπιστα.
iii. *Ταυτότητα και νομιμότητα των ψηφιακών διδύμων:* Με βάση την αποκεντρωμένη διαχείριση στο Metaverse, όλες οι επιτρεπόμενες ταυτότητες, είναι νόμιμες, δεδομένου ότι όλες γίνονται αποδεκτές στο πλαίσιο ενός πρωτοκόλλου συναίνεσης (Yaqoob et al., 2020).
iv. *Ασφάλεια και αξιοπιστία:* Το blockchain επιλύει ορισμένες προκλήσεις ασφαλείας (όχι όλες). ως εκ τούτου, τα ψηφιακά δίδυμα που βασίζονται στο Metaverse είναι πιο ασφαλή και αξιόπιστα από τα αντίστοιχα κεντρικοποιημένα (Khan et al., 2022).
v. *Παρακολούθηση υψηλής ακρίβειας για τα ψηφιακά δίδυμα σε παγκόσμιο επίπεδο:* Οι ιδιότητες του blockchain, συμπεριλαμβανομένων των μπλοκ σύνδεσης, της διαφάνειας και της αμεταβλητότητας, παρέχουν παγκόσμια ιχνηλασιμότητα για τα ψηφιακά δίδυμα και τις σχετικές αντιστοιχίες (Hemdan & Mahmoud, 2021).

vi. *Διασφάλιση του κύκλου ζωής των προϊόντων:* Όπως και με το προηγούμενο στοιχείο, κάθε ψηφιακό δίδυμο που βασίζεται στο Metaverse και ο συνδεδεμένος με αυτό κύκλος ζωής του προϊόντος του πραγματικού κόσμου είναι εύκολα ελεγχόμενος (Far & Rad, 2022).

vii. *Ομότιμες επικοινωνίες:* Η επικοινωνία P2P στο Metaverse εγγυάται την άμεση επικοινωνία μηχανή-προς-χρήστη ή χρήστη-προς-μηχανή χρησιμοποιώντας ψηφιακά δίδυμα χωρίς μεσάζοντες (Far & Rad, 2022).

viii. *Προνόμια πρόσβασης και συντονισμός δεδομένων αξιόπιστων ψηφιακών διδύμων:* Το blockchain, ως υποδομή του Metaverse, παρέχει προσβασιμότητα στα δεδομένα ψηφιακών διδύμων, η οποία είναι εύκολα διαχειρίσιμη για τους συντονιστές της εταιρείας (Song & Hong, 2021).

ix. *Επιβολή της διαφάνειας και της λογοδοσίας για τα δεδομένα ψηφιακών διδύμων:* Η διαφάνεια είναι ένα από τα πιο δημοφιλή χαρακτηριστικά του blockchain και φιλικές προς τον χρήστη ιδιότητες στο Metaverse (Yaqoob et al., 2020). Επιπλέον, η λογοδοσία μπορεί να αμβλύνει ρυθμιστικά ζητήματα για τη νομιμότητα και τη χρήση των ψηφιακών διδύμων.

x. *Αποκεντρωμένη υποδομή:* Το Metaverse παρέχει αποκεντρωμένη υποδομή για τα ψηφιακά δίδυμα όπου όλοι οι υποστηρίζονται όλες οι ιδιότητες του blockchain (Teisserenc & Sepasgozar, 2021). Ως εκ τούτου, η εφαρμογή των ψηφιακών διδύμων στο Metaverse είναι μια καλή και αξιόπιστη επιλογή.

Επιπλέον, μια ματιά στις ακαδημαϊκές δημοσιεύσεις αποκαλύπτει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τον τομέα των ψηφιακών διδύμων. Πολυάριθμες μελέτες έχουν εμβαθύνει στις τρέχουσες εφαρμογές, τις προκλήσεις και τις δυνατότητες των ψηφιακών διδύμων σε διάφορους κλάδους (Guo & Lv, 2022). Η ευελιξία τους κυμαίνεται από τη μεταποίηση έως την αστική διακυβέρνηση, υποδηλώνοντας ένα μέλλον όπου θα αποτελέσουν αναπόσπαστο μέρος της ψηφιακής μας ζωής. Καθώς μεταβαίνουμε σε έναν κόσμο με προσανατολισμό στο Metaverse, η σημασία των ψηφιακών διδύμων θα ενταθεί αναμφίβολα, οδηγώντας σε εξελίξεις στον τρόπο αλληλεπίδρασης, εργασίας ακόμα και διακυβέρνησης στο ψηφιακό πεδίο.

3.3. Blockchain και Αποκεντρωμένες Τεχνολογίες

Η τεχνολογία blockchain έχει αναδειχθεί ως ένας από τους θεμελιώδεις πυλώνες για την υλοποίηση του Metaverse (Gadekallu et al., 2022). Στον πυρήνα της, πρόκειται είναι μια αποκεντρωμένη τεχνολογία που επιτρέπει τη διαφανή και αμετάβλητη καταγραφή των συναλλαγών σε πολλούς υπολογιστές. Η σημασία της στο τοπίο του Metaverse είναι πολύπλευρη. Πρώτον, παρέχει ένα διαφανές και ασφαλές μέσο για τις συναλλαγές, διασφαλίζοντας ότι τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία και οι αλληλεπιδράσεις εντός του Metaverse διατηρούν την ακεραιότητά τους. Η πτυχή της αποκέντρωσης του blockchain διασφαλίζει ότι καμία οντότητα δεν έχει μονομερή έλεγχο, ενισχύοντας την αίσθηση εμπιστοσύνης και ισότητας στο ψηφιακό περιβάλλον (Jeon et al., 2022; Chen & Bellavitis, 2020).

Η τεχνολογία blockchain προτάθηκε ουσιαστικά ως υποδομή του Bitcoin από ένα ανώνυμο άτομο, στον οποίο έχει αποδοθεί το όνομα S. Nakamoto (Rahouti, Xiong, & Ghani, 2018). Το blockchain, κατέχει διαδοχικά μπλοκ, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω της τιμής κατακερματισμού της επικεφαλίδας του προηγούμενου μπλοκ (Crain, Gramoli, Larrea, & Raynal, 2017). Εκτός από τον αναπόφευκτο κρυπτογραφικό κατακερματισμό, σε ένα μπλοκ περιλαμβάνονται επίσης χρονοσφραγίδα και δεδομένα συναλλαγής. Η χρονοσφραγίδα μπλοκ θεωρείται έγκυρη μόνο εάν η τιμή της είναι μεγαλύτερη από τον προσαρμοσμένο στο δίκτυο χρόνο συν δύο ώρες και μεγαλύτερη από τη μέση χρονοσφραγίδα των προηγούμενων έντεκα μπλοκ, γεγονός που αποτρέπει τους αντιπάλους να χειραγωγήσουν ενδεχομένως την αλυσίδα μπλοκ (Zhang & Preneel, 2017; Gadekallu et al., 2022). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο προσαρμοσμένος από το δίκτυο χρόνος αναφέρεται στη διάμεσο των χρονοσφραγίδων από όλους τους συνδεδεμένους κόμβους. Η ομαλή εκτέλεση της αλυσίδας μπλοκ δεν διατηρείται μόνο από έναν ή περισσότερους κόμβους, αντίθετα, κάθε κόμβος στο δίκτυο αλυσίδας μπλοκ πρέπει να συμμορφώνεται με ένα κοινό πρωτόκολλο συναίνεσης για τη δημιουργία και επικύρωση νέων μπλοκ (Jayabalan & Jeyanthi, 2021; Gadekallu et al., 2022).

Το διάσημο Bitcoin υιοθετεί μηχανισμό Proof of Work (PoW), ο οποίος απαιτεί από τους miners οι οποίοι πραγματοποιούν την «εξόρυξη», να συνεισφέρουν μεγάλο αριθμό υπολογιστικής ισχύος για να βρουν μια απάντηση για το τυχαίο μαθηματικό πρόβλημα (Gervais et al., 2016). Προκειμένου να αποφευχθεί ο συγκεντρωτισμός της

υπολογιστικής ισχύος, η δυσκολία, επίσης που ονομάζεται nonce της δημιουργίας του επόμενου μπλοκ, αλλάζει δυναμικά με βάση τα 10 λεπτά ανά μπλοκ (Aoki & Shudo, 2019). Αν και η ασύλληπτη υπολογιστική ισχύς εμποδίζει την πλειοψηφία των επιτιθέμενων, το PoW οδηγεί επίσης σε αναποτελεσματικό ρυθμό συναλλαγών και υπερβολική ενέργεια κατανάλωση ενέργειας. Το Proof-of-Stake (PoS) αμβλύνει τα προβλήματα που επιφέρει το PoW, οπότε ο miner που θα γίνει ο τελικός νικητής εξαρτάται από την ποσότητα των συμμετοχών του στο αντίστοιχο κρυπτονόμισμα και όχι από την υπολογιστική ισχύ. Το πρόσφατα αναδυόμενο Inter Planetary File System (IPFS) διαδίδει τη συναίνεση Proof of Space (PoSpace), η οποία απαιτεί από τους συμμετέχοντες να παράσχουν κάποιο αποθηκευτικό χώρο για να αποδείξουν μια πρόκληση που έχει αναρτηθεί από τον πάροχο υπηρεσιών (Gadekallu et al., 2022). Τα δεδομένα των συναλλαγών οργανώνονται με τη μορφή δέντρου Merkle για κάθε μπλοκ, το οποίο βελτιώνει την αποτελεσματικότητα της επαλήθευσης (Liu et al., 2014). Το δέντρο Merkle επιτρέπει στους χρήστες να κατεβάσουν οποιοδήποτε κλάδο για έλεγχο χωρίς πλήρεις εγγραφές συναλλαγών.

Ουσιαστικά η τεχνολογία blockchain είναι ένα κατανεμημένο ηλεκτρονικό σύστημα που παρέχει αμεταβλητότητα, διαφάνεια και αυτονομία. Η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain επεκτείνεται πέρα από την απλή ακεραιότητα των συναλλαγών. Στη σφαίρα του Metaverse, η τεχνολογία blockchain υποστηρίζει τη δημιουργία και τη διαχείριση ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων, κυρίως των Non-Fungible Tokens (NFTs) (Wang et al., 2021). Αυτά τα μοναδικά ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία, επαληθεύσιμα μέσω της αλυσίδας μπλοκ, φέρνουν ριζικές αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο γίνεται αντιληπτή και ανταλλάσσεται η αξία στους ψηφιακούς χώρους. Οι χρήστες μπορούν πραγματικά να κατέχουν, να αγοράζουν, να πωλούν ή να ανταλλάσσουν εικονικά αντικείμενα, ακίνητα, ακόμη και εμπειρίες, με τη βεβαιότητα ότι η ιδιοκτησία τους είναι ασφαλής και επαληθεύσιμη. Αυτή η ιδιοκτησία δεν περιορίζεται σε μια μοναδική πλατφόρμα, αλλά μπορεί να μεταβιβαστεί και να αναγνωριστεί σε διάφορους διασυνδεδεμένους ψηφιακούς χώρους (Belk, Humayun, & Brouard, 2022).

Η αποκέντρωση στο Metaverse προάγει επίσης τη δράση και τον εκδημοκρατισμό των χρηστών. Οι παραδοσιακές διαδικτυακές πλατφόρμες ελέγχονται συχνά από κεντρικές οντότητες ή εταιρείες, οι οποίες έχουν τη δύναμη να τροποποιούν τους

όρους παροχής υπηρεσιών, να εκμεταλλεύονται τα δεδομένα των χρηστών σε χρήμα ή να επιβάλλουν πολιτικές περιεχομένου. Επιπλέον, οι αποκεντρωμένοι αυτόνομοι οργανισμοί (DAOs) αποτελούν παράδειγμα της δυνατότητας του blockchain να επαναπροσδιορίσει τις δομές διακυβέρνησης (El Faqir, Arroyo, & Hassan, 2020). Οι DAOs λειτουργούν με βάση προκαθορισμένους κανόνες του blockchain, εξαλείφοντας την ανάγκη για κεντρικό έλεγχο και ανοίγοντας δυνητικά το δρόμο για πιο δημοκρατικές ψηφιακές κοινότητες μέσα στο Metaverse (Singh & Kim, 2019).

Επιπλέον, η σύνδεση του blockchain με άλλες τεχνολογίες, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, ανοίγει πόρτες σε νέες εφαρμογές, ιδίως στο πλαίσιο του Metaverse (Mozumder et al., 2022). Αυτή η συμβολή μπορεί να οδηγήσει σε ασφαλέστερους μηχανισμούς ανταλλαγής δεδομένων, βελτιωμένη διαχείριση της ταυτότητας των χρηστών και καινοτόμες εφαρμογές της οικονομίας διαμοιρασμού (Gadekallu et al., 2022). Καθώς το Metaverse εξακολουθεί το πέρασμά του προς έναν καθολικό ψηφιακό χώρο, η τεχνολογία blockchain και οι αποκεντρωμένες τεχνολογίες θα διαδραματίσουν αναμφίβολα καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των υποδομών, της διακυβέρνησης και των οικονομικών παραδειγμάτων του (Huynh-The et al., 2023).

Η συγχώνευση του Metaverse με τεχνολογίες αποκεντρωμένης χρηματοδότησης (DeFi) διευρύνει περαιτέρω τις οικονομικές του δυνατότητες (Yang et al., 2022). Οι χρήστες δεν περιορίζονται μόνο στη διαπραγμάτευση ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων- μπορούν επίσης να συμμετέχουν σε δανεισμό, δανειοδότηση, στοιχηματισμό και πολλά άλλα, όλα μέσα στα εικονικά πεδία. Οι έξυπνες συμβάσεις, χαρακτηριστικό γνώρισμα της τεχνολογίας blockchain, αυτοματοποιούν και διασφαλίζουν την εκτέλεση των συμφωνιών, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη σε αυτές τις ψηφιακές συναλλαγές (Gadekallu et al., 2022). Διαπλέκοντας το Metaverse με τις αποκεντρωμένες τεχνολογίες, ξεδιπλώνεται ένας νέος ορίζοντας ψηφιακής αυτονομίας, οικονομίας και καινοτομίας, που αμφισβητεί τις παραδοσιακές μας αντιλήψεις για την ιδιοκτησία, τη διακυβέρνηση και τη χρηματοδότηση.

3.4. Τεχνητή Νοημοσύνη και Μηχανική Μάθηση

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει αναδειχθεί σε ουσιαστική γέφυρα μεταξύ του απτού και του εικονικού, ενσωματώνοντας απρόσκοπτα την πραγματική μας ζωή στο ψηφιακό

πεδίο (Huynh-The et al., 2023). Το Metaverse, στην προσπάθειά του για τρισδιάστατη αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο, εξαρτάται από την επεξεργασία δεδομένων υψηλής ταχύτητας, τις επιδόσεις σε πραγματικό χρόνο και την ισχυρή ευφυή υπολογιστική (Hwang & Chien, 2022). Εδώ, η τεχνητή νοημοσύνη δεν παίζει απλώς έναν ρόλο - είναι ο άξονας, εξασφαλίζοντας ότι οι εικονικές αντανακλάσεις της πραγματικότητας δεν είναι απλώς ψευδαισθήσεις αλλά ευέλικτες, προσαρμοστικές οντότητες.

Ο στόχος του Metaverse δεν είναι η απλή αναπαράσταση αλλά η συνύπαρξη. Είναι απαραίτητο οι υπολογιστές να ευθυγραμμίζονται με τις ανθρώπινες διαδικασίες σκέψης, λαμβάνοντας αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο που συμπληρώνουν τις ανθρώπινες δυνατότητες. Αυτό το επίπεδο συγχρονισμού απαιτεί τις προβλεπτικές ικανότητες της μηχανικής μάθησης και τις προσαρμοστικές ικανότητες της τεχνητής νοημοσύνης (Lee, Lee & Kim, 2022). Καθώς το Metaverse φιλοδοξεί να αποκτήσει έναν ευρύτερο ψηφιακό χώρο, η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει στην ενίσχυση της διείσδυσης του Διαδικτύου, καταλύοντας έτσι την εξέλιξη της ψηφιακής οικονομίας. Αυτή η συμμετοχική σχέση αναδεικνύει τις μετασχηματιστικές δυνατότητες της ενσωμάτωσης της τεχνητής νοημοσύνης στο Metaverse, σηματοδοτώντας μια αλλαγή παραδείγματος στον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τον ψηφιακό κόσμο (Bilotti et al., 2023).

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης στο Metaverse διαμορφώνει την εξέλιξή του, καθιστώντας το πιο προσαρμοστικό, ευφυές και επικεντρωμένο στον χρήστη. Οι εικονικοί βοηθοί και τα άβαταρ που λειτουργούν με τεχνητή νοημοσύνη γίνονται όλο και πιο διαδεδομένα (Khan et al., 2022). Αυτές οι οντότητες, καθοδηγούμενες από προηγμένους αλγορίθμους, μπορούν να επικοινωνούν με τους χρήστες, να τους καθοδηγούν σε διάφορα εικονικά περιβάλλοντα ή ακόμη και να βοηθούν στη δημιουργία περιεχομένου. Μπορούν να κατανοούν τις προτιμήσεις των χρηστών, να απαντούν σε ερωτήματα σε πραγματικό χρόνο και να προσφέρουν εξατομικευμένες εμπειρίες, καθιστώντας την πλοήγηση και την αλληλεπίδραση μέσα στο Metaverse πιο διαισθητική και ελκυστική (Mozumder et al., 2022).

Η μηχανική μάθηση, ως ένα υποσύνολο της τεχνητής νοημοσύνης, ενισχύει τις δυνατότητες εξατομίκευσης εντός του Metaverse. Αναλύοντας τεράστιες ποσότητες

δεδομένων, τα μοντέλα μηχανικής μάθησης μπορούν να προβλέψουν τις συμπεριφορές, τις προτιμήσεις, καθώς και τις τάσεις των χρηστών (Jeon et al., 2022). Αυτό σημαίνει ότι τα εικονικά περιβάλλοντα μπορούν να προσαρμοστούν σε μεμονωμένους χρήστες ή ομάδες, προσαρμοζόμενα δυναμικά σε πραγματικό χρόνο με βάση βρόχους ανατροφοδότησης. Για παράδειγμα, ένα εικονικό κατάστημα στο Metaverse θα μπορούσε να αναδιατάξει την οθόνη του με βάση τις προτιμήσεις του επισκέπτη ή μια εικονική συναυλία θα μπορούσε να αλλάξει τη λίστα των παραστάσεων με βάση τις αντιδράσεις του κοινού της σε πραγματικό χρόνο (Rosenberg, 2022). Αυτή η προσαρμοστικότητα διασφαλίζει ότι το Metaverse παραμένει σχετικό και συναρπαστικό για τους χρήστες του.

Πέρα από την εξατομίκευση, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης βοηθά στη δημιουργία και τη συντήρηση των τεράστιων και περίπλοκων οικοσυστημάτων Metaverse (Lee et al., 2021). Μπορούν να βοηθήσουν στην απόδοση τεράστιων ψηφιακών τοπίων, στην προσομοίωση ρεαλιστικής φυσικής και στη δημιουργία ποικίλων χαρακτήρων μη παικτών. Επιπλέον, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη συγκράτηση του περιεχομένου, τη διασφάλιση της ασφάλειας και τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών του δικτύου.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε τις κοινωνικές επεκτάσεις του Metaverse, τις προκλήσεις που παρουσιάζονται αλλά και τις προβλεπόμενες επιπλοκές που μπορεί να προκύψουν. Παρουσιάζονται επίσης οι προοπτικές εξέλιξης που ανοίγονται μέσω του Metaverse στον τομέα της εκπαίδευσης, στον εμπορικό και επιχειρηματικό τομέα, αλλά και η συμβολή του στη μετεξέλιξη των παιχνιδιών και της ψυχαγωγίας. Τέλος, γίνεται αναφορά στις εφαρμογές που αναμένεται να συμβάλλουν σημαντικά στον τομέα της υγείας.

4.1. Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις

Το Metaverse έχει προσελκύσει μεγάλο ενδιαφέρον από μεγάλες εταιρείες του ψηφιακού χώρου. Μια από τις πιο αξιοσημείωτες αλλαγές έγινε όταν το Facebook μετονομάστηκε σε "Meta", σηματοδοτώντας τη μετάβαση από μια πλατφόρμα κοινωνικής δικτύωσης στην αιχμή του δόρατος του οικοσυστήματος Metaverse (Fernandez, 2022). Η κίνηση αυτή υπογραμμίζει τη δυνατότητα του Metaverse να φέρει μεγάλες αλλαγές στην κοινωνική αλληλεπίδραση, μετατρέποντάς την από δισδιάστατες πλατφόρμες σε τρισδιάστατους χώρους. Τέτοιοι τομείς αναμένεται να προωθήσουν πιο αληθινές και ολιστικές αλληλεπιδράσεις, σηματοδοτώντας την επόμενη εξέλιξη στην ψηφιακή κοινωνική συμμετοχή.

Το κεντρικό στοιχείο της απήχησης του Metaverse είναι ο τρόπος που συνδέει την ψηφιακή και τη φυσική πραγματικότητα. Αυτή η σύγκλιση εξασφαλίζει ότι τα γεγονότα στον εικονικό κόσμο μπορούν να επηρεάζουν και να επηρεάζονται από τα γεγονότα στον πραγματικό κόσμο. Τα παιχνίδια ανοικτού κόσμου, τα οποία αποτέλεσαν πρόδρομο του Metaverse, παρουσίαζαν μόνιμες ψηφιακές πραγματικότητες που εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου, όπως και ο φυσικός κόσμος (Oleksy, Wnuk, & Piskorska, 2023). Το Metaverse αναβαθμίζει αυτή την έννοια προωθώντας μια βαθύτερη αλληλεπίδραση μεταξύ του ψηφιακού και του φυσικού κόσμου, ενισχύοντας την κοινωνική συνδεσιμότητα. Σε αντίθεση με τις συμβατικές διαδικτυακές πλατφόρμες που συνήθως περιορίζουν τους χρήστες σε ανταλλαγή κειμένου, ήχου και εικόνας, το Metaverse προσφέρει ένα αυξημένο

επίπεδο διάδρασης. Οι χρήστες εκδηλώνονται μέσω συγκεκριμένων άβαταρ, προσαρμοσμένων ώστε να ενσαρκώνουν ατομικές προσωπικότητες ή αναζητήσεις. Τα εν λόγω άβαταρ έχουν τη δυνατότητα να συμμετέχουν σε ποικίλες εφαρμογές, από την παρακολούθηση εικονικών πολιτιστικών εκθέσεων μέχρι τη συμμετοχή σε ψηφιακές αναζητήσεις (Laeeq, 2022). Το βάθος και η πολυπλοκότητα αυτών των δεσμεύσεων αντικατοπτρίζουν αναλογικά τις απτές αλληλεπιδράσεις, επιτρέποντας έτσι βαθύτατους συναισθηματικούς δεσμούς και κοινωνικές εμπειρίες.

Το τοπίο του Metaverse χαρακτηρίζεται από ξεχωριστές κοινότητες, οι οποίες εξυπηρετούν εξειδικευμένα ενδιαφέροντα ή στόχους. Είτε πρόκειται για έναν ψηφιακό καλλιτεχνικό χώρο, είτε για έναν εικονικό εκπαιδευτικό τομέα για ένα συγκεκριμένο θέμα, είτε για μια διάσταση αφιερωμένη σε αγαπημένες ψυχαγωγικές σειρές, το Metaverse απευθύνεται στις μοναδικές προτιμήσεις των χρηστών του (Shin & Kim, 2022). Τέτοιες εξειδικευμένες κοινότητες ενστερνίζονται ισχυρούς δεσμούς, προωθώντας έτσι τις συνεργατικές προσπάθειες και τη διάδοση της γνώσης. Αυτή η συμμετοχικότητα παρέχει ταυτόχρονα στους χρήστες την προοπτική να συναντήσουν ομολόγους με ευθυγραμμισμένα ενδιαφέροντα σε παγκόσμιο επίπεδο, διαλύοντας έτσι τα τοπικά και πολιτισμικά εμπόδια.

Η ανάδειξη του Metaverse εισάγει πολύπλευρες προκλήσεις. Η αντιπαράθεση της απτής πραγματικότητας και της ψηφιακής της αντιστοιχίας, ιδίως σε κοινωνικοπολιτισμικά πλαίσια, προκαλεί συζητήσεις σχετικά με την ιδιωτικότητα, την ταυτότητα και την αυθεντικότητα των ανθρώπινων σχέσεων (Di Pietro & Cresci, 2021). Καθώς η κοινωνία περιηγείται σε αυτό το αναδυόμενο πεδίο, η διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ της αξιοποίησης των δυνατοτήτων του Metaverse για εμπλουτισμένες κοινωνικές δεσμεύσεις και της διαφύλαξης των αυθεντικών ανθρώπινων αλληλεπιδράσεων καθίσταται υψίστης σημασίας. Επιπλέον, η εντυπωσιακή φύση αυτών των ψηφιακών χώρων ενδέχεται να ενισχύσει τις διαδικτυακές παραβατικές συμπεριφορές, όπως ο διαδικτυακός εκφοβισμός και η παρενόχληση (Yıldız & Tanyıldızı, 2023), καθώς επίσης και να επισπεύσει την κοινωνική αποστασιοποίηση των χρηστών από την απτή πραγματικότητα. Ως εκ τούτου, η καθιέρωση μιας αρμονικής συνύπαρξης μεταξύ εικονικών και απτών κοινωνικών δεσμεύσεων καθίσταται επιτακτική (Mystakidis, 2022). Τέτοιες προοπτικές υπογραμμίζουν την αναγκαιότητα ηθικών πλαισίων, προληπτικών

μηχανισμών και πρωτοβουλιών ευαισθητοποίησης των χρηστών, εδραιώνοντας το Metaverse ως ένα πεδίο που ευνοεί θετικές και εποικοδομητικές κοινωνικές δυναμικές.

4.2. Εκπαιδευτικές δραστηριότητες

Το Metaverse, προσφέρει καινοτόμες ευκαιρίες στην εκπαίδευση και την κατάρτιση. Ιστορικά, παραδοσιακές πλατφόρμες όπως το Second Life έχουν αποδείξει τις δυνατότητες των εικονικών περιβαλλόντων για εκπαιδευτικούς σκοπούς, επιτρέποντας μια ολοκληρωμένη μαθησιακή εμπειρία (Kemp & Livingstone, 2006). Αυτή η αλλαγή παραδείγματος από τις συμβατικές αίθουσες διδασκαλίας στις εικονικές ζώνες έχει προωθηθεί περαιτέρω από προκλήσεις όπως η πανδημία COVID-19, καθιστώντας την ψηφιακή αλληλεπίδραση και μάθηση πιο κρίσιμες από ποτέ. Καθώς η γραμμή μεταξύ του πραγματικού και του εικονικού κόσμου γίνεται όλο και πιο δυσδιάκριτη, εκπαιδευτικοί και ιδρύματα εξερευνούν τις τεράστιες δυνατότητες του Metaverse για την παροχή διαδραστικών και ελκυστικών μαθησιακών εμπειριών.

Οι έρευνες και οι μελέτες που σχετίζονται με τις εκπαιδευτικές δυνατότητες του Metaverse αυξάνονται σταθερά με την πάροδο των ετών. Αξιοσημείωτες προσπάθειες περιλαμβάνουν τη διερεύνηση της μάθησης βάσει προβλημάτων σε εικονικά περιβάλλοντα, την καινοτόμο χρήση εικονικών τάξεων STEM για την εκπαίδευση στην πυρηνική ασφάλεια και την πρόβλεψη και ανάλυση των προθέσεων των χρηστών απέναντι σε συστήματα Metaverse για την ιατρική εκπαίδευση (Kanematsu et al., 2014). Οι μελέτες αυτές υποδηλώνουν ένα μέλλον όπου η μάθηση δεν θα περιορίζεται σε φυσικούς χώρους, αλλά θα εκτείνεται σε τεράστιους, διασυνδεδεμένους ψηφιακούς κόσμους, καλύπτοντας ποικίλες μαθησιακές ανάγκες και στυλ.

Το Metaverse μπορεί να προσφέρει περιβάλλοντα που διευκολύνουν τη διαδραστική και βιωματική μάθηση, μεταφέροντας τους μαθητές σε οποιαδήποτε εποχή, τοποθεσία ή ακόμη και φανταστικό πεδίο. Ένα παράδειγμα αυτού του είδους, θα μπορούσε να περιλαμβάνει τη μελέτη θαλάσσιας βιολογίας ή ακόμα και την εξερεύνηση εικονικών περιβαλλόντων βαθιάς θάλασσας ή την κατανόηση της

ιστορίας περπατώντας σε μια λεπτομερή αναπαράσταση της αρχαίας Αθήνας ή της αρχαίας Ρώμης (Urban, 2007). Τέτοιες εμπειρίες μπορούν να ενισχύσουν την κατανόηση, καθώς οι μαθητές δεν είναι απλώς παθητικοί αποδέκτες αλλά ενεργά συμμετέχοντες στο εκπαιδευτικό περιβάλλον.

Η κατάρτιση και η επαγγελματική ανάπτυξη μπορούν επίσης να επωφεληθούν πάρα πολύ από τις δυνατότητες του Metaverse. Οι επιχειρήσεις και τα ιδρύματα μπορούν να δημιουργήσουν προσομοιώσεις πραγματικών σεναρίων, επιτρέποντας στους υπαλλήλους να εξασκούν δεξιότητες, να αντιμετωπίζουν προβλήματα ή να διερευνούν καινοτόμες λύσεις σε ένα εικονικό περιβάλλον χωρίς κινδύνους. Για παράδειγμα, οι φοιτητές ιατρικής θα μπορούσαν να εκτελούν εικονικές χειρουργικές επεμβάσεις, αποκτώντας πρακτική εμπειρία χωρίς πραγματικές επιπτώσεις (Koo, 2021). Ομοίως, οι πυροσβέστες, οι αστυνομικοί, ή οι φορείς αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών μπορούν να εκπαιδευτούν σε προσομοιωμένες καταστάσεις κρίσης υψηλής έντασης, προετοιμάζοντάς τους καλύτερα για τις προκλήσεις του πραγματικού κόσμου (Kohl, 2023). Αυτές οι ενότητες εικονικής εκπαίδευσης μπορούν να προσαρμοστούν, να ενημερωθούν και να κλιμακωθούν με σχετική ευκολία, παρέχοντας οικονομικά αποδοτικές και αποτελεσματικές λύσεις για τους οργανισμούς.

4.3. Ψυχαγωγικές δραστηριότητες και Παιχνίδια στο Metaverse

Από τη φύση του, το Metaverse είναι βαθιά συνυφασμένο με την ψυχαγωγία και τα παιχνίδια. Ιστορικά, ο όρος "Metaverse " έχει τις ρίζες του στον Neal Stephenson το 1992 (Peukert et al., 2022), και έκτοτε η αναπαράστασή του έχει επικρατήσει σε δημιουργικά έργα, ιδίως σε παιχνίδια. Πρωτοπορώντας σε αυτή την έννοια, το "Second Life", που αναπτύχθηκε από την Linden LABS το 2003, έγινε φαινόμενο. Αυτό το παιχνίδι επέτρεπε στους παίκτες να παίζουν σε ένα εικονικό σύμπαν, αλληλεπιδρώντας μέσω avatars και συμμετέχοντας σε δραστηριότητες που κυμαίνονται από την ψυχαγωγία έως το εμπόριο (Kemp & Livingstone, 2006). Ομοίως, το Roblox, που ξεκίνησε το 2006, έδωσε έμφαση στο περιεχόμενο που δημιουργείται από τους χρήστες μέσα στους τεράστιους εικονικούς χώρους του,

αναδεικνύοντας την προοδευτική συμβολή του παιχνιδιού και του Metaverse (Rospigliosi, 2022).

Καθώς η έννοια του Metaverse εξελισσόταν, ο τομέας των εμπορικών παιχνιδιών έγινε ο πιο εξέχων τομέας της εκτόξευσής του. Πρωτοποριακά παιχνίδια, όπως το "Web World" το 1994, εισήγαγαν την κοινωνικοποίηση σε πραγματικό χρόνο σε ένα μεταμορφώσιμο εικονικό πεδίο (Dionisio, III, & Gilbert, 2013). Αυτές οι αρχικές προσπάθειες έθεσαν τις βάσεις για την έκρηξη των βιντεο-παιχνιδιών με πολλούς παίκτες, όπου οι παίκτες μπορούσαν να παίζουν απομακρυσμένα και να διαμορφώνουν το σενάριο του παιχνιδιού. Αυτή η αλλαγή παραδείγματος, από την παθητική εμπλοκή στην ενεργό δημιουργία, υπογράμμισε τις δυνατότητες των παιχνιδιών ως προάγγελο του ευρύτερου οράματος του Metaverse.

Ωστόσο, δεν είναι μόνο τα παιχνίδια που συμβαδίζουν με το Metaverse, καθώς οι εταιρείες αντιλαμβάνονται επίσης τις δυνατότητες μάρκετινγκ που προσφέρει. Η ίδια του η φύση προσφέρει πρωτοφανείς διαφημιστικές δυνατότητες (Kim, 2021). Τα εμπορικά σήματα μπορούν να ενσωματωθούν απρόσκοπτα στο περιβάλλον του παιχνιδιού, ενισχύοντας αντί να διαταράσσουν την εμπειρία του χρήστη. Υψηλού προφίλ παραδείγματα περιλαμβάνουν το Fortnite και το Animal Crossing, όπου η ενσωμάτωση των εμπορικών σημάτων γίνεται οργανικά μέσα στην αφήγηση του παιχνιδιού (Duan et al., 2021). Καθώς το Metaverse συνεχίζει να εξελίσσεται, η συγχώνευσή του με την ψυχαγωγία και τα βιντεο-παιχνίδια θα ενταθεί, προσφέροντας στους χρήστες πλουσιότερες εμπειρίες και στις επιχειρήσεις καινοτόμες πλατφόρμες δέσμευσης.

Τα παραδοσιακά παιχνίδια ήταν συχνά μια αυτοτελής δραστηριότητα, όπου οι παίκτες ασχολούνται με ένα προκαθορισμένο περιβάλλον και μια καθορισμένη ιστορία. Αντίθετα, το Metaverse προσφέρει έναν δυναμικό, εξελισσόμενο κόσμο, όπου οι αφηγήσεις μπορούν να συνδημιουργηθούν από τους κατοίκους του. Τα παιχνίδια στο Metaverse μπορούν να διασταυρωθούν με άλλες μορφές ψυχαγωγίας, με αποτέλεσμα τη συγχώνευση των ειδών. Για παράδειγμα, κάποιος μπορεί να παρακολουθήσει μια εικονική συναυλία αφού ολοκληρώσει μια αποστολή παιχνιδιού, περιπλέκοντας τα όρια μεταξύ παιχνιδιών, μουσικής και κοινωνικών εμπειριών(Çelik, 2023).

Πέρα από τα παραδοσιακά παιχνίδια, το Metaverse εισάγει νέες μορφές ψυχαγωγίας. Δημιουργούνται κινηματογραφικές αίθουσες εικονικής πραγματικότητας, διαδραστικές θεατρικές παραστάσεις και ψηφιακές γκαλερί τέχνης, επιτρέποντας στους χρήστες να ασχοληθούν με το περιεχόμενο με νέους τρόπους (Baía Reis & Ashmore, 2022). Αυτές οι εμπειρίες δεν είναι απλώς παθητικές- οι παρευρισκόμενοι μπορούν να επηρεάσουν την έκβαση της ιστορίας, να αλληλεπιδράσουν με χαρακτήρες ή έργα τέχνης και ακόμη και να συνεργαστούν με τους δημιουργούς. Για τους καλλιτέχνες και τους δημιουργούς, αυτό αποτελεί μια ευκαιρία να καλλιεργήσουν βαθύτερες σχέσεις με το κοινό τους, λαμβάνοντας ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο και προσαρμόζοντας ανάλογα τις δημιουργίες τους(Lee et al., 2021).

Ωστόσο, η ενσωμάτωση της ψυχαγωγίας και των παιχνιδιών στο Metaverse δημιουργεί επίσης προκλήσεις. Τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας και η εμπορευματοποίηση του περιεχομένου καθίστανται πολύπλοκα ζητήματα σε ένα αποκεντρωμένο περιβάλλον που δημιουργείται από χρήστες (Turdialiev, 2023). Η πλοήγηση σε αυτές τις προκλήσεις απαιτεί ένα μείγμα τεχνολογικών λύσεων, ηθικών κατευθυντήριων γραμμών και εκπαίδευσης των χρηστών, ώστε να διασφαλιστεί ότι το Metaverse παραμένει ένας ζωντανός αλλά ισορροπημένος χώρος ψυχαγωγίας και παιχνιδιών.

4.4. Επιχειρήσεις και εμπόριο

Το Metaverse αναδιαμορφώνει το τοπίο των επιχειρήσεων και του εμπορίου, προσφέροντας ένα ψηφιακό οικοσύστημα όπου οι συναλλαγές, οι συνεργασίες και οι καινοτομίες πραγματοποιούνται απρόσκοπτα. Μια εξέχουσα αλλαγή είναι η έννοια των εικονικών καταστημάτων και αγορών (Schöbel & Leimeister, 2023). Οι παραδοσιακές πλατφόρμες ηλεκτρονικού εμπορίου επισκιάζονται από τις καθηλωτικές εμπειρίες αγορών στο Metaverse. Οι επιχειρήσεις μπορούν να δημιουργήσουν περίπλοκες ψηφιακές αίθουσες εκθέσεων, επιτρέποντας στους πελάτες να εξερευνούν προϊόντα σε 3D, να προσαρμόζουν αντικείμενα σε πραγματικό χρόνο ή ακόμη και να δοκιμάζουν προϊόντα σε εικονικά σενάρια. Αυτό το επίπεδο διαδραστικότητας μπορεί να αυξήσει τη δέσμευση των καταναλωτών και να αυξήσει τις πωλήσεις με τρόπους που δεν είχαν φανταστεί ποτέ (Shen et al., 2021).

Η έλευση του Metaverse προσφέρει μια καινοτόμο λύση για τις επιχειρήσεις, ιδίως στον τομέα του λιανικού εμπορίου. Η συγχώνευση του Metaverse με το λιανικό εμπόριο παρουσιάζει μια σειρά από ευκαιρίες, οδηγώντας στη σύγκλιση των διαδικτυακών και των φυσικών πωλήσεων (Bourlakis, Papagiannidis, & Li, 2009). Οι παραδοσιακές διαδικτυακές αγορές, που συχνά περιορίζονται σε στατικές εικόνες, δίνουν τώρα τη θέση τους σε περιηγητικές εμπειρίες που ενεργοποιούνται από το Metaverse. Μέσω της ενσωμάτωσης των ψηφιακών διδύμων και του εμπορίου σε πραγματικό χρόνο, οι επιχειρήσεις ξεπερνούν πλέον τους περιορισμούς των τυπικών διαδικτυακών αγορών (Kovacova et al., 2022). Σε αυτόν τον εντυπωσιακό εικονικό χώρο, οι χρήστες μπορούν να περιηγηθούν μέσα στα καταστήματα, να επιθεωρήσουν τα προϊόντα, ακόμη και να τα δοκιμάσουν σε ένα εικονικό περιβάλλον. Αυτή η εμπειρία, ενισχυμένη με την τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας, παρέχει στους καταναλωτές μια ολοκληρωμένη κατανόηση της ποιότητας και του στυλ των προϊόντων, μειώνοντας σημαντικά τα ποσοστά επιστροφών και βελτιώνοντας την ευκολία τόσο για τους εμπόρους όσο και για τους καταναλωτές (Rathore, 2017).

Η αλλαγή παραδείγματος από την προσέγγιση του ηλεκτρονικού εμπορίου "click-to-buy" στην προσέγγιση "experience-to-buy" είναι αισθητή στο Metaverse. Οι πελάτες είναι πλέον σε θέση να εξερευνήσουν εικονικά καταστήματα, να ασχοληθούν με τις οθόνες προϊόντων και να πραγματοποιήσουν αγορές απρόσκοπτα από την άνεση του σπιτιού τους (Sun et al., 2022). Αυτή η αυξημένη αλληλεπίδραση προσφέρει ένα μοναδικό μείγμα από εμπειρίες αγορών στον πραγματικό κόσμο και τις απεριόριστες δυνατότητες του ψηφιακού χώρου. Πέρα από το λιανικό εμπόριο, το ευρύτερο επιχειρηματικό τοπίο στο Metaverse εξελίσσεται. Σε αντίθεση με το συμβατικό ηλεκτρονικό εμπόριο, η οικονομία του Metaverse είναι προς μια πιο φιλελεύθερη και ανοιχτή δομή. Η οικονομία των δημιουργών, στην οποία κυριαρχεί κυρίως το περιεχόμενο που δημιουργείται από τους χρήστες, γίνεται αναπόσπαστο μέρος.

Η τεχνολογία blockchain παίζει βασικό ρόλο στην οικονομική διαχείριση του Metaverse. Η αποκεντρωμένη φύση της εξασφαλίζει ένα διαφανές και ασφαλές οικοσύστημα, ιδιαίτερα επωφελές για τις πλατφόρμες ηλεκτρονικού εμπορίου (Sivasankar, 2022). Μέσω του μηχανισμού συναίνεσης proof-of-work της τεχνολογίας blockchain, προσφέρει αυξημένη ασφάλεια σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους, καθιστώντας την ιδανική για το περιβάλλον του εικονικού

εμπορίου (Mourtzis, Angelopoulos, & Panopoulos, 2023). Αυτή η αποκέντρωση εξασφαλίζει τη σταθερότητα του εικονικού χρηματοπιστωτικού συστήματος, διασφαλίζοντας τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία εντός του Metaverse. Κάθε συναλλαγή αποθηκεύεται κρυπτογραφημένα, εξασφαλίζοντας ένα αδιάρρηκτο αρχείο καταγραφής συναλλαγών και ενισχύοντας τη συνολική ασφάλεια (Huang, Li, & Cai, 2023).

Επιπλέον, το Metaverse ενισχύει τις παγκόσμιες συνεργασίες. Οι εταιρείες μπορούν να δημιουργήσουν εικονικά κεντρικά γραφεία, όπου εργαζόμενοι από όλο τον κόσμο μπορούν να συνεδριάζουν, να συνεργάζονται και να καινοτομούν χωρίς φυσικούς περιορισμούς. Αυτό ξεπερνά το παραδοσιακό παράδειγμα της τηλεδιάσκεψης, προσφέροντας διαδραστικούς χώρους εργασίας, πλήρεις με εργαλεία, προσομοιώσεις και αίθουσες συνεδριάσεων. Πέρα από τις εσωτερικές λειτουργίες, οι επιχειρήσεις μπορούν να φιλοξενήσουν εκδηλώσεις, εμπορικές εκθέσεις ή παρουσιάσεις προϊόντων στο Metaverse, προσελκύοντας ένα παγκόσμιο κοινό χωρίς τις υλικοτεχνικές προκλήσεις των εκδηλώσεων του πραγματικού κόσμου (Periyasami & Periyasamy, 2022).

Ωστόσο, καθώς οι επιχειρηματικές και εμπορικές δραστηριότητες στο Metaverse εντείνονται, εισάγουν μοναδικές προκλήσεις. Ζητήματα όπως η ασφάλεια των δεδομένων, η προστασία της ιδιωτικής ζωής και τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας καθίστανται υψίστης σημασίας σε ένα αποκεντρωμένο ψηφιακό πεδίο (Turdialiev, 2023). Η εδραίωση της εμπιστοσύνης, ιδίως σε συναλλαγές μεταξύ επιχειρήσεων όπου διακυβεύονται σημαντικά ποσά, απαιτεί την εφαρμογή ισχυρών πρωτοκόλλων πιστοποίησης και επαλήθευσης. Επιπλέον, η πλοήγηση στα ρυθμιστικά και φορολογικά πλαίσια των λειτουργιών που βασίζονται στο Metaverse θα είναι ένα πολύπλοκο εγχείρημα. Σε αυτό το περίπλοκο και συνεχώς μεταβαλλόμενο πλαίσιο, οι εταιρείες θα πρέπει να παραμείνουν ευέλικτες, να προσαρμόζονται στα εξελισσόμενα νομικά τοπία και παράλληλα να μεγιστοποιούν τις τεράστιες ευκαιρίες που προσφέρει το Metaverse (Mosco, 2023).

4.5. Υγειονομικός τομέας

Η επιδίωξη της ευημερίας και οι εξελίξεις στην υγειονομική περίθαλψη οδηγούν σταθερά την καινοτομία στην υγειονομική περίθαλψη. Από την ενσωμάτωση των μαγνητικών τομογραφιών έως την επαναστατική υιοθέτηση των ρομποτικών χειρουργείων, ο ιατρικός τομέας βρίσκεται στις πρώτες γραμμές του ψηφιακού μετασχηματισμού. Το Metaverse, με το τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον του, προσφέρει μια νέα προοπτική σε αυτή τη διαδικασία. Η τηλεϊατρική, η ιατρική εκπαίδευση και οι υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να υπερβούν τα όρια που επιβάλλουν οι φυσικοί περιορισμοί, προσφέροντας ένα μοναδικό πλεονέκτημα τόσο στους ιατρικούς ερευνητές όσο και στους επαγγελματίες (Musamih et al., 2022).

Το Metaverse μπορεί να προσφέρει εργαλεία και πλατφόρμες που βελτιώνουν τη φροντίδα, τη διάγνωση και τη θεραπεία των ασθενών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα εικονικά νοσοκομεία όπου οι ασθενείς μπορούν να συμβουλεύονται τους επαγγελματίες υγείας σε καθηλωτικά περιβάλλοντα, αναπαράγοντας την οικειότητα μιας κλινικής του πραγματικού κόσμου (Skalidis, Muller, & Fournier, 2022). Τέτοιες εικονικές διαβουλεύσεις θα μπορούσαν να ωφελήσουν ιδιαίτερα άτομα σε απομακρυσμένες περιοχές ή άτομα με κινητικές δυσκολίες, παρέχοντάς τους πρόσβαση σε ποιοτική υγειονομική περίθαλψη χωρίς φυσικούς περιορισμούς. Επιπλέον, οι φοιτητές και οι επαγγελματίες της ιατρικής μπορούν να χρησιμοποιούν το Metaverse για εκπαίδευση, εξερευνώντας περίπλοκες προσομοιώσεις χειρουργικών επεμβάσεων ή ιατρικών σεναρίων, επιτρέποντάς τους να βελτιώσουν τις δεξιότητές τους σε περιβάλλοντα χωρίς κινδύνους (Sandrone, 2022).

Ένα από τα κύρια οφέλη που προσφέρει το Metaverse είναι η βελτιωμένη εμπειρία των ασθενών. Με την παραμονή των ασθενών σε ένα ελκυστικό εικονικό περιβάλλον κατά τη διάρκεια των θεραπειών ή των συνεδριών αποκατάστασης, είναι δυνατή η ανακούφιση από το άγχος και την αγωνία τους. Αυτό όχι μόνο βελτιώνει την ψυχική ευεξία των ασθενών, αλλά μπορεί επίσης να επιταχύνει τη σωματική τους αποκατάσταση (Suh, McKinney, & Siu, 2023). Επιπλέον, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain προσφέρει μια καινοτόμο προσέγγιση για τη διαχείριση των δεδομένων υγείας. Τα παραδοσιακά αρχεία υγείας, που συχνά αποθηκεύονται κεντρικά, είναι επιρρεπή σε παραβιάσεις και αλλοιώσεις. Το blockchain, με την

αποκεντρωμένη φύση του, μπορεί να εκδημοκρατίσει τον έλεγχο αυτών των αρχείων, εξασφαλίζοντας την ασφάλεια και την ακεραιότητα των δεδομένων. Με τη μετατροπή των ιατρικών δεδομένων των ασθενών σε NFTs, η αξιοπιστία και η ασφάλεια της ανταλλαγής και της διαχείρισης των ηλεκτρονικών φακέλων υγείας μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά (Ali et al., 2023).

Επιπλέον, η έννοια του "ψηφιακού διδύμου" ενός ασθενούς στο πλαίσιο του Metaverse μπορεί να φέρει μεγάλες αλλαγές στις εξατομικευμένες θεραπείες. Αυτή η ψηφιακή αναπαράσταση μπορεί να λειτουργήσει ως προσωπικός προσομοιωτής, επιτρέποντας στους επαγγελματίες του ιατρικού κλάδου να προβλέπουν, για παράδειγμα, την αποκατάσταση μετά από μία χειρουργική επέμβαση ή να προσαρμόζουν μία θεραπεία ειδικά στις ανάγκες του ατόμου. Τέτοιες καινοτομίες υπογραμμίζουν τη δυνατότητα του Metaverse να φέρει σημαντικές αλλαγές στην υγειονομική περίθαλψη, βάζοντας στο επίκεντρο τον ασθενή και τα δεδομένα (Mozumder et al., 2023).

Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως θεραπεία, για παράδειγμα, βοηθώντας τους ασθενής να αντιμετωπίσουν και να διαχειριστούν τραυματικές εμπειρίες ή φοβίες μέσα σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα. Εντάσσοντας τους ασθενείς σε σενάρια που σχετίζονται με τους φόβους ή τα τραύματά τους, οι θεραπευτές μπορούν σταδιακά να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα και τους μηχανισμούς αντιμετώπισής τους. Επιπλέον, το Metaverse μπορεί να διευκολύνει τις ομάδες υποστήριξης και τις συνεδρίες θεραπείας, συγκεντρώνοντας άτομα από όλο τον κόσμο για να μοιραστούν εμπειρίες και κοινές στρατηγικές αντιμετώπισης μέσα σε ανακουφιστικά και προσαρμόσιμα περιβάλλοντα (Suh et al., 2023).

Ενώ τα πιθανά οφέλη είναι τεράστια, η ενσωμάτωση της υγειονομικής περίθαλψης και των θεραπευτικών διαδικασιών στο Metaverse έχει αρκετές προκλήσεις. Για παράδειγμα, η διασφάλιση του απορρήτου των ασθενών, η ασφάλεια των ιατρικών δεδομένων και οι ηθικές προεκτάσεις είναι υψίστης σημασίας. Υπάρχει επίσης ο κίνδυνος λανθασμένης διάγνωσης ή παρερμηνείας λόγω της έλλειψης φυσικής παρουσίας, γεγονός που θα μπορούσε να έχει κρίσιμες επιπτώσεις. Η σωστή χρήση και η ασφάλεια των ασθενών θα απαιτήσει επαγγελματική κατάρτιση, ισχυρές τεχνολογικές υποδομές, αλλά και την τήρηση αυστηρών προτύπων (Mejia & Rawat, 2022).

5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε τη μετάβαση του Metaverse στο εικονικό οικονομικό σύστημα, τον τρόπο λειτουργίας και ανάπτυξης του, τα επιμέρους χαρακτηριστικά του, και τις εξελίξεις που σηματοδοτεί στον πραγματικό και ψηφιακό οικονομικό κόσμο. Γίνεται επίσης αναφορά σε καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα που έχουν εφαρμογή σε αυτό και επεξηγείται ο ρόλος των κρυπτονομισμάτων και των NFT στην οικονομική διάσταση του. Τέλος, αναλύονται οι οικονομικές ευκαιρίες και προκλήσεις που παρουσιάζονται με την δυνητική επέκταση του.

5.1. Μετάβαση στο εικονικό οικονομικό σύστημα

Ένας από τους θεμελιώδεις πυλώνες του Metaverse είναι η δημιουργία ενός εικονικού οικονομικού συστήματος (Wang et al., 2022). Το σύστημα αυτό δεν είναι απλώς μια ψηφιακή αντανάκλαση της παραδοσιακής οικονομίας – αντίθετα, είναι ένα περίπλοκο δίκτυο που βασίζεται σε ψηφιακές αλληλεπιδράσεις, συναλλαγές και παροχές, αναδιαμορφώνοντας τη γενική αντίληψη των παραδοσιακών οικονομικών αρχών.

Το εικονικό οικονομικό σύστημα του Metaverse είναι κάτι περισσότερο από μια απλή ψηφιακή αγορά. Είναι ένα ολιστικό οικοσύστημα που περιλαμβάνει ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία, αποκεντρωμένες χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες, ψηφιακή ακίνητη περιουσία και νέα οικονομικά μοντέλα που δεν έχουν ακόμη υλοποιηθεί πλήρως στον φυσικό κόσμο. Η τεχνολογία blockchain, τα κρυπτονομίσματα και τα NFTs διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο, παρέχοντας μηχανισμούς για τη διαπραγμάτευση, την κατοχή και την αποθήκευση αξίας σε αυτή την ψηφιακή οικονομία (Afrashtehfar and Abu-Fanas, 2022).

Ο γενικός στόχος του Metaverse δεν είναι απλώς να αντιγράψει την πραγματικότητα, αλλά να την ενισχύσει και να την επεκτείνει. Διαμορφώνοντας ένα εικονικό οικονομικό σύστημα, το Metaverse αντικατοπτρίζει τις οικονομικές δραστηριότητες του πραγματικού κόσμου και εισάγει νέες ευκαιρίες (Dwivedi et al., 2022). Η προοπτική της δημιουργίας μιας οικονομίας που λειτουργεί αδιάκοπα, χωρίς γεωγραφικούς περιορισμούς και μπορεί να τροφοδοτείται συνεχώς από ψηφιακές

καινοτομίες ενέχει τεράστιες δυνατότητες. Προσφέρει μια νέα δυναμική σε διάφορους τομείς, από τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις έως το εμπόριο, αλλάζοντας ριζικά τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε την αξία, το εμπόριο και την οικονομική ανάπτυξη στην ψηφιακή εποχή (Sun et al., 2022)..

Ιστορικά, οι διαδικτυακές συναλλαγές αποτελούσαν αντανάκλαση του πραγματικού κόσμου. Το Metaverse εισάγει μια αυτόνομη οικονομία όπου τα εικονικά περιουσιακά στοιχεία, όπως τα ακίνητα, τα ρούχα, ακόμη και οι εμπειρίες, έχουν εγγενή αξία. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία που μπορούν να αναπαραχθούν, τα NFTs είναι μοναδικά, δημιουργώντας συλλεκτική αξία. Επιπλέον, η οικονομία του Metaverse χαρακτηρίζεται από τον αποκεντρωμένο χαρακτήρα της, μέσω της αποκεντρωμένης χρηματοδότησης (DeFi). Οι χρήστες μπορούν να αγοράζουν, να πωλούν, να μισθώνουν ή να ανταλλάσσουν περιουσιακά στοιχεία απευθείας μεταξύ τους, με δυνατότητες που παρέχονται από έξυπνα συμβόλαια που διασφαλίζουν την ακεραιότητα και την εκπλήρωση αυτών των συμφωνιών (Dubey et al., 2022). Αυτή η αποκεντρωμένη προσέγγιση εκδημοκρατίζει την οικονομική πρόσβαση και την συμμετοχή, επιτρέποντας σε χρήστες από διαφορετικά υπόβαθρα να συμμετέχουν σε οικονομικές δραστηριότητες, το οποίο μπορεί να μην ήταν εύκολο στο παραδοσιακό χρηματοπιστωτικό σύστημα. Είτε πρόκειται για μικροσυναλλαγές, ψηφιακές επενδύσεις σε ακίνητα ή τη δημιουργία και πώληση εικονικών αγαθών, οι δυσκολίες στη πρόσβαση μειώνονται σημαντικά (Hackl, Lueth, & Di Bartolo, 2022).

Καθώς οι επιχειρήσεις και οι ιδιώτες αναγνωρίζουν όλο και περισσότερο τις οικονομικές δυνατότητες του Metaverse, αναδύονται νέα επιχειρηματικά εγχειρήματα και επιχειρηματικά μοντέλα. Εικονικές εμπορικές ονομασίας, ψηφιακές εκθέσεις τέχνης, ακόμη και εικονικές υπηρεσίες σχεδιασμού εκδηλώσεων γίνονται πραγματικότητα (Joy, Zhu, Peña, & Brouard, 2022). Αυτά τα εγχειρήματα δεν περιορίζονται μόνο σε χρήστες που είναι έμπειροι με την τεχνολογία, αλλά και από μεγάλες εταιρείες. Καθώς η υποδομή του Metaverse συνεχίζει να ωριμάζει, υποστηριζόμενη από τις εξελίξεις σε τεχνολογίες όπως το blockchain, την τεχνητή νοημοσύνη, και την εικονική/επαυξημένη πραγματικότητα, η διαχωριστική γραμμή μεταξύ πραγματικών και εικονικών οικονομιών θα εξασθενίσει ακόμη περισσότερο, εγκαινιάζοντας μια νέα εποχή ψηφιακού εμπορίου και καινοτομίας.

5.2. Επιχειρηματικά μοντέλα

Ένας βασικός παράγοντας στην ανάπτυξη του Metaverse είναι η ικανότητά του να προσθέτει αξία στον φυσικό κόσμο. Καθώς η τεχνολογία των ψηφιακών διδύμων διευκολύνει τη μετάβαση από τον "πραγματικό" κόσμο στον "ψηφιακό" κόσμο, η εξέλιξη των τεχνολογιών επαυξημένης πραγματικότητας καθιστά βιώσιμη και την αντίθετη μετάβαση. Το αποτέλεσμα είναι μια αλληλένδετη πραγματική και ψηφιακή οικονομία. Σημαντικοί επενδυτές στον τομέα, όπως ο Matthew Ball, τονίζουν την αναγκαιότητα του Metaverse για την εγκαθίδρυση ενός ισχυρού οικονομικού συστήματος (Ball, 2022). Το σύστημα αυτό θα πρέπει να διασυνδέει απρόσκοπτα την εικονική και την πραγματική οικονομία, υποστηριζόμενο από έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) που θα είναι υπεύθυνα για την ενίσχυση της αξιοπιστίας των συναλλαγών, εξασφαλίζοντας έτσι μειωμένο κόστος και αυξημένη αποτελεσματικότητα.

Το ψηφιακό περιεχόμενο αποτελεί τη ραχοκοκαλιά του Metaverse, το οποίο συχνά περιγράφεται ως ένας κόσμος με γνώμονα τον δημιουργό. Τα περιουσιακά στοιχεία σε αυτό το ψηφιακό πεδίο, που κυμαίνονται από μοντέλα αλγορίθμων και πόρους δεδομένων έως ψηφιακή ιδιοκτησία, έχουν εγγενή αξία. Τέτοια περιουσιακά στοιχεία θέτουν τα θεμέλια για μια οικονομία δεδομένων συνυφασμένη με μια δημιουργική οικονομία (Mystakidis, 2022). Μαζί, μπορούν να δώσουν ώθηση στην ανάπτυξη μιας ουσιαστικής οικονομίας, ανοίγοντας το δρόμο για ένα ανανεωμένο ψηφιακό οικονομικό σύστημα. Καθώς νέοι χρήστες εισχωρούν στο Metaverse, υπάρχει μια αναπόφευκτη σύγκλιση της ψηφιακής και της κοινωνικής ζωής. Αυτή η σύγκλιση επιτρέπει στις ψηφιακές ταυτότητες να συγχωνεύονται με τις ταυτότητες του πραγματικού κόσμου, προωθώντας ένα ενιαίο σύστημα ταυτότητας. Με τη δυνατότητα διαλειτουργικότητας πολλαπλών πλατφορμών, αυτές οι ψηφιακές ταυτότητες θα μπορούσαν επίσης να θέσουν τις βάσεις για τη δημιουργία ψηφιακών διαπιστευτηρίων μέσα στο Metaverse (Wu & Zhang, 2023).

Η διεπιστημονική ενσωμάτωση αναδεικνύει περαιτέρω τις επιχειρηματικές δυνατότητες του Metaverse. Δεδομένου ότι αντικατοπτρίζει την πολυπλοκότητα του πραγματικού κόσμου, το Metaverse απαιτεί μια διεπιστημονική ερευνητική

προσέγγιση (Areepong, Nilsook, & Wannapiroon, 2022). Αγγίζει ποικίλες πτυχές της ανθρώπινης ζωής, συμπεριλαμβανομένων τομέων όπως η ιατρική, η εκπαίδευση και η οικονομία. Η δημιουργία και η διατήρηση εικονικών νομισμάτων στο Metaverse, για παράδειγμα, έχει επιπτώσεις στο πραγματικό οικονομικό σύστημα. Τέτοιες διασταυρώσεις μπορούν να έχουν βαθύτατο αντίκτυπο στον πραγματικό κόσμο. Αξιοποιώντας κλάδους όπως η ψυχολογία και η τεχνητή νοημοσύνη, το Metaverse μπορεί να παρέχει βαθύτερες γνώσεις στους χρήστες, εξασφαλίζοντας εντυπωσιακές εμπειρίες σε τομείς όπως η εκπαίδευση, η θεραπεία και η κατάρτιση (Henz, 2022).

Ένα κυρίαρχο μοντέλο είναι η πώληση και εμπορία εικονικών ακινήτων (Belk, Humayun, & Brouard, 2022). Επιχειρηματίες και εταιρείες αγοράζουν, αναπτύσσουν και εκμισθώνουν αυτές τις εικονικές εκτάσεις για διάφορους σκοπούς, από τη διαφήμιση μέχρι τη φιλοξενία ψηφιακών εκδηλώσεων. Ορισμένες οντότητες κερδοσκοπούν ακόμη και στην ανατίμηση αυτών των ψηφιακών ακινήτων, όπως οι παραδοσιακές επενδύσεις σε ακίνητα (Laeeq, 2022).

Ένα άλλο καινοτόμο επιχειρηματικό μοντέλο είναι η δημιουργία και η πώληση εικονικών αγαθών και υπηρεσιών (Yemenici, 2022). Οι εταιρείες μόδας, για παράδειγμα, σχεδιάζουν ψηφιακές σειρές ενδυμάτων αποκλειστικά για άβαταρ. Οι καλλιτέχνες εκμεταλλεύονται τη δύναμη των NFTs για να πωλούν μοναδικά ψηφιακά έργα τέχνης, εξασφαλίζοντας την αυθεντικότητα και την ιδιοκτησία (Yoo et al., 2023). Επιπλέον, ο κλάδος των υπηρεσιών ανθίζει με εικονικούς ξεναγούς και διοργανωτές εκδηλώσεων που ανταποκρίνονται στις ποικίλες ανάγκες των κατοίκων του Metaverse. Αυτά τα αγαθά και οι υπηρεσίες, που υποστηρίζονται από την τεχνολογία blockchain, αντιπροσωπεύουν πραγματική οικονομική αξία και μπορούν μερικές φορές να πιάσουν τιμές τόσο υψηλές όσο οι αντίστοιχες του πραγματικού κόσμου (Shen et al., 2021).

Τέλος, το Metaverse προσφέρει μια πλατφόρμα για αποτελεσματικό μάρκετινγκ και διαφήμιση. Οι επιχειρήσεις μπορούν να δημιουργήσουν πρωτότυπες καμπάνιες, επιτρέποντας στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με τα προϊόντα τους με νέους τρόπους που υπερβαίνουν τα παραδοσιακά μέσα (Periyasami & Periyasamy, 2022). Για παράδειγμα, μια μάρκα αυτοκινήτων μπορεί να αφήσει τους χρήστες να δοκιμάσουν το τελευταίο μοντέλο της μέσα σε ένα φανταστικό ψηφιακό τοπίο (Nie, 2023), ή ένα κινηματογραφικό στούντιο μπορεί να αναδημιουργήσει σκηνές από την τελευταία

ταινία του για να εξερευνήσουν οι χρήστες και να εμπλακούν σε αυτές (Lee et al., 2021). Αυτό το επίπεδο εμβάθυνσης διευκολύνει μια βαθύτερη συναισθηματική σύνδεση μεταξύ των εμπορικών σημάτων και του κοινού-στόχου τους, αναδιαμορφώνοντας τη δυναμική της εμπλοκής των καταναλωτών στην ψηφιακή εποχή.

5.3. Ο ρόλος των κρυπτονομισμάτων και των NFTs

Τα κρυπτονομίσματα και τα NFTs βρίσκονται στην πρώτη γραμμή της οικονομικής διάστασης του Metaverse (Belk, Humayun, & Brouard, 2022). Καθώς η ψηφιακή πραγματικότητα του Metaverse συνεχίζει να επεκτείνεται, η ανάγκη για ένα μοναδικό και αποκεντρωμένο οικονομικό σύστημα γίνεται εμφανής. Τα κρυπτονομίσματα, με την αποκεντρωμένη φύση τους, παρέχουν ένα θεμέλιο για τις συναλλαγές, επιτρέποντας στους χρήστες να ανταλλάσσουν αξία με απρόσκοπτο και ασφαλή τρόπο (Wu et al., 2023). Λειτουργώντας ως το κύριο μέσο ανταλλαγής, διευκολύνουν τις συναλλαγές, το εμπόριο και τις επενδύσεις σε ψηφιακά πεδία (Laeeq, 2022). Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά νομίσματα, τα κρυπτονομίσματα λειτουργούν σε αποκεντρωμένες πλατφόρμες, εξασφαλίζοντας ασφάλεια, διαφάνεια και σημαντική ρευστότητα. Αυτή η αποκέντρωση τα καθιστά ιδανικά για το παγκόσμιο και ποικιλόμορφο οικοσύστημα του Metaverse, όπου αλληλεπιδρούν χρήστες από διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες. Επιπλέον, η ενσωμάτωση νομισμάτων που βασίζονται στην τεχνολογία blockchain επιτρέπει τη δημιουργία έξυπνων συμβάσεων (Dubey et al., 2022), αυτοματοποιώντας και επαληθεύοντας τις συμφωνίες εντός του Metaverse, είτε πρόκειται για την αγορά εικονικών ακινήτων είτε για τη διεξαγωγή υπηρεσιών.

Τα NFTs, από την άλλη πλευρά, σηματοδοτούν μια νέα αλλαγή στην ιδιοκτησία ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων, προσφέροντας έναν τρόπο για την αυθεντικοποίηση και την επαλήθευση μοναδικών ψηφιακών αντικειμένων, εξασφαλίζοντας τη σπανιότητα και την αξία τους στον εικονικό κόσμο (Lee, Ho, & Xie, 2023). Τα NFTs έχουν φέρει σημαντικές αλλαγές στην έννοια της ιδιοκτησίας και της αξίας εντός του Metaverse. Η έννοια των non-fungible token (NFT) προέκυψε για πρώτη φορά από το Ethereum το 2017 (Ante, 2022), προκειμένου να γίνεται

διάκριση μεταξύ τους μέσω μοναδικών υπογραφών. Η μοναδικότητα των NFTs επιτρέπει τη σύνδεσή τους με συγκεκριμένες ταυτότητες ή ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία. Επιπλέον, αυτό το χαρακτηριστικό λαμβάνεται υπόψη για αποκεντρωμένες εφαρμογές.

Στον πυρήνα τους, τα NFTs είναι μοναδικά ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία που επαληθεύονται από την τεχνολογία blockchain. Αυτή η μοναδικότητα και η επαληθευσιμότητα εισάγουν την έννοια της σπανιότητας στον ψηφιακό κόσμο. Στο Metaverse, αυτό μεταφράζεται σε ιδιοκτησία εικονικών αντικειμένων, είτε πρόκειται για τέχνη, ρούχα, ακίνητα ή ακόμη και εμπειρίες. Οι χρήστες μπορούν να αγοράζουν, να πωλούν, να ανταλλάσσουν ή να προβάλλουν αυτά τα NFT, έχοντας εμπιστοσύνη στην αυθεντικότητα και την αξία τους (Yilmaz, Hacaloğlu, & Clarke, 2022). Αυτό έχει οδηγήσει σε μια αναπτυσσόμενη αγορά, όπου οι ψηφιακές δημιουργίες μπορούν μερικές φορές να αποφέρουν τιμές συγκρίσιμες με τις αντίστοιχες φυσικές, ή ακόμη και να τις ξεπερνούν.

Η εικονική οικονομία του Metaverse βασίζεται στην έννοια της δημιουργίας και εκμετάλλευσης αξίας. Οι χρήστες επιχειρούν σε αυτό το ψηφιακό σύμπαν για να βιώσουν, να επικοινωνήσουν και, κυρίως, να δημιουργήσουν περιεχόμενο με στόχο την επίτευξη απτής αξίας. Σε αυτό το πλαίσιο, τα NFTs διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην εκπροσώπηση της ιδιοκτησίας και της αυθεντικότητας μοναδικών ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων, από εικονικά ακίνητα έως συλλεκτικά αντικείμενα. Ωστόσο, όπως συμβαίνει με κάθε αναδυόμενη τεχνολογία, τα NFTs δεν στερούνται των προκλήσεών τους. Οι ανησυχίες για την ασφάλεια, ιδίως οι ανθρωποκεντρικές ευπάθειες, όπως το phishing, αποτελούν σημαντική απειλή για την ψηφιακή ταυτότητα που συνδέεται με τα NFTs (Smaili & de Rancourt-Raymond, 2022).

Επιπλέον, καθώς το Metaverse εξελίσσεται, τα οικονομικά του χαρακτηριστικά γίνονται όλο και πιο πολύπλοκα, διαπλέκοντας τα οικονομικά συστήματα του πραγματικού κόσμου με τα εικονικά τους αντίστοιχα (Visconti, 2022). Τα κρυπτονομίσματα, μαζί με άλλα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία, γίνονται γρήγορα το κυρίαρχο μέσο ανταλλαγής αξίας στις περισσότερες πλατφόρμες του Metaverse. Ωστόσο, αυτό το νέο οικονομικό παράδειγμα εισάγει τόσο ευκαιρίες όσο και προκλήσεις. Ενώ ανοίγει το δρόμο για καινοτόμα οικονομικά μοντέλα και δημιουργία αξίας, απαιτεί επίσης ισχυρά συστήματα για την ασφαλή αποθήκευση, διαχείριση και

ανταλλαγή αυτών των περιουσιακών στοιχείων (Chen, 2022). Οι πιθανές ευπάθειες, εάν δεν αντιμετωπιστούν, μπορεί να παρέχουν στους εγκληματίες διεξόδους εκμετάλλευσης και υπονόμευσης του ψηφιακού πλούτου των χρηστών.

Πέρα από τις απλές συναλλαγές, τα κρυπτονομίσματα και τα NFTs αναδιαμορφώνουν τα κοινωνικά πρότυπα στο Metaverse. Επιπρόσθετα, εκδημοκρατίζουν την πρόσβαση στον πλούτο και τις ευκαιρίες, επιτρέποντας στους δημιουργούς, ανεξάρτητα από το πραγματικό τους υπόβαθρο, να αξιοποιήσουν τις δεξιότητες και τις καινοτομίες τους. Αυτό έχει οδηγήσει σε μια αναγέννηση της ψηφιακής τέχνης, της μόδας και του σχεδιασμού, με δημιουργούς από όλο τον κόσμο να συμβάλλουν στο ζωντανό και ποικιλόμορφο περιβάλλον του Metaverse.

5.4. Οικονομικές ευκαιρίες και προκλήσεις

Καθώς αυτός ο εικονικός κόσμος του Metaverse εδραιώνεται όλο και περισσότερο, φέρνει στο προσκήνιο τεράστιες οικονομικές ευκαιρίες (Sun et al., 2022). Παραδοσιακοί τομείς όπως η εκπαίδευση, η υγειονομική περίθαλψη και το εμπόριο προβλέπεται να υποστούν μεγάλες αλλαγές, ανοίγοντας το δρόμο για νέα επιχειρηματικά μοντέλα, επενδυτικές ευκαιρίες και εργασιακούς ρόλους που δεν υπάρχουν σήμερα στην παραδοσιακή μας οικονομία.

Ωστόσο, η ανάμειξη του εικονικού και του πραγματικού κόσμου δεν είναι χωρίς προκλήσεις, ιδίως στον οικονομικό τομέα. Η δυναμική της οικονομικής ανάπτυξης στο Metaverse μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην κοινωνική κουλτούρα στον πραγματικό κόσμο. Για παράδειγμα, η εισαγωγή των εικονικών νομισμάτων και οι δυνατότητές τους να επηρεάζουν τις οικονομίες του πραγματικού κόσμου, αποτελεί έναν παράγοντα του οποίου η δυναμική δεν πρέπει να περάσει χωρίς να αποδοθεί η δέουσα σημασία (Yang et al., 2022). Η αποκεντρωμένη φύση πολλών πλατφορμών του Metaverse, που υποστηρίζεται από την τεχνολογία blockchain, μπορεί να επαναπροσδιορίσει τις έννοιες της ιδιοκτησίας και του εμπορίου. Ενώ αυτή η αποκέντρωση προσφέρει αυξημένη ασφάλεια και πιο διαφανείς πλατφόρμες ηλεκτρονικού εμπορίου, θέτει επίσης προκλήσεις στη ρύθμιση και την εποπτεία αυτών των νέων οικονομικών οντοτήτων για την αποτροπή της κατάχρησης και τη διασφάλιση δίκαιων συναλλαγών (Wang et al., 2022).

Επιπλέον, η διασύνδεση της εικονικής οικονομίας του Metaverse με το οικονομικό σύστημα του πραγματικού κόσμου σημαίνει ότι οι αλλαγές στο ένα μπορεί να έχουν βαθιές επιπτώσεις στο άλλο. Για παράδειγμα, η δημιουργία και η διατήρηση εικονικών νομισμάτων στο Metaverse μπορεί να επηρεάσει τις νομισματικές πολιτικές και την οικονομική σταθερότητα στον πραγματικό κόσμο (Sun et al., 2022). Το τεράστιο εύρος του Metaverse, σε συνδυασμό με την ταχεία εξέλιξή του, καθιστά αναγκαία τη διεπιστημονική έρευνα και συνεργασία, αξιοποιώντας τεχνογνωσία από τομείς όπως η ψυχολογία, η ιατρική και η οικονομία (Suh, McKinney, & Siu, 2023). Καθώς το Metaverse συνεχίζει να αναπτύσσεται, η εξασφάλιση μιας αρμονικής ισορροπίας μεταξύ των οικονομικών ευκαιριών και προκλήσεών του θα είναι ζωτικής σημασίας για τη βιώσιμη ενσωμάτωσή του στην καθημερινή μας ζωή.

Το Metaverse παρουσιάζει πληθώρα οικονομικών ευκαιριών που αναδιαμορφώνουν τα ψηφιακά όρια (Dwivedi et al., 2022). Πρώτα απ' όλα, προσφέρει μια εκτεταμένη αγορά για ψηφιακά αγαθά και υπηρεσίες. Από την εικονική ακίνητη περιουσία και την ψηφιακή μόδα μέχρι την ψυχαγωγία, υπάρχει μια ανερχόμενη ζήτηση για ποικίλα εικονικά αγαθά (Far et al., 2022). Αυτό ευνοεί ένα νέο κύμα επιχειρηματικότητας, όπου άτομα και επιχειρήσεις μπορούν να αξιοποιήσουν εξειδικευμένες θέσεις και ακροατήρια που προηγουμένως ήταν απρόσιτα. Επιπλέον, το Metaverse διευκολύνει καινοτόμες στρατηγικές μάρκετινγκ και branding. Οι εταιρείες μπορούν να εμπλακούν με τους καταναλωτές με εντυπωσιακούς και διαδραστικούς τρόπους, δημιουργώντας αξιοσημείωτες εμπειρίες που τα παραδοσιακά διαφημιστικά μέσα δεν μπορούν να φτάσουν (Rathore, 2018).

Ωστόσο, μαζί με αυτές τις ευκαιρίες έρχονται και εγγενείς προκλήσεις. Η αποκεντρωμένη φύση του Metaverse, ενώ προσφέρει μεγαλύτερη αυτονομία και εκδημοκρατισμό, ενέχει επίσης κινδύνους που σχετίζονται με την ασφάλεια, την απάτη και τις μη ρυθμιζόμενες οικονομικές συναλλαγές. Χωρίς κεντρική εποπτεία, οι απάτες και τα παραπλανητικά εγχειρήματα μπορούν να πολλαπλασιαστούν, οδηγώντας ενδεχομένως σε σημαντικές οικονομικές απώλειες για τους ανυποψίαστους χρήστες. Υπάρχει επίσης η πρόκληση της καθιέρωσης παγκοσμίως αποδεκτών προτύπων και πρωτοκόλλων. Με την ανάπτυξη διαφόρων πλατφορμών και περιβαλλόντων Metaverse, η διασφάλιση της απρόσκοπτης διαλειτουργικότητας και της συνεπούς εμπειρίας των χρηστών σε όλες αυτές καθίσταται ένα πολύπλοκο

εγχείρημα. Χωρίς μια τέτοια τυποποίηση, ο κατακερματισμός του Metaverse θα μπορούσε να εμποδίσει την ανάπτυξη και την ευρεία υιοθέτησή του (Murray, 2022).

Επιπλέον, η ταχεία οικονομική επέκταση του Metaverse θα μπορούσε να επιδεινώσει ακούσια τις κοινωνικές ανισότητες. Καθώς τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία, η εικονική ακίνητη περιουσία και τα NFTs ανατιμώνται σε αξία, υπάρχει ο κίνδυνος να δημιουργηθεί ένα ψηφιακό χάσμα όπου μόνο λίγοι επωφελούνται δυσανάλογα. Όσοι δεν διαθέτουν την τεχνική τεχνογνωσία ή τους αρχικούς πόρους για να επενδύσουν και να συμμετάσχουν, ενδέχεται να βρεθούν στο περιθώριο (Wang et al., 2022). Επιπλέον, οι ρυθμιστικές αβεβαιότητες είναι μεγάλες. Οι κυβερνήσεις και οι ρυθμιστικοί φορείς παλεύουν με τον τρόπο ταξινόμησης, φορολόγησης και εποπτείας των συναλλαγών σε αυτή τη νέα ψηφιακή οικονομία (Pandey & Gilmour, 2023). Η εξεύρεση ισορροπίας μεταξύ της προώθησης της καινοτομίας και της διασφάλισης της προστασίας των καταναλωτών θα είναι ζωτικής σημασίας καθώς το Metaverse συνεχίζει να εξελίσσεται.

6. ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε τις τρέχουσες απειλές και προκλήσεις ασφάλειας που αντιμετωπίζει το Metaverse, καθώς και τις ανησυχίες που εκφράζονται σε ότι αφορά την ιδιωτικότητα και την προστασία των προσωπικών δεδομένων των χρηστών του. Τέλος, αναλύονται οι ηθικές συνέπειες που μπορεί να παρουσιαστούν κατά την εξέλιξη του, προτείνονται τρόποι επίλυσης των προαναφερόμενων ζητημάτων, και δίνονται οι ανάλογες κατευθύνσεις που θα οδηγήσουν σε μία ορθότερη εφαρμογή του.

6.1. Τρέχουσες Απειλές και Προκλήσεις Ασφαλείας

Το τοπίο του Metaverse προσφέρει πρωτοφανείς ευκαιρίες για ψηφιακή αλληλεπίδραση, ωστόσο παρουσιάζει διάφορες απειλές σχετικά με την ασφάλεια της λειτουργίας του. Μια σημαντική απειλή είναι η παρουσία μοναδικών σημείων αποτυχίας (SPoF – Single Point of Failure). Τα SPoF μπορούν να είναι επιζήμια, καθώς οποιαδήποτε διακοπή ή παραβίαση αυτού του μοναδικού σημείου μπορεί να θέσει εκτός λειτουργίας ολόκληρο το σύστημα (Wang et al., 2022). Μια άλλη πρόκληση για την ασφάλεια είναι οι κατανεμημένες επιθέσεις άρνησης παροχής υπηρεσιών (DDoS). Οι επιθέσεις αυτές πραγματοποιούνται με υπερφόρτωση διακομιστών, συνήθως μέσω τεράστιων ποσοτήτων ψεύτικης κίνησης που προέρχεται από botnets (Anyanwu et al., 2023). Οι συνέπειες μιας επιτυχημένης επίθεσης DDoS μπορεί να κυμαίνονται από καταρρεύσεις ολόκληρων ιστότοπων ή συγκεκριμένων εφαρμογών (Huang, Li, & Cai, 2023).

Η διαχείριση και ο έλεγχος ταυτότητας στο Metaverse αναδεικνύουν μία άλλη κατηγορία ευπαθειών. Σε ένα περιβάλλον όπου η ψηφιακή ταυτότητα είναι υψίστης σημασίας, το Metaverse είναι επιρρεπές σε κλοπές ταυτότητας, (Choi et al., 2022). Για παράδειγμα, ένας κακόβουλος χρήστης μπορεί να υποδυθεί κάποιον άλλο χρήστη ή ακόμη και να αποκτήσει μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε προσωπικά προφίλ και δεδομένα εντός του Metaverse (Kürtünlüoğlu, Akdik, & Karaarslan, 2022). Η σύνθετη έννοια της ψηφιακής ταυτότητας εντός του Metaverse, σε συνδυασμό με

τεχνολογίες όπως τα NFTs, αυξάνει περαιτέρω την πολυπλοκότητα αυτών των προκλήσεων.

Μία από τις πιο πιεστικές ανησυχίες περιστρέφεται γύρω από την ιδιωτικότητα και την προστασία των δεδομένων (Chen et al., 2022). Με τεράστιες ποσότητες προσωπικών δεδομένων και δεδομένων συμπεριφοράς που παράγονται στο Metaverse, υπάρχουν εύλογοι φόβοι για μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, παραβιάσεις δεδομένων και κατάχρηση. Οι εξελιγμένες απόπειρες παραβίασης θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο όχι μόνο τα εικονικά περιουσιακά στοιχεία και την ταυτότητα ενός χρήστη, αλλά, δεδομένης της διασυνδεδεμένης φύσης των ψηφιακών συστημάτων, θα μπορούσαν να επεκταθούν σε οικονομικές και προσωπικές πληροφορίες του πραγματικού κόσμου (Wylde et al., 2023).

Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων ασφαλείας, είναι απαραίτητη μια πολυδιάστατη προσέγγιση. Τα ισχυρά πρωτόκολλα κρυπτογράφησης και ελέγχου ταυτότητας πρέπει να αποτελέσουν το θεμέλιο λίθο πάνω στον οποίο χτίζονται οι πλατφόρμες Metaverse. Η συνεχής παρακολούθηση και τα συστήματα ανίχνευσης απειλών θα είναι ζωτικής σημασίας για τον προληπτικό εντοπισμό και την εξουδετέρωση των κινδύνων. Επιπλέον, η εκπαίδευση των χρηστών σχετικά με τις πιθανές απειλές και τις ασφαλείς πρακτικές θα διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο (Huang, Li, & Cai, 2023).

6.2. Ανησυχίες για την ιδιωτικότητα και την προστασία των δεδομένων

Η εκτεταμένη ψηφιακή πραγματικότητα του Metaverse παρέχει ατελείωτες ευκαιρίες για ανθρώπινη αλληλεπίδραση, αλλά εγκυμονεί επίσης κινδύνους για την ιδιωτική ζωή του ατόμου (Di Pietro & Cresci, 2021; Canbay et al., 2022). Καθώς τα άτομα διεισδύουν βαθύτερα σε αυτόν τον εικονικό χώρο, τα δεδομένα που παράγουν καθίστανται εξαιρετικά σημαντικής αξίας, γεγονός που απαιτεί αυστηρά μέτρα για τη διασφάλιση της προστασίας τους.

Η επέκταση του Metaverse, αν και πολλά υποσχόμενη, ανοίγει επίσης δρόμους για πιθανές παραβιάσεις στον κυβερνοχώρο. Η οικονομική ανάπτυξη, η κοινωνική

κουλτούρα, ακόμη και οι θεμελιώδεις τρόποι με τους οποίους αλληλεπιδρούμε θα μπορούσαν να τεθούν σε κίνδυνο εάν δεν διασφαλιστεί η προστασία της ιδιωτικής ζωής (Chen et al., 2022). Η ίδια η φύση του Metaverse, όπου οι προσωπικές και συλλογικές εμπειρίες μοιράζονται και επεκτείνονται, απαιτεί αυστηρά πρωτόκολλα για την προστασία των δεδομένων. Τα άτομα θα πρέπει να αισθάνονται ασφαλείς στις εικονικές τους προσπάθειες, γνωρίζοντας ότι οι προσωπικές τους πληροφορίες, προτιμήσεις και συμπεριφορές προστατεύονται (Zhao et al., 2022).

Η ακαδημαϊκή έρευνα υπογραμμίζει τον επείγοντα χαρακτήρα αυτών των ανησυχιών. Πολυάριθμες μελέτες εμβαθύνουν στις περιπλοκές του Metaverse, αναδεικνύοντας τα επείγοντα ζητήματα ασφάλειας. Καθώς το Metaverse συνεχίζει να εξελίσσεται, είναι επιτακτική ανάγκη οι καινοτόμες λύσεις να αντιμετωπίσουν αυτές τις προκλήσεις κατά προτεραιότητα. Τα ενδιαφερόμενα μέρη, από τους προγραμματιστές έως τους τελικούς χρήστες, πρέπει να δώσουν προτεραιότητα και να υποστηρίξουν τις προσπάθειες για τη δημιουργία ενός Metaverse όπου η ιδιωτικότητα δεν θα αποτελεί πολυτέλεια, αλλά βασικό δικαίωμα (Wang et al., 2022).

Η ανάδειξη του Metaverse ως ψηφιακού μέσου έχει ενισχύσει τις ανησυχίες σχετικά με την προστασία της ιδιωτικής ζωής και των δεδομένων. Κάθε ενέργεια, αλληλεπίδραση και συναλλαγή εντός του Metaverse μπορεί να δημιουργήσει σημεία δεδομένων, οδηγώντας σε ολοκληρωμένα προφίλ των χρηστών. Αυτά τα προφίλ μπορούν να αποκαλύψουν όχι μόνο βασικές πληροφορίες αλλά και περίπλοκες λεπτομέρειες σχετικά με προτιμήσεις, συμπεριφορές, ακόμη και ψυχολογικές κλίσεις. Ενώ τα δεδομένα αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη μέσω της εξατομίκευσης περιβαλλόντων και προσφορών, ενέχουν επίσης κινδύνους (Teng et al., 2022). Στα χέρια κακόβουλων οντοτήτων ή ακόμη και επιθετικών εμπόρων, τα λεπτομερή αυτά προφίλ μπορούν να χρησιμοποιηθούν παραπλανητικά, παραβιάζοντας τα δικαιώματα των χρηστών στην ιδιωτική ζωή και επηρεάζοντας ενδεχομένως τις αποφάσεις και τις συμπεριφορές τους.

Επιπλέον, η αποκεντρωμένη δομή πολλών πλατφορμών Metaverse επιφέρει πολυπλοκότητα στη διαχείριση των δεδομένων. Χωρίς μια κεντρική αρχή που επιβλέπει και ρυθμίζει τη συλλογή, αποθήκευση και κοινή χρήση δεδομένων, η τυποποίηση των διαδικασιών προστασίας της ιδιωτικής ζωής καθίσταται δύσκολη. Διαφορετικά πεδία ή πλατφόρμες εντός του Metaverse μπορεί να έχουν

διαφορετικούς βαθμούς προστασίας των δεδομένων, οδηγώντας σε ασυνεπή πρότυπα προστασίας της ιδιωτικής ζωής. Οι χρήστες μπορεί να προστατεύονται σε ένα περιβάλλον αλλά να εκτίθενται σε ένα άλλο. Αυτός ο κατακερματισμός δημιουργεί προκλήσεις όχι μόνο για τους χρήστες, οι οποίοι πρέπει να αξιολογούν συνεχώς τις ρυθμίσεις απορρήτου τους, αλλά και για τις ρυθμιστικές αρχές που προσπαθούν να εφαρμόσουν ολοκληρωμένους νόμους για την προστασία των δεδομένων (Mozumder et al., 2023).

Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι ανησυχίες, είναι ζωτικής σημασίας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που περιλαμβάνει τεχνολογία, πολιτική και εκπαίδευση. Η κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο, οι διαφανείς πολιτικές συλλογής δεδομένων και τα ισχυρά πρωτόκολλα ελέγχου ταυτότητας θα πρέπει να είναι θεμελιώδη στις πλατφόρμες Metaverse (Xu et al., 2022). Ομοίως, οι υπεύθυνοι φορείς πρέπει να καταρτίσουν κανονιστικό πλαίσιο που να προστατεύει τα δικαιώματα των χρηστών, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τα μοναδικά χαρακτηριστικά του Metaverse. Τέλος, το σημαντικότερο, οι ίδιοι οι χρήστες πρέπει να ενημερωθούν για τα δικαιώματά τους στα δεδομένα, τους πιθανούς κινδύνους και τα εργαλεία που έχουν στη διάθεσή τους για να προστατεύσουν την ιδιωτικότητά τους.

6.3. Ηθικές Συνέπειες

Η ανάπτυξη του Metaverse εγείρει πλήθος ηθικών προβληματισμών. Στο επίκεντρο των ανησυχιών αυτών βρίσκεται η πιθανή σύγκρουση μεταξύ των ηθικών κανόνων του Metaverse και εκείνων του πραγματικού κόσμου. Καθώς οι χρήστες διεισδύουν στα εικονικά κοινά, μπορεί να αντιμετωπίσουν καταστάσεις όπου οι παραδοσιακοί ηθικοί κανόνες καθίστανται ασαφείς ή ακόμη και παρωχημένοι. Το Metaverse, με τις εξελισσόμενες τεχνολογίες αλληλεπίδρασης, θα δημιουργήσει αναπόφευκτα ηθικά διλήμματα που δεν έχουν ακόμη αντιμετωπιστεί (Anshari et al., 2022). Αν δεν ελεγχθεί, η απουσία σαφώς καθορισμένων ηθικών κατευθυντήριων γραμμών, θα μπορούσε να εμποδίσει την ανάπτυξη του Metaverse, καθώς οι χρήστες θα παλεύουν με τις ενέργειες και τις συνέπειες σε ένα εικονικό πεδίο που μπορεί να μην ευθυγραμμίζονται με τις αξίες του πραγματικού κόσμου.

Επιπλέον, η αλληλεπίδραση μεταξύ του Metaverse και του πραγματικού κόσμου υπογραμμίζει τη σημασία ισχυρής νομοθεσίας όσον αφορά τη συμπεριφορά των χρηστών, αλλά και σε τομείς που σχετίζονται με την προστασία της ιδιωτικής ζωής και των δεδομένων. Οι εξελιγμένες δυνατότητες συλλογής δεδομένων του Metaverse, απαιτούν αυστηρούς κανονισμούς (Boni, 2023). Τα υφιστάμενα νομικά πλαίσια θα πρέπει να επικαιροποιούνται συνεχώς, ώστε να διασφαλίζεται ότι προστατεύουν επαρκώς τα δικαιώματα των χρηστών, ιδίως όσον αφορά τη συγκατάθεση και τη χρήση δεδομένων.

Τέλος, ο ευρύτερος κοινωνικός αντίκτυπος του Metaverse θα πρέπει να εξεταστεί. Εγείρονται σημαντικά ερωτήματα σχετικά με την ταυτότητα, την εκπροσώπηση και τη λογοδοσία. Πώς διασφαλίζεται η λογοδοσία για πράξεις που διαπράττονται σε εικονικά περιβάλλοντα και μπορεί να έχουν επιπτώσεις στον πραγματικό κόσμο; Τέτοια ηθικά διλήμματα καθιστούν αναγκαία μια συλλογική προσπάθεια από τεχνολόγους, ηθικολόγους και υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, οι οποίοι θα εργαστούν συνεκτικά για να διαμορφώσουν ένα περιβάλλον που δεν θα είναι μόνο τεχνολογικά προηγμένο αλλά και ηθικά ορθό (Bovenzi, 2023).

Η ανάδυση του Metaverse ως δικτύου επόμενης γενιάς δημιουργεί μια πληθώρα ηθικών προβληματισμών. Στο επίκεντρο των προβληματισμών αυτών βρίσκεται η πιθανή σύγκρουση μεταξύ των ηθικών κανόνων του Metaverse και εκείνων του πραγματικού κόσμου. Καθώς οι χρήστες βυθίζονται σε εικονικούς κοινόχρηστους χώρους, μπορεί να αντιμετωπίσουν καταστάσεις όπου τα παραδοσιακά ηθικά πρότυπα θολώνουν ή αντιμετωπίζονται ως παρωχημένα. Το Metaverse, με τις εξελισσόμενες τεχνολογίες αλληλεπίδρασης, θα δημιουργήσει αναπόφευκτα ηθικά διλήμματα που δεν έχουν ακόμη αντιμετωπιστεί. Αν δεν ελεγχθεί, η απουσία σαφώς καθορισμένων ηθικών κατευθυντήριων γραμμών θα μπορούσε να εμποδίσει την ανάπτυξη του Metaverse, καθώς οι χρήστες θα παλεύουν με πράξεις και συνέπειες σε ένα εικονικό πεδίο που μπορεί να μην ευθυγραμμίζονται με τις αξίες του πραγματικού κόσμου (Kaddoura & Al Husseiny, 2023).

Επιπλέον, η αλληλεπίδραση μεταξύ του Metaverse και του πραγματικού κόσμου υπογραμμίζει τη σημασία μιας ισχυρής νομοθεσίας. Η επιρροή του Metaverse επεκτείνεται πέρα από τον ψηφιακό τομέα, επηρεάζοντας συνεχώς την κοινωνία στο σύνολό της. Ως εκ τούτου, είναι επιτακτική ανάγκη για αυτόν τον ευρύ χώρο να

ενσωματώνει κανόνες που μπορούν να καθοδηγούν και να περιορίζουν αποτελεσματικά τις συμπεριφορές των χρηστών. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία σε τομείς που αφορούν την προστασία της ιδιωτικής ζωής των δεδομένων. Οι περίπλοκες δυνατότητες συλλογής δεδομένων του Metaverse, σε συνδυασμό με τις καθηλωτικές εμπειρίες κοινωνικών μέσων, απαιτούν αυστηρούς κανονισμούς (Fernandez & Hui, 2022). Τα υφιστάμενα νομικά πλαίσια θα πρέπει να επικαιροποιούνται συνεχώς, ώστε να διασφαλίζεται ότι προστατεύουν επαρκώς τα δικαιώματα των χρηστών, ιδίως όσον αφορά στη συγκατάθεση και στη χρήση δεδομένων.

6.4. Προτεινόμενες Λύσεις και Κατευθύνσεις

Στο εξελισσόμενο τοπίο του Metaverse, η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα αναδεικνύονται σε πρωταρχικές ανησυχίες. Για την αντιμετώπισή τους, έχει προταθεί από τη βιβλιογραφία μια λύση που έχει τις ρίζες της στην τεχνολογία blockchain, και ειδικότερα μια ψηφιακή ταυτότητα βασισμένη στη βιομετρία. Αυτό το καινοτόμο σύστημα ταυτοποίησης αξιοποιεί τα βιομετρικά δεδομένα ως κρυπτογραφικό θεμέλιο, δημιουργώντας ένα ξεχωριστό ζεύγος δημόσιου και ιδιωτικού κλειδιού. Λειτουργώντας ως αυθεντικοποιητές, τα κλειδιά αυτά επιτρέπουν στα άτομα να υπογράφουν και να λαμβάνουν συναλλαγές, εξασφαλίζοντας μια ενισχυμένη ταυτότητα στο Metaverse (Cheng, Chen & Han, 2023). Για να ενισχυθεί περαιτέρω η ασφάλεια, ιδίως όσον αφορά το περιεχόμενο που παράγεται από χρήστες (UGC), το οποίο είναι φορτωμένο με ευαίσθητες πληροφορίες, το Metaverse θα μπορούσε να επωφεληθεί από πλαίσια προστασίας της ιδιωτικότητας που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ. Τέτοια πλαίσια όχι μόνο θα εξασφάλιζαν τις πληροφορίες των χρηστών αλλά και θα ρύθμιζαν τις συμπεριφορές των χρηστών, μετριάζοντας τις πιθανές παραβιάσεις της ιδιωτικής ζωής (Zhang & Hu, 2023).

Επιπλέον, ενώ η αποκέντρωση διαφημίζεται ως μέσο για την ενίσχυση της ασφάλειας και της ιδιωτικής ζωής με την εξάλειψη των μεμονωμένων σημείων αποτυχίας, θέτει παράλληλα προκλήσεις. Τα αποκεντρωμένα συστήματα μπορεί συχνά να μην έχουν συνεπή εποπτεία ή κανονιστική συμμόρφωση, γεγονός που οδηγεί σε δυνητικά ασφαλή καταφύγια για κακόβουλους φορείς. Η απουσία κεντρικής αρχής μπορεί να

καταστήσει δύσκολη την ομοιόμορφη επιβολή των προτύπων ασφαλείας, οδηγώντας σε ανισότητες στην προστασία των χρηστών σε διάφορες περιοχές του Metaverse. Επίσης, η ευθύνη για τη διαχείριση και την ασφάλεια των δεδομένων τους, πέφτει συχνά στους μεμονωμένους χρήστες, γεγονός που μπορεί να είναι δυσχερές για πολλούς, ιδίως για τους λιγότερο εξοικειωμένους με την τεχνολογία (Pandey & Gilmour, 2023).

Επιπλέον, ορισμένες κατευθυντήριες γραμμές προτείνουν αυστηρό περιορισμό του περιεχομένου και επιτήρηση για την αποτροπή κακόβουλων δραστηριοτήτων. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή είναι αμφιλεγόμενη, καθώς αγγίζει τα όρια της λογοκρισίας. Η επίτευξη της σωστής ισορροπίας μεταξύ της διατήρησης ενός ελεύθερου και ανοικτού Metaverse και της ταυτόχρονης διασφάλισης της ασφάλειας μπορεί να αποτελέσει μια δύσκολη υπόθεση. Η υπερβολική ρύθμιση θα μπορούσε να περιορίσει τη δημιουργικότητα, την καινοτομία και την ελευθερία της έκφρασης, ενώ μια χαλαρή προσέγγιση θα μπορούσε να εκθέσει τους χρήστες σε κινδύνους (Gulati, 2023). Η εξεύρεση της χρυσής τομής απαιτεί μια λεπτή κατανόηση των χαρακτηριστικών του Metaverse, σε συνδυασμό με τη συνεργασία των ενδιαφερομένων μερών για τη διαμόρφωση κατευθυντήριων γραμμών.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το Metaverse αποτελεί ένα συνδυασμό διάφορων αναδυόμενων ψηφιακών τεχνολογιών και αντιπροσωπεύει μια αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε και αλληλεπιδρούμε με τον ψηφιακό κόσμο. Επιπλέον, το Metaverse είναι στενά συνυφασμένο με την ταχεία εξέλιξη της ψηφιακής οικονομίας (Cheng et al., 2022). Μέσω της ενσωμάτωσης τεχνολογιών αιχμής, από την τεχνητή νοημοσύνη έως την εικονική πραγματικότητα, το Metaverse είναι έτοιμο να ενισχύσει τη διείσδυση του διαδικτύου και να καταλύσει την επόμενη φάση της ανάπτυξης της ψηφιακής οικονομίας.

Η επιχειρηματικότητα και το εμπόριο αποτελούν ενδεικτικά παραδείγματα του Metaverse στην ψηφιακή οικονομία (Yemenici, 2022). Η εικονική πραγματικότητα στο Metaverse έχει επαναπροσδιορίσει τον επιχειρηματικό χώρο, επιτρέποντας βελτιωμένες εμπειρίες και αλλαγές των παραδοσιακών προσεγγίσεων. Οι δυνατότητες του Metaverse, σε συνδυασμό με τεχνολογίες όπως η επαυξημένη και εικονική πραγματικότητα, έχει αναδιαμορφώσει πολλούς επιχειρηματικούς τομείς, επιτρέποντας διαδραστικές εμπειρίες που ξεπερνούν τον πραγματικό κόσμο (Kerdvibulvech, 2022; Visconti, 2022; Weking et al., 2023). Καθώς η ψηφιακή οικονομία συνεχίζει να εξελίσσεται, το Metaverse θα λειτουργήσει αναμφίβολα ως σημείο αναφοράς, οδηγώντας τους μετασχηματισμούς και διαμορφώνοντας τη μελλοντική ψηφιακή πραγματικότητα.

Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι οι δυνατότητες του Metaverse είναι τεράστιες, δεν είναι απαλλαγμένο από προκλήσεις. Ένα από τα κύρια εμπόδια καθολικής εφαρμογής του είναι οι τεράστιες απαιτήσεις για την αποθήκευση και τη διαχείριση περιεχομένου. Η ασφάλεια και η προστασία των προσωπικών δεδομένων παραμένουν επίσης στο επίκεντρο των ανησυχιών, ιδίως όταν πρόκειται για τεχνολογίες που μπορούν να παρακολουθούν και να καταγράφουν τις ανθρώπινες σκέψεις ή όταν χρησιμοποιούν βιομετρικά στοιχεία. Επιπλέον, ενώ το Metaverse προσφέρει ευκαιρίες για περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική βιωσιμότητα στα αστικά περιβάλλοντα, φέρνει επίσης προκλήσεις που σχετίζονται με την ισότιμη πρόσβαση, τη

διακυβέρνηση δεδομένων και τις ηθικές επιπτώσεις της δημιουργίας και διαχείρισης ψηφιακών ταυτοτήτων.

Η κατανόηση και η ανάπτυξή του Metaverse απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση. Εμβαθύνοντας σε διάφορους τομείς, από την τεχνολογία έως την κοινωνιολογία, μπορούμε να ξετυλίξουμε τις πολύπλευρες περιπλοκές του Metaverse. Αυτή η ολοκληρωμένη διερεύνηση όχι μόνο βοηθά στην αντιμετώπιση των σημερινών προκλήσεων αλλά και φωτίζει πιθανούς δρόμους για καινοτομία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Afrashtehfar, K.I. and Abu-Fanas, A.S., 2022. Metaverse, crypto, and NFTs in dentistry. *Education Sciences*, *12*(8), p.538.

Anshari, M., Syafrudin, M., Fitriyani, N.L. and Razzaq, A., 2022. Ethical Responsibility and Sustainability (ERS) Development in a Metaverse Business Model. *Sustainability*, *14*(23), p.15805.

Al-Ali, A.R., Gupta, R., Zaman Batool, T., Landolsi, T., Aloul, F. and Al Nabulsi, A., 2020. Digital twin conceptual model within the context of internet of things. *Future Internet*, *12*(10), p.163.

Ali, S., Abdullah, Armand, T.P.T., Athar, A., Hussain, A., Ali, M., Yaseen, M., Joo, M.I. and Kim, H.C., 2023. Metaverse in healthcare integrated with explainable AI and Blockchain: enabling immersiveness, ensuring trust, and providing patient data security. *Sensors*, *23*(2), p.565.

Anderson, B. and Tracey, K., 2001. Digital living: The impact (or otherwise) of the Internet on everyday life. *American behavioral scientist*, *45*(3), pp.456-475.

Ante, L., 2022. Non-fungible token (NFT) markets on the Ethereum Blockchain: Temporal development, cointegration and interrelations. *Economics of Innovation and New Technology*, pp.1-19.

Anyanwu, G.O., Nwakanma, C.I., Lee, J.M. and Kim, D.S., 2023. RBF-SVM kernel-based model for detecting DDoS attacks in SDN integrated vehicular network. *Ad Hoc Networks*, *140*, p.103026.

Aoki, Y. and Shudo, K., 2019, July. Proximity neighbor selection in Blockchain networks. In *2019 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain)* (pp. 52-58). IEEE.

Areepong, T., Nilsook, P. and Wannapiroon, P., 2022, August. A study of a Metaverse interdisciplinary learning community. In *2022 Research, Invention, and Innovation Congress: Innovative Electricals and Electronics (RI2C)* (pp. 290-296). IEEE.

Baía Reis, A. and Ashmore, M., 2022. From video streaming to virtual reality worlds: an academic, reflective, and creative study on live theatre and performance in the Metaverse. *International Journal of Performance Arts and Digital Media*, *18*(1), pp.7-28.

Ball, M., 2022. *The Metaverse: and how it will revolutionize everything*. Liveright Publishing.

Barrera, K.G. and Shah, D., 2023. Marketing in the Metaverse: Conceptual understanding, framework, and research agenda. *Journal of Business Research*, *155*, p.113420.

Belk, R., Humayun, M. and Brouard, M., 2022. Money, possessions, and ownership in the Metaverse: NFTs, cryptocurrencies, Web3 and Wild Markets. *Journal of Business Research*, *153*, pp.198-205.

Bilotti, U., Di Dario, D., Palomba, F., Gravino, C. and Sibilio, M., 2023, January. Machine learning for educational metaverse: How far are we? In *2023 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)* (pp. 01-02). IEEE.

Bimber, O. and Raskar, R., 2005. *Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds*. CRC press.

Boni, M., 2023. Ethical challenges related to the Metaverse development-hypothesis.

Botín-Sanabria, D.M., Mihaita, A.S., Peimbert-García, R.E., Ramírez-Moreno, M.A., Ramírez-Mendoza, R.A. and Lozoya-Santos, J.D.J., 2022. Digital twin technology challenges and applications: A comprehensive review. *Remote Sensing*, *14*(6), p.1335.

Bourlakis, M., Papagiannidis, S. and Li, F., 2009. Retail spatial evolution: paving the way from traditional to Metaverse retailing. *Electronic commerce research*, *9*, pp.135-148.

Bovenzi, G.M., 2023, April. MetaCrimes: Criminal accountability for conducts in the Metaverse. In *Companion Proceedings of the ACM Web Conference 2023* (pp. 565-567).

Canbay, Y., Utku, A. and Canbay, P., 2022, October. Privacy concerns and measures in Metaverse: A review. In *2022 15th International Conference on Information Security and Cryptography (ISCTURKEY)* (pp. 80-85). IEEE.

Carey, B., 2022. Metaverse technologies, behavioral predictive analytics, and customer location tracking tools in Blockchain-based virtual worlds. *Review of Contemporary Philosophy*, (21), pp.188-204.

ÇELİK, G., 2023. A new field in muci production: Metaverse concerts. *Ege Üniversitesi İletişim Fakültesi Medya ve İletişim Araştırmaları Hakemli E-Dergisi*, (12), pp.4-24.

Chen, Z., Wu, J., Gan, W. and Qi, Z., 2022, December. Metaverse security and privacy: An overview. In *2022 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp. 2950-2959). IEEE.

Chen, Y. and Bellavitis, C., 2020. Blockchain disruption and decentralized finance: The rise of decentralized business models. *Journal of Business Venturing Insights*, *13*, p.e00151.

Chen, S.C., 2022. Multimedia research toward the Metaverse. *IEEE MultiMedia*, *29*(1), pp.125-127.

Cheng, R., Chen, S. and Han, B., 2023. Towards Zero-trust Security for the Metaverse. *IEEE Communications Magazine*.

Choi, H.S. and Kim, S.H., 2017. A content service deployment plan for Metaverse museum exhibitions—Centering on the combination of beacons and HMDs. *International Journal of Information Management*, *37*(1), pp.1519-1527.

Choi, M., Azzaoui, A.E., Singh, S.K., Salim, M.M., Jeremiah, S.R. and Park, J.H., 2022. The future of Metaverse: Security issues, requirements, and solutions. *Human-Centric Computing and Information Sciences*, *12*.

Crain, T., Gramoli, V., Larrea, M. and Raynal, M., 2017, May. Blockchain consensus. In *ALGOTEL 2017-19èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications*.

Dionisio, J.D.N., Iii, W.G.B. and Gilbert, R., 2013. 3D virtual worlds and the Metaverse: Current status and future possibilities. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, *45*(3), pp.1-38.

Di Pietro, R. and Cresci, S., 2021, December. Metaverse: security and privacy issues. In *2021 Third IEEE International Conference on Trust, Privacy and Security in Intelligent Systems and Applications (TPS-ISA)* (pp. 281-288). IEEE.

Dubey, V., Mokashi, A., Pradhan, R., Gupta, P. and Walimbe, R., 2022. Metaverse and Banking Industry–2023 The Year of Metaverse Adoption.

Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X. and Cai, W., 2021, October. Metaverse for social good: A university campus prototype. In *Proceedings of the 29th ACM international conference on multimedia* (pp. 153-161).

Dunn, M.E., Shah, G. and Veríssimo, D., 2021. Stepping into the Wildeverse: Evaluating the impact of augmented reality mobile gaming on pro-conservation behaviours. *People and Nature*, *3*(6), pp.1205-1217.

Dwivedi, Y.K., Hughes, L., Baabdullah, A.M., Ribeiro-Navarrete, S., Giannakis, M., Al-Debei, M.M., Dennehy, D., Metri, B., Buhalis, D., Cheung, C.M. and Conboy, K., 2022. Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, *66*, p.102542.

El Faqir, Y., Arroyo, J. and Hassan, S., 2020, August. An overview of decentralized autonomous organizations on the Blockchain. In *Proceedings of the 16th international symposium on open collaboration* (pp. 1-8).

El Saddik, A., 2018. Digital twins: The convergence of multimedia technologies. *IEEE multimedia*, *25*(2), pp.87-92.

Enache, M.C., 2022. Metaverse Opportunities for Businesses. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati: Fascicle: I, Economics & Applied Informatics*, *28*(1).

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

Far, S.B. and Rad, A.I., 2022. Applying digital twins in Metaverse: User interface, security and privacy challenges. *Journal of Metaverse*, *2*(1), pp.8-15.

Fernandez, P., 2022. Facebook, Meta, the Metaverse and libraries. *Library Hi Tech News*, *39*(4), pp.1-5.

Fernandez, C.B. and Hui, P., 2022, July. Life, the Metaverse and everything: An overview of privacy, ethics, and governance in Metaverse. In *2022 IEEE 42nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW)* (pp. 272-277). IEEE.

Ficarra, B.A.R.B.A.R.A., 2020. Virtual reality, augmented reality, and mixed reality. *Emerging Technologies for Nurses: Implications for Practice*, pp.95-126.

Gadekallu, T.R., Huynh-The, T., Wang, W., Yenduri, G., Ranaweera, P., Pham, Q.V., da Costa, D.B. and Liyanage, M., 2022. Blockchain for the Metaverse: A review. *arXiv preprint arXiv:2203.09738*.

Gerup, J., Soerensen, C.B. and Dieckmann, P., 2020. Augmented reality and mixed reality for healthcare education beyond surgery: an integrative review. *International journal of medical education*, *11*, p.1.

Gervais, A., Karame, G.O., Wüst, K., Glykantzis, V., Ritzdorf, H. and Capkun, S., 2016, October. On the security and performance of proof of work Blockchains. In *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC conference on computer and communications security* (pp. 3-16).

Gervais, A., Karame, G.O., Wüst, K., Glykantzis, V., Ritzdorf, H. and Capkun, S., 2016, October. On the security and performance of proof of work Blockchains. In *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC conference on computer and communications security* (pp. 3-16).

Ghirmai, S., Mebrahtom, D., Aloqaily, M., Guizani, M. and Debbah, M., 2022, December. Self-sovereign identity for trust and interoperability in the Metaverse. In *2022 IEEE Smartworld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Scalable Computing & Communications, Digital Twin, Privacy Computing, Metaverse, Autonomous & Trusted Vehicles (SmartWorld / UIC / ScalCom / DigitalTwin / PriComp / Meta)* (pp. 2468-2475). IEEE.

Glaessgen, E. and Stargel, D., 2012, April. The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles. In *53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC structures, structural dynamics and materials conference 20th AIAA/ASME/AHS adaptive structures conference 14th AIAA* (p. 1818).

Gulati, A.G., 2023. Digital Governance-An Indian Perspective. *ICG Annual Confeence "India*, *75*.

Guo, J. and Lv, Z., 2022. Application of Digital Twins in multiple fields. *Multimedia tools and applications*, *81*(19), pp.26941-26967.

Hackl, C., Lueth, D. and Di Bartolo, T., 2022. *Navigating the Metaverse: A guide to limitless possibilities in a Web 3.0 world*. John Wiley & Sons.

Hemdan, E.E.D. and Mahmoud, A.S.A., 2021. Blocktwins: a Blockchain-based digital twins framework. In *Blockchain Applications in IoT Ecosystem* (pp. 177-186). Cham: Springer International Publishing.

Henz, P., 2022. The psychological impact of the Metaverse. *Discover Psychology*, *2*(1), p.47.

Huang, Y., Li, Y.J. and Cai, Z., 2023. Security and privacy in Metaverse: A comprehensive survey. *Big Data Mining and Analytics*, *6*(2), pp.234-247.

Huynh-The, T., Gadekallu, T.R., Wang, W., Yenduri, G., Ranaweera, P., Pham, Q.V., da Costa, D.B. and Liyanage, M., 2023. Blockchain for the Metaverse: A Review. *Future Generation Computer Systems*.

Huynh-The, T., Pham, Q.V., Pham, X.Q., Nguyen, T.T., Han, Z. and Kim, D.S., 2023. Artificial intelligence for the Metaverse: A survey. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *117*, p.105581.

Hwang, G.J. and Chien, S.Y., 2022. Definition, roles, and potential research issues of the Metaverse in education: An artificial intelligence perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *3*, p.100082.

Jayabalan, J. and Jeyanthi, N., 2021, January. A study on distributed consensus protocols and algorithms: the backbone of Blockchain networks. In *IEEE International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI) (pp*. 1-10), 2021.

Jeon, H.J., Youn, H.C., Ko, S.M. and Kim, T.H., 2022. Blockchain and AI Meet in the Metaverse. *Advances in the Convergence of Blockchain and Artificial Intelligence*, *73*(10.5772).

Jian, S., Chen, X. and Yan, J., 2022, June. From Online Games to "Metaverse": The Expanding Impact of Virtual Reality in Daily Life. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 34-43). Cham: Springer International Publishing.

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

Jungherr, A. and Schlarb, D.B., 2022. The extended reach of game engine companies: How companies like epic games and Unity technologies provide platforms for

extended reality applications and the Metaverse. *Social Media+ Society*, *8*(2), p.20563051221107641.

Kaddoura, S. and Al Husseiny, F., 2023. The rising trend of Metaverse in education: challenges, opportunities, and ethical considerations. *PeerJ Computer Science*, *9*, p.e1252.

Kanematsu, H., Kobayashi, T., Barry, D.M., Fukumura, Y., Dharmawansa, A. and Ogawa, N., 2014. Virtual STEM class for nuclear safety education in Metaverse. *Procedia computer science*, *35*, pp.1255-1261.

Kemp, J. and Livingstone, D., 2006, August. Putting a Second Life "Metaverse" skin on learning management systems. In *Proceedings of the Second Life education workshop at the Second Life community convention* (Vol. 20). San Francisco: The University of Paisley.

Kerdvibulvech, C., 2022, June. Exploring the impacts of COVID-19 on digital and Metaverse games. In *International conference on human-computer interaction* (pp. 561-565). Cham: Springer International Publishing.

Khan, L.U., Yaqoob, I., Salah, K., Hong, C.S., Niyato, D., Han, Z. and Guizani, M., 2022. Machine learning for Metaverse-enabled wireless systems: vision, requirements, and challenges. *arXiv preprint arXiv:2211.03703*.

Khan, L.U., Han, Z., Niyato, D., Guizani, M. and Hong, C.S., 2022. Metaverse for wireless systems: Vision, enablers, architecture, and future directions. *arXiv preprint arXiv:2207.00413*.

Kim, J., 2021. Advertising in the Metaverse: Research agenda. *Journal of Interactive Advertising*, *21*(3), pp.141-144.

Kohl, J., 2023. Empathy in Police Officers Undergoing De-escalation Simulation Training: A Comparison Between Virtual Reality and Live Action Modalities.

Kohli, V., Tripathi, U., Chamola, V., Rout, B.K. and Kanhere, S.S., 2022. A review on Virtual Reality and Augmented Reality use-cases of Brain Computer Interface based applications for smart cities. *Microprocessors and Microsystems*, *88*, p.104392.

Koo, H., 2021. Training in lung cancer surgery through the Metaverse, including extended reality, in the smart operating room of Seoul National University Bundang Hospital, Korea. *Journal of educational evaluation for health professions*, *18*.

Kovacova, M., Oláh, J. and Popescu, G.H., 2022. Digital Twin Simulation and Modeling Tools, Deep Learning Object Detection Technology, and Visual Perception and Sensor Fusion Algorithms in the Metaverse Commerce. *Economics, Management and Financial Markets*, *17*(3), pp.9-24.

Kürtünlüoğlu, P., Akdik, B. and Karaarslan, E., 2022. Security of virtual reality authentication methods in Metaverse: An overview. *arXiv preprint arXiv:2209.06447*.

Kurzweil, R., Richter, R., Kurzweil, R. and Schneider, M.L., 1990. *The age of intelligent machines* (Vol. 580). Cambridge: MIT press.

Laeeq, K., 2022. Metaverse: why, how and what. *How and What*.

Lee, L.H., Lin, Z., Hu, R., Gong, Z., Kumar, A., Li, T., Li, S. and Hui, P., 2021. When creators meet the Metaverse: A survey on computational arts. *arXiv preprint arXiv:2111.13486*.

Lee, S.H., Lee, H. and Kim, J.H., 2022. Enhancing the Prediction of User Satisfaction with Metaverse Service Through Machine Learning. *Computers, Materials & Continua*, *72*(3).

Lee, K.S. and Wei, H., 2021, December. Designing Metaverse platforms for participatory culture: what we can learn from BTS in Metaverse and K-pop fandom. In *Congress of the International Association of Societies of Design Research* (pp. 654-661). Singapore: Springer Nature Singapore.

Lee, L.H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C. and Hui, P., 2021. All one needs to know about Metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *arXiv preprint arXiv:2110.05352*.

Lee, C.T., Ho, T.Y. and Xie, H.H., 2023. Building brand engagement in Metaverse commerce: The role of branded non-fungible tokens (BNFTs). *Electronic Commerce Research and Applications*, *58*, p.101248.

Lee, L.H., Lin, Z., Hu, R., Gong, Z., Kumar, A., Li, T., Li, S. and Hui, P., 2021. When creators meet the Metaverse: A survey on computational arts. *arXiv preprint arXiv:2111.13486*.

Leiner, B.M., Cerf, V.G., Clark, D.D., Kahn, R.E., Kleinrock, L., Lynch, D.C., Postel, J., Roberts, L.G. and Wolff, S., 2009. A brief history of the Internet. *ACM SIGCOMM computer communication review*, *39*(5), pp.22-31.

Leng, J., Zhu, X., Huang, Z., Xu, K., Liu, Z., Liu, Q. and Chen, X., 2023. ManuChain II: Blockchained Smart Contract System as the Digital Twin of Decentralized Autonomous Manufacturing Toward Resilience in Industry 5.0. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*.

Li, K., Cui, Y., Li, W., Lv, T., Yuan, X., Li, S., Ni, W., Simsek, M. and Dressler, F., 2022. When internet of things meets Metaverse: Convergence of physical and cyber worlds. *IEEE Internet of Things Journal*, *10*(5), pp.4148-4173.

Liu, C., Ranjan, R., Yang, C., Zhang, X., Wang, L. and Chen, J., 2014. MuR-DPA: Top-down levelled multi-replica Merkle hash tree based secure public auditing for dynamic big data storage on cloud. *IEEE Transactions on Computers*, *64*(9), pp.2609-2622.

Lv, Z., Xie, S., Li, Y., Hossain, M.S. and El Saddik, A., 2022. Building the Metaverse by digital twins at all scales, state, relation. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, *4*(6), pp.459-470.

Lv, Z., Shang, W.L. and Guizani, M., 2022. Impact of Digital Twins and Metaverse on Cities: History, Current Situation, and Application Perspectives. *Applied Sciences*, *12*(24), p.12820.

Malik, N., Husain, F., Ali, A. and Elahi, Y.A., 2023. Recent Advances in Cyber Security Laws and Practices in India: Implementation and Awareness. *Advances in Cyberology and the Advent of the Next-Gen Information Revolution*, pp.220-241.

Mejia, J.M.R. and Rawat, D.B., 2022, July. recent advances in a medical domain Metaverse: Status, challenges, and perspective. In *2022 Thirteenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)* (pp. 357-362). IEEE.

Milman, N.B., 2018. Defining and conceptualizing mixed reality, augmented reality, and virtual reality. *Distance Learning*, *15*(2), pp.55-58.

Molka-Danielsen, J. and Deutschmann, M. eds., 2009. *Learning and teaching in the virtual world of Second Life*. Tapir Academic Press.

Mosco, V., 2023. Into the Metaverse: Technical Challenges, Social Problems, Utopian Visions, and Policy Principles. *Javnost-The Public*, pp.1-13.

Mozumder, M.A.I., Sheeraz, M.M., Athar, A., Aich, S. and Kim, H.C., 2022, February. Overview: Technology roadmap of the future trend of Metaverse based on IoT, Blockchain, AI technique, and medical domain Metaverse activity. In *2022 24th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)* (pp. 256-261). IEEE.

Mozumder, M.A.I., Armand, T.P.T., Imtiyaj Uddin, S.M., Athar, A., Sumon, R.I., Hussain, A. and Kim, H.C., 2023. Metaverse for Digital Anti-Aging Healthcare: An Overview of Potential Use Cases Based on Artificial Intelligence, Blockchain, IoT Technologies, Its Challenges, and Future Directions. *Applied Sciences*, *13*(8), p.5127.

Mozumder, M.A.I., Theodore, A.T.P., Athar, A. and Kim, H.C., 2023, February. The Metaverse applications for the finance industry, its challenges, and an approach for the Metaverse finance industry. In *25th IEEE International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)* (pp. 407-410)., 2023.

Murray, M.D., 2022. Ready lawyer one: Lawyering in the Metaverse. *Available at SSRN 4082648*.

Musamih, A., Yaqoob, I., Salah, K., Jayaraman, R., Al-Hammadi, Y., Omar, M. and Ellahham, S., 2022. Metaverse in healthcare: Applications, challenges, and future directions. *IEEE Consumer Electronics Magazine*.

Mystakidis, S., 2022. Metaverse. *Encyclopedia*, *2*(1), pp.486-497.

Nie, H., 2023. Virtual Augmented Reality Advertising Based on Metaverse Platform. *Information Systems and Economics*, *4*(4), pp.77-81.

Ning, H., Wang, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., Ding, J. and Daneshmand, M., 2023. A Survey on the Metaverse: The State-of-the-Art, Technologies, Applications, and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*.

Oleksy, T., Wnuk, A. and Piskorska, M., 2023. Migration to the Metaverse and its predictors: Attachment to virtual places and Metaverse -related threat. *Computers in Human Behavior*, *141*, p.107642.

Pandey, D. and Gilmour, P., 2023. Accounting meets Metaverse: navigating the intersection between the real and virtual worlds. *Journal of Financial Reporting and Accounting*.

Periyasami, S. and Periyasamy, A.P., 2022. Metaverse as future promising platform business model: Case study on fashion value chain. *Businesses*, *2*(4), pp.527-545.

Peukert, C., Weinhardt, C., Hinz, O. and van der Aalst, W.M., 2022. Metaverse: How to approach its challenges from a BISE perspective. *Business & Information Systems Engineering*, *64*(4), pp.401-406.

Rahouti, M., Xiong, K. and Ghani, N., 2018. Bitcoin concepts, threats, and machine-learning security solutions. *IEEE Access*, *6*, pp.67189-67205.

Rathore, B., 2017. Virtual Consumerism: An Exploration of E-Commerce in the Metaverse. *International Journal of New Media Studies: International Peer Reviewed Scholarly Indexed Journal*, *4*(2), pp.61-69.

Rathore, B., 2018. Metaverse Marketing: Novel Challenges, Opportunities, and Strategic Approaches. *Eduzone: International Peer Reviewed/Refereed Multidisciplinary Journal*, *7*(2), pp.72-82.

Rosenberg, L.B., 2022. The Metaverse: From Marketing to Mind Control. *Future of Marketing Magazine, Future of Marketing Institute, York University*.

Rospigliosi, P.A., 2022. Metaverse or Simulacra? Roblox, Minecraft, Meta and the turn to virtual reality for education, socialisation and work. *Interactive Learning Environments*, *30*(1), pp.1-3.

Rostami, S. and Maier, M., 2022. The Metaverse and beyond: implementing advanced multiverse realms with smart wearables. *IEEE Access*, *10*, pp.110796-110806.

Sandrone, S., 2022. Medical education in the Metaverse. *Nature Medicine*, *28*(12), pp.2456-2457.

Saker, M. and Frith, J., 2022. Contiguous identities: the virtual self in the supposed Metaverse. *First Monday*.

Schier, R., 2018. Artificial intelligence and the practice of radiology: an alternative view. *Journal of the American College of Radiology*, *15*(7), pp.1004-1007.

Schöbel, S.M. and Leimeister, J.M., 2023. Metaverse platform ecosystems. *Electronic Markets*, *33*(1), p.12.

Shen, B., Tan, W., Guo, J., Zhao, L. and Qin, P., 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.

Shin, E. and Kim, J.H., 2022. The Metaverse and video games: Merging media to improve soft skills training. Journal of Internet Computing and Services, 23(1), pp.69-76.

Singh, M. and Kim, S., 2019. Blockchain technology for decentralized autonomous organizations. In *Advances in computers* (Vol. 115, pp. 115-140). Elsevier.

Sivasankar, G.A., 2022. Study of Blockchain technology, AI and digital networking in Metaverse. IRE Journals, 5(8), pp.110-115.

Song, Y. and Hong, S., 2021. Build a secure smart city by using Blockchain and digital twin. *Int. J. Adv. Sci. Converg*, *3*, pp.9-13.

Skalidis, I., Muller, O. and Fournier, S., 2022. CardioVerse: The cardiovascular medicine in the era of Metaverse. *Trends in Cardiovascular Medicine.*

Smaili, N. and de Rancourt-Raymond, A., 2022. Metaverse: Welcome to the new fraud marketplace. *Journal of financial crime*, (ahead-of-print).

Suh, I., McKinney, T. and Siu, K.C., 2023, April. Current Perspective of Metaverse Application in Medical Education, Research and Patient Care. In *Virtual Worlds* (Vol. 2, No. 2, pp. 115-128). MDPI.

Sun, J., Gan, W., Chao, H.C. and Yu, P.S., 2022. Metaverse: Survey, applications, security, and opportunities. *arXiv preprint arXiv:2210.07990*.

Teisserenc, B. and Sepasgozar, S., 2021. Adoption of Blockchain technology through digital twins in the construction industry 4.0: A PESTELS approach. *Buildings*, *11*(12), p.670.

Teng, Z., Cai, Y., Gao, Y., Zhang, X. and Li, X., 2022. Factors affecting learners' adoption of an educational Metaverse platform: An empirical study based on an extended UTAUT model. *Mobile Information Systems*, *2022*.

Turchet, L., 2023. Musical Metaverse: vision, opportunities, and challenges. *Personal and Ubiquitous Computing*, pp.1-17.

Turdialiev, M., 2023. Legal Discussion of Metaverse Law. *International Journal of Cyber Law*, *1*(3).

Urban, R.J., 2007. A second life for your museum: 3D multi-user virtual environments and museums.

Verdouw, C., Tekinerdogan, B., Beulens, A. and Wolfert, S., 2021. Digital twins in smart farming. *Agricultural Systems*, *189*, p.103046.

VİSCONTİ, R.M., 2022. From physical reality to the Metaverse: a Multilayer Network Valuation. *Journal of Metaverse, 2*(1), pp.16-22.

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

Wang, F.Y., Qin, R., Wang, X. and Hu, B., 2022. Metasocieties in Metaverse: Metaeconomics and metamanagement for metaenterprises and metacities. IEEE Transactions on Computational Social Systems, 9(1), pp.2-7.

Wang, Y., Su, Z., Zhang, N., Xing, R., Liu, D., Luan, T.H. and Shen, X., 2022. A survey on Metaverse: Fundamentals, security, and privacy. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.

Wang, Y., Su, Z., Zhang, N., Xing, R., Liu, D., Luan, T.H. and Shen, X., 2022. A survey on Metaverse: Fundamentals, security, and privacy. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.

Warin, C. and Reinhardt, D., 2022, September. Vision: Usable Privacy for XR in the Era of the Metaverse. *In Proceedings of the 2022 European Symposium on Usable Security* (pp. 111-116).

Weinberger, M., 2022. What Is Metaverse? A Definition Based on Qualitative Meta-Synthesis. Future Internet, 14(11), p.310.

Weking, J., Desouza, K.C., Fielt, E., & Kowalkiewicz, M. (2023). Metaverse-enabled entrepreneurship. *Journal of Business Venturing Insights, 19*, e00375.

Whitelaw, S., Mamas, M.A., Topol, E. and Van Spall, H.G., 2020. Applications of digital technology in COVID-19 pandemic planning and response. *The Lancet Digital Health*, *2*(8), pp. e435-e440.

Wu, H. and Zhang, W., 2023. Digital identity, privacy security, and their legal safeguards in the Metaverse. *Security and Safety*, *2*, p.2023011.

Wu, J., Lin, K., Lin, D., Zheng, Z., Huang, H. and Zheng, Z., 2023. Financial Crimes in Web3-empowered Metaverse: Taxonomy, Countermeasures, and Opportunities. *IEEE Open Journal of the Computer Society*, *4*, pp.37-49.

Wylde, V., Prakash, E., Hewage, C. and Platts, J., 2023. Post-Covid-19 Metaverse Cybersecurity and Data Privacy: Present and Future Challenges. In *Data Protection in a Post-Pandemic Society: Laws, Regulations, Best Practices and Recent Solutions* (pp. 1-48). Cham: Springer International Publishing.

Xu, H., Li, Z., Li, Z., Zhang, X., Sun, Y. and Zhang, L., 2022, May. Metaverse native communication: A Blockchain and spectrum prospective. In *2022 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)* (pp. 7-12). IEEE.

Yang, Q., Zhao, Y., Huang, H., Xiong, Z., Kang, J. and Zheng, Z., 2022. Fusing Blockchain and AI with Metaverse: A survey. *IEEE Open Journal of the Computer Society*, *3*, pp.122-136.

Yaqoob, I., Salah, K., Uddin, M., Jayaraman, R., Omar, M. and Imran, M., 2020. Blockchain for digital twins: Recent advances and future research challenges. *Ieee Network*, *34*(5), pp.290-298.

Yemenici, A.D., 2022. Entrepreneurship in the world of Metaverse: virtual or real? *Journal of Metaverse*, *2*(2), pp.71-82.

Yıldız, İ. and Tanyıldızı, N.İ., 2023. An Analysis of News Containing Cyberbullying in the Metaverse. In *Handbook of Research on Bullying in Media and Beyond* (pp. 196-214). IGI Global.

Yıldız, İ. and Tanyıldızı, N.İ., 2023. An Analysis of News Containing Cyberbullying in the Metaverse. In *Handbook of Research on Bullying in Media and Beyond* (pp. 196-214). IGI Global.

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

Yoo, K., Welden, R., Hewett, K. and Haenlein, M., 2023. The merchants of meta: A research agenda to understand the future of retailing in the Metaverse. *Journal of Retailing*.

Zhang, Y. and Hu, W., 2023, March. In the Future Metaverse, What Kind of UGC do Users Need? In *2023 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)* (pp. 901-902). IEEE.

Zhang, R. and Preneel, B., 2017. Publish or perish: A backward-compatible defense against selfish mining in Bitcoin. In *Topics in Cryptology–CT-RSA 2017: The Cryptographers' Track at the RSA Conference 2017, San Francisco, CA, USA, February 14–17, 2017, Proceedings* (pp. 277-292). Springer International Publishing.

Zhao, R., Zhang, Y., Zhu, Y., Lan, R. and Hua, Z., 2022. Metaverse: Security and privacy concerns. *arXiv preprint arXiv:2203.03854*.