

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Έξυπνης Σύμβασης σε ένα δίκτυο Blockchain για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών σε ομάδες δεδομένων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

<http://www.eee.uniwa.gr>

<http://www.idpe.uniwa.gr>

Θηβών 250, Αθήνα-Αιγάλεω 12241

Τηλ: +30 210 538-1614

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Τεχνητή Νοημοσύνη και Βαθιά Μάθηση

<https://aidl.uniwa.gr/>



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS
ENGINEERING

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN AND
PRODUCTION ENGINEERING

<http://www.eee.uniwa.gr>

<http://www.idpe.uniwa.gr>

250, Thivon Str., Athens, GR-12241, Greece

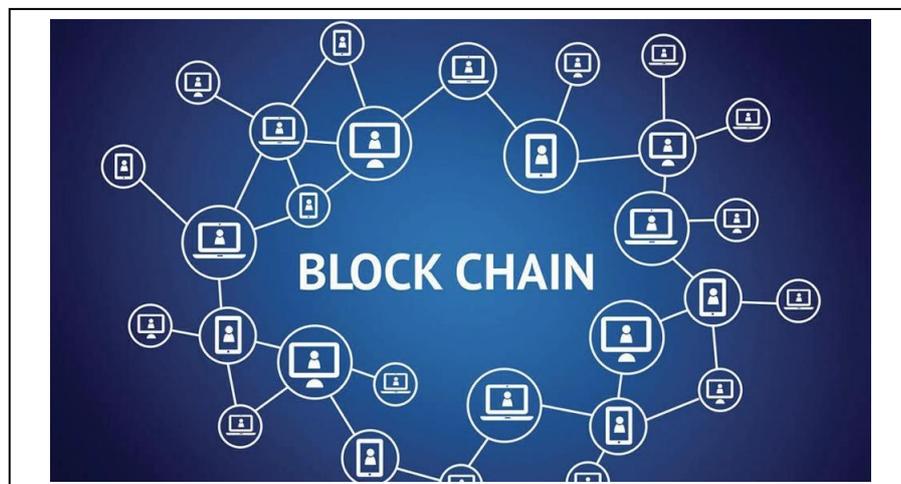
Tel: +30 210 538-1614

Master of Science in
Artificial Intelligence and Deep Learning

<https://aidl.uniwa.gr/>

Master of Science Thesis

Design and Implementation of a smart contract in a Blockchain Network to evaluate the characteristics of datasets



Student: Liakopoulos Alexandros Dimitrios
Registration Number: Mscaidl-0007

MSc Thesis Supervisor
Kogias Dimitrios
Adjunct Professor

ATHENS-EGALEO, February 2023

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Έξυπνης Σύμβασης σε ένα δίκτυο Blockchain για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών σε ομάδες δεδομένων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

<http://www.eee.uniwa.gr>

<http://www.idpe.uniwa.gr>

Θηβών 250, Αθήνα-Αιγάλεω 12241

Τηλ: +30 210 538-1614

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Τεχνητή Νοημοσύνη και Βαθιά Μάθηση

<https://aidl.uniwa.gr/>



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL &
ELECTRONICS ENGINEERING
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN AND
PRODUCTION ENGINEERING

<http://www.eee.uniwa.gr>

<http://www.idpe.uniwa.gr>

250, Thivon Str., Athens, GR-12241, Greece

Tel: +30 210 538-1614

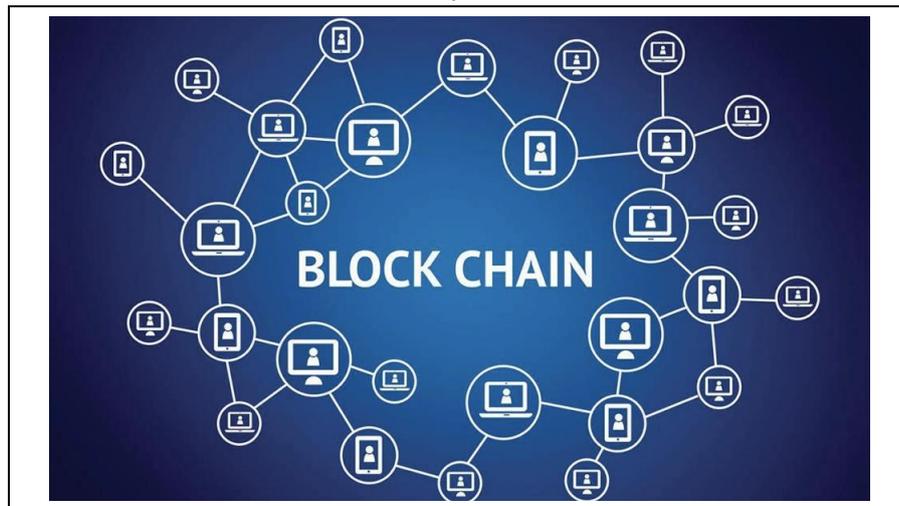
Master of Science in

Artificial Intelligence and Deep Learning

<https://aidl.uniwa.gr/>

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Έξυπνης Σύμβασης σε ένα δίκτυο
Blockchain για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών σε ομάδες
δεδομένων



Φοιτητής: Διακόπουλος Αλέξανδρος Δημήτριος

AM: Mscaidl-0007

Επιβλέπων Καθηγητής

Κόγιας Δημήτριος

Επισκέπτης Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, Φεβρουάριος 2023

This MSc Thesis has been accepted, evaluated and graded by the following committee:

Supervisor	Member	Member
		
Κόγιας Δημήτριος	Πατρικάκης Χαραλάμπος	Ψωμόπουλος Κωνσταντίνος
Επισκέπτης Καθηγητής	Καθηγητής	Καθηγητής
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής	Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής	Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και Αλέξανδρος Δημήτριος Λιακόπουλος,
Φεβρουάριος, 2023**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/ηΑλέξανδρος Δημήτριος Λιακόπουλος..... του...Γεωργίου.., με αριθμό μητρώου ...mscaidl-0007...μεταπτυχιακός φοιτητής του ΔΠΜΣ «Τεχνητή Νοημοσύνη και Βαθιά Μάθηση» του Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

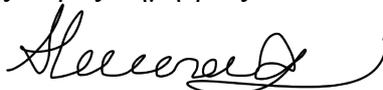
«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο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

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

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι01/06/2023..... και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος καθηγητή.»

Ο Δηλών

Αλέξανδρος Δημήτριος Λιακόπουλος



(Υπογραφή φοιτητή)

Abstract

Data-centric artificial intelligence (AI) models rely heavily on high-quality data sets to perform their tasks. They are designed to analyze and learn from large amounts of data in order to identify patterns and make predictions. With the rapid growth of the artificial intelligence industry in recent years, and companies from different industries having invested a big capital (93.5 billion in 2021) in this field, data sets are becoming more important every day than ever before. Companies such as LandingAI which provides, among other things, datasets for training machine learning models for a monthly subscription, has become a popular innovator on this field. Therefore, a secure and reliable management is needed by having the privacy of the datasets as an aera.

The demands of enterprises for greater efficiency, increased data storage capacity and most importantly their security as well as privacy, has highlighted blockchain as an innovative and very tempting technology that could "revolutionize" this sector. The desire of the companies was to be able to use shared data in a collaborative way and from different computers, in order to provide better access to their existing partners and to entice more to work with them. With the blockchain system, it was possible for multiple teams to manage shared data anonymously, without framing but with greater traceability. This would ensure better transparency in who manages them while each individual user of the system could check their validity without having to contact a third-party controller. The blockchain system differed significantly from others, such as the cloud, in terms of structure, how data is stored and its security. The blockchain therefore keeps data in several nodes that form a consensus on its exact storage in protected databases while allowing an individual or business using the system to restrict access to only a portion of the data rather than the entire range of records. Data that remains unchanged in block chains cannot be formatted or deleted by users. At the same time, it is public, so no one can hide data from other participants in the block chain.

In the following paper, the first chapter will present the blockchain technology and some individual elements, such as Smart Contracts and their use, the structure of Ethereum and Solana networks and the differences between them, the use cases of Smart Contracts and decentralized applications. In the second, an analysis of the use of Blockchains in data sets, how it could help in the development of new applications and a reference to existing ones will be made. In the third chapter, we will present how to implement Smart Contracts at the programming level. The libraries used, their functionality, tools etc. will be mentioned. Finally, the conclusions of the research will be given.

Περίληψη

Τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης (AI) με επίκεντρο τα δεδομένα βασίζονται, σε μεγάλο βαθμό, σε σύνολα δεδομένων υψηλής ποιότητας για την εκτέλεση των καθηκόντων τους. Έχουν σχεδιαστεί για να αναλύουν και να μαθαίνουν από μεγάλες ποσότητες δεδομένων προκειμένου να εντοπίζουν μοτίβα και να κάνουν προβλέψεις. Με την ραγδαία ανάπτυξη του κλάδου της τεχνητής νοημοσύνης τα τελευταία χρόνια, και εταιρείες από διαφορεικές βιομηχανίες να έχουν επενδύσει πολλά χρήματα (93,5 δις το 2021) στον τομέα αυτό, τα σύνολα δεδομένων αποκτούν καθημερινά όλο και μεγαλύτερη σημασία όσο ποτέ άλλοτε. Εταιρείες όπως η LandingAI που παρέχει, μεταξύ άλλων, σύνολα δεδομένων για την εκπαίδευση μοντέλων μηχανικής μάθησης έναντι μίας μηνιαίας συνδρομής, έχει γίνει πρωτοπόρος στον τομέα. Συνεπώς χρειάζεται μία ασφαλή και αξιόπιστη διαχείριση έχοντας ως ακεραία την ιδιωτικότητα των ομάδων δεδομένων.

Οι απαιτήσεις των επιχειρήσεων για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, αυξημένη χωρητικότητα αποθήκευσης δεδομένων και κυρίως την ασφάλειά τους καθώς και την ιδιωτικότητα τους, ανέδειξε το blockchain ως μία καινοτόμο και πολύ δελεαστική τεχνολογία που θα μπορούσε να φέρει “επανάσταση” στο συγκεκριμένο τομέα. Επιθυμία των εταιρειών ήταν να μπορούν να χρησιμοποιούν κοινά δεδομένα με ομαδικό τρόπο και από διαφορετικούς υπολογιστές, ώστε να παρέχουν καλύτερη πρόσβαση στους ήδη υπάρχοντες συνεργάτες τους και να δελεάζουν περισσότερους, για να συνεργαστούν μαζί τους. Με το σύστημα blockchain ήταν δυνατόν, πολλές ομάδες να διαχειρίζονται κοινά δεδομένα με ανωνυμία, χωρίς πλαisiώση αλλά και με μεγαλύτερη ιχνηλασιμότητα. Έτσι, θα εξασφαλιζόταν καλύτερη διαφάνεια στο ποιος τα διαχειρίζεται ενώ ο κάθε χρήστης του συστήματος ξεχωριστά, θα μπορούσε να ελέγξει την εγκυρότητά τους χωρίς να χρειάζεται να έρθει σε επαφή με έναν τρίτο ελεγκτή. Το σύστημα blockchain διέφερε σημαντικά από άλλα, όπως το cloud, από άποψη δομής, τρόπου αποθήκευσης δεδομένων και ασφάλειάς τους. Το blockchain λοιπόν, φυλά τα δεδομένα σε διάφορους κόμβους που σχηματίζουν συναίνεση σχετικά με την ακριβή αποθήκευσή τους σε προστατευμένες βάσεις ενώ επιτρέπει σε ένα άτομο ή επιχείρηση που χρησιμοποιεί το σύστημα, να περιορίσει την πρόσβαση μόνο σε ένα μέρος των δεδομένων και όχι σε όλο το εύρος των αρχείων. Τα δεδομένα που παραμένουν αμετάβλητα στις αλυσίδες μπλοκ, δεν μπορούν να διαμορφωθούν ή διαγραφούν από τους χρήστες. Παράλληλα, είναι δημόσια, έτσι κανείς δεν μπορεί να αποκρύψει στοιχεία από τους άλλους συμμετέχοντες στην αλυσίδα μπλοκ.

Στην ακόλουθη εργασία, στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μία παρουσίαση της τεχνολογίας blockchain και κάποιων επιμέρους στοιχείων, όπως τα Smart Contracts και η χρήση τους, η δομή των Ethereum και Solana networks και οι μεταξύ τους διαφοροποιήσεις, οι περιπτώσεις χρήσης των Smart contracts και οι αποκεντρωμένες εφαρμογές. Στο δεύτερο, θα γίνει μία ανάλυση της χρήσης των Blockchains σε ομάδες δεδομένων, στο πως θα μπορούσε να βοηθήσει στην ανάπτυξη νέων εφαρμογών και θα γίνει αναφορά σε ήδη υπάρχουσες. Στο τρίτο κεφάλαιο, θα παρουσιαστεί ο τρόπος υλοποίησης του Smart Contracts σε επίπεδο προγραμματισμού. Θα αναφερθούν οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν, η λειτουργία τους, τα εργαλεία κ.α. Τέλος, θα δοθούν τα συμπεράσματα της έρευνας.

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Έξυπνης Σύμβασης σε ένα δίκτυο Blockchain για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών σε ομάδες δεδομένων

Λέξεις – κλειδιά

BlockChain, Ethereum, Solana, Dataset, Solidity, dApp

Table of Contents

Contents

1	Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στην τεχνολογία Blockchain και στα Smart Contracts ...	9
1.1	Τεχνητή νοημοσύνη και σύνολα δεδομένων.....	9
1.2	Τι είναι το Blockchain	11
1.3	Smart Contracts και εφαρμογή τους.....	15
1.3.1	Το δίκτυο του Ethereum	17
1.3.2	Το δίκτυο του Solana	20
1.3.3	Ομοιότητες και Διαφορές μεταξύ Ethereum και Solana Network.....	24
1.3.4	Ο Περιπτώσεις Χρήσης των Smart Contracts,	27
1.4	Αποκεντρωμένες εφαρμογές (dApps).....	28
2	Κεφάλαιο 2: Χρήση του Blockchain με Ομάδες Δεδομένων.....	31
2.1	Χαρακτηριστικά Ομάδων Δεδομένων.....	31
2.2	Πως μπορεί να βοηθήσει το blockchain	36
2.3	Υπάρχουσες Εφαρμογές.....	39
3	Κεφάλαιο 3: Υλοποίηση.....	44
3.1	Ανάλυση σχεδιαστικών επιλογών	45
3.2	Εργαλεία και βιβλιοθήκες	46
3.3	Βοηθητικές πλατφόρμες	49
4	Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα.....	51
	Bibliography – References – Online sources.....	53

1 Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στην τεχνολογία Blockchain και στα Smart Contracts

Η τεχνολογία Blockchain αναπτύχθηκε από τον Satoshi Nakamoto με την δημιουργία του γνωστού κρυπτονομίσματος Bitcoin, για να κάνει τις οικονομικές συναλλαγές πιο προσιτές στους χρήστες, χωρίς την εμπλοκή οικονομικών ιδρυμάτων. Ωστόσο, στην πορεία φάνηκε ότι θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί σε ένα πολύ μεγαλύτερο φάσμα εφαρμογών όπως για τη δημιουργία ενός συστήματος αποθήκευσης και διαμοιρασμού εγγραφών στην ίδια πλατφόρμα. Το blockchain λοιπόν, είναι ένα καθολικό σύστημα που χρησιμοποιεί κρυπτογράφηση για την αποθήκευση και την επαλήθευση πληροφοριών. Τα δημόσια blockchain είναι διαθέσιμα σε όλους, ενώ τα ιδιωτικά είναι ανοιχτά μόνο σε όσους πληρώνουν ένα τέλος. Είναι συνήθως ταχύτερα από τα δημόσια, επειδή έχουν λιγότερες συναλλαγές, είναι πιο αξιόπιστα και σε αυτά η επαλήθευση των συναλλαγών τους γίνεται πιο γρήγορα. Σε blockchain βασίζονται και τα Smart Contracts, γιατί με τη βοήθειά του οι συναλλαγές μπορούν να είναι ανιχνεύσιμες από όλους τους χρήστες, αδιάβλητες και με μόνιμο χαρακτήρα. Η εκτέλεσή τους από τον κώδικα ελαχιστοποιεί την πιθανότητα λάθους ενώ ταυτόχρονα γίνονται αυτοματοποιημένα πολλές εργασίες που για την πραγματοποίησή τους απαιτούνταν ανθρώπινη παρέμβαση. Τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας της αύξησης των έξυπνων συμβάσεων, των αποκεντρωμένων εφαρμογών (Dapps) και των χρηστών, έχουν εμφανιστεί πολλές καινούργιες αλυσίδες μπλοκ που προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν την επεκτασιμότητα, την ταχύτητα και τον όγκο αποθήκευσης δεδομένων, χωρίς να θίξουν την αποκέντρωση και την ασφάλεια. Έτσι, για τους προγραμματιστές, η σωστή επιλογή δικτύου blockchain είναι μεγάλη πρόκληση, ώστε να υποστηριχθεί και να αναπτυχθεί όπως πρέπει το σχέδιό τους. Δύο από τα διασημότερα δίκτυα blockchain, εκτός του Bitcoin, είναι το Ethereum και το Solana που παρουσιάζουν πολλές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Από τα δύο τους, το Ethereum προηγείται με μεγάλη διαφορά καθώς υπάρχει πληθώρα εφαρμογών που βασίζονται στο δίκτυο καθώς στηρίζεται από μία μεγάλη και διαρκώς αυξανόμενη κοινότητα προγραμματιστών προωθώντας υλικό και εργαλεία για εκμάθηση και ανάπτυξη εφαρμογών στο blockchain.

1.1 Τεχνητή νοημοσύνη και σύνολα δεδομένων

Τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης (AI) με επίκεντρο τα δεδομένα βασίζονται σε μεγάλα, υψηλής ποιότητας σύνολα δεδομένων προκειμένου να λειτουργούν αποτελεσματικά. Αυτά τα μοντέλα έχουν σχεδιαστεί για να αναλύουν και να μαθαίνουν από μεγάλο όγκο δεδομένων, προκειμένου να εντοπίζουν μοτίβα και να κάνουν προβλέψεις. Η ακρίβεια και η αξιοπιστία ενός μοντέλου εξαρτάται από την ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευσή του. Εάν τα δεδομένα είναι ελλιπή, θορυβώδη ή προκατειλημμένα, το μοντέλο μπορεί να μάθει ανακριβή ή άσχετα μοτίβα, οδηγώντας σε κακή απόδοση. Επιπλέον, τα σύνολα δεδομένων είναι κρίσιμα για τη δοκιμή και την επικύρωση της απόδοσης του μοντέλου. Μετά την εκπαίδευση ενός μοντέλου, πρέπει να αξιολογηθεί σε ξεχωριστό σύνολο δεδομένων για να διασφαλιστεί ότι γενικεύεται καλά σε νέα δεδομένα και ότι δεν ταιριάζει υπερβολικά με τα δεδομένα εκπαίδευσης. Ωστόσο, είναι σημαντικό να πούμε ότι τα σύνολα δεδομένων μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό νέων προτύπων και γνώσεων που μπορεί να μην είναι προφανείς στους ανθρώπινους αναλυτές. Αναλύοντας μεγάλες ποσότητες δεδομένων, τα μοντέλα τεχνητής

νοημοσύνης μπορούν να ανακαλύψουν κρυφούς συσχετισμούς και σχέσεις που μπορεί να μην είναι εμφανείς μέσω των παραδοσιακών μεθόδων. Συνολικά, τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης με επίκεντρο τα δεδομένα βασίζονται σε σύνολα δεδομένων υψηλής ποιότητας για την ακριβή μάθηση και την πραγματοποίηση προβλέψεων, καθώς η διαθεσιμότητα μεγάλων και διαφορετικών συνόλων δεδομένων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη και την πρόοδο της τεχνητής νοημοσύνης.

Η συλλογή και η διαθεσιμότητα μεγάλων συνόλων δεδομένων έχει προβληματίσει κατά καιρούς διεθνούς φορείς όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση με αποτέλεσμα να δημιουργήσει ένα σύνολο κανόνων και ρυθμίσεων για την ιδιωτική ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων των πολιτών. Το GDPR (General Data Protection Regulation - Γενικός κανονισμός για την προστασία δεδομένων) είναι το σύνολο των κανόνων που έχουν θεσπιστεί και επηρεάζουν άμεσα την συλλογή των συνόλων δεδομένων. (Commission, 2018)

Τα ιδιωτικά σύνολα δεδομένων είναι σημαντικά για διάφορους λόγους, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας ευαίσθητων πληροφοριών, της διασφάλισης της ιδιωτικότητας των δεδομένων και της διατήρησης της εμπιστευτικότητας. Σε πολλές περιπτώσεις, τα ιδιωτικά σύνολα δεδομένων περιέχουν προσωπικές πληροφορίες που δεν πρέπει να κοινοποιούνται σε μη εξουσιοδοτημένα μέρη. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει δεδομένα όπως ιατρικά αρχεία, οικονομικές πληροφορίες ή άλλα ευαίσθητα δεδομένα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να βλάψουν άτομα ή οργανισμούς.

Επιπλέον, υπάρχουν ιδιωτικά σύνολα δεδομένων για ερευνητικούς σκοπούς. Ερευνητές και επιχειρήσεις βασίζονται στην πρόσβαση σε ιδιωτικά σύνολα δεδομένων για τη διεξαγωγή μελετών που μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της κατανόησης πολύπλοκων προβλημάτων ή φαινομένων. Ωστόσο, οι ερευνητές πρέπει επίσης να είναι προσεκτικοί στην προστασία της ιδιωτικής ζωής των ατόμων και των οργανισμών που εκπροσωπούνται όταν χρησιμοποιούν τα σύνολα δεδομένων. (National Institutes of Health, 2023) (Information Commissioner's Office, 2023)

Συμπερασματικά λοιπόν, έρχεται η ανάγκη για μία συνολική και ολοκληρωμένη διαχείριση των συνόλων δεδομένων που θα διαφυλάσσει τους ιδιοκτήτες των δεδομένων καθώς και αυτούς που χρησιμοποιούν τα δεδομένα για να βγάλουν ένα αποτέλεσμα, ώστε να κατοχυρώνουν τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των ερευνών τους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί υπογράφοντας μία έξυπνη σύμβαση μέσα σε ένα δίκτυο Blockchain.

Έτσι για παράδειγμα ένας κάτοχος ενός συνόλου δεδομένου που μπορεί να έχει μαζέψει φωτογραφίες από σκύλους μπορεί να κατοχυρώσει τα δεδομένα του στο δίκτυο και να τα δώσει διαθέσιμα δωρεάν είτε με κάποιο αντίτιμο σε έναν ερευνητή. Ο ερευνητής θα επεξεργαστεί τα δεδομένα, θα βγάλει κάποια αποτελέσματα όπως την αναγνώριση σκύλου μέσω κάμερας και θα τα “ανεβάσει” στο δίκτυο κατοχυρώνοντας έτσι τον δικό του κόπο εργασίας. Αναλυτικότερα για την διαδικασία της κατοχύρωσης θα διαβάσετε στα επόμενα κεφάλαια.

1.2 Τι είναι το Blockchain

Η τεχνολογία blockchain είναι ένα αποκεντρωμένο και κατανεμημένο ψηφιακό βιβλίο που χρησιμοποιείται για την καταγραφή των συναλλαγών σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Είναι η υποκείμενη τεχνολογία πίσω από κρυπτονομίσματα όπως το Bitcoin και το Ethereum, αλλά έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί και για ένα ευρύ φάσμα άλλων εφαρμογών. Έτσι, εκτός της διευκόλυνσης και επέκτασης της χρήσης των κρυπτονομισμάτων, την καταγραφή πληροφοριών για την ιδιοκτησία NFT ή τα έξυπνα συμβόλαια DeFi, μπορεί να ενσωματώσει και να λειτουργήσει ένα σύνολο συστημάτων στην ίδια πλατφόρμα, παρέχοντας ασφάλεια και αποκέντρωση. (Rodeck & Schmidt, 2022)

Το blockchain είναι πρακτικά ένα καθολικό στο οποίο αποθηκεύονται και επαληθεύονται πληροφορίες και δεδομένα, τα οποία συνήθως αποτελούν μέρος της αλυσίδας μπλοκ ενώ χρησιμοποιούν κρυπτογραφικές μεθόδους με τέτοιο τρόπο, ώστε να δημιουργείται μια συνεχής αλυσίδα δεδομένων (Lopes, V., Alexandre, L., 2018). Αυτή η αλυσίδα μπλοκ, περιέχει ένα αρχείο όλων των συναλλαγών που έχουν ποτέ πραγματοποιηθεί στην αλυσίδα μπλοκ. Κάθε μπλοκ στην αλυσίδα περιέχει ένα κρυπτογραφικό τεμάχιο (hash) του προηγούμενου μπλοκ, καθώς και μια χρονοσφραγίδα και δεδομένα συναλλαγών. Όταν συμβαίνει τροποποίηση κάποιας πληροφορίας, αυτή καταγράφεται στο μητρώο και επηρεάζει αναγκαστικά όλες τις επόμενες εγγραφές. Αυτό δημιουργεί ένα ασφαλές και αμετάβλητο αρχείο κάθε συναλλαγής που έχει συμβεί ποτέ στην αλυσίδα μπλοκ. Όταν μια νέα συναλλαγή προστίθεται στην αλυσίδα μπλοκ, μεταδίδεται σε όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο. Κάθε συμμετέχων, γνωστός και ως κόμβος, επαληθεύει τη συναλλαγή χρησιμοποιώντας πολύπλοκους αλγορίθμους. Μόλις επιτευχθεί συναίνεση, η συναλλαγή εισάγεται στο επόμενο μπλοκ της αλυσίδας. Στη συνέχεια, το νέο μπλοκ προστίθεται στην υπάρχουσα αλυσίδα μπλοκ, δημιουργώντας μια αδιάσπαστη αλυσίδα μπλοκ που περιέχει αρχείο όλων των συναλλαγών. (Gupta, 2023) Οι πλατφόρμες blockchain μπορεί να είναι δημόσιες (ανοιχτές) ή ιδιωτικές (κλειστές), ανάλογα με τα δημόσια (εσωτερικά) δίκτυα (όπως το Διαδίκτυο) και τα εσωτερικά δίκτυα. Οι δημόσιες αλυσίδες μπλοκ όπως το Ethereum είναι προσβάσιμες σε όλους, ενώ οι ιδιωτικές (επιτρεπόμενες) αλυσίδες μπλοκ δέχονται άτομα μόνο με χρέωση. Συχνά προτιμώνται σε εταιρικά περιβάλλοντα και είναι πολύ πιο γρήγορες από τα δημόσια blockchain. Αυτό συμβαίνει επειδή οι συμμετέχοντες είναι γνωστοί και αξιόπιστοι και οι συναλλαγές μπορούν να επαληθευτούν πιο γρήγορα.

Η διαδικασία με την οποία οι συμμετέχοντες σε ένα δίκτυο blockchain καταλήγουν σε συμφωνία σχετικά με την κατάσταση του blockchain ονομάζεται, μηχανισμός συναίνεσης. Είναι ένα κρίσιμο συστατικό μιας αλυσίδας μπλοκ, καθώς διασφαλίζει την ακεραιότητα, την ασφάλεια και τη συνέπεια του δικτύου αποτρέποντας τη διπλή δαπάνη, την απάτη και άλλες κακόβουλες δραστηριότητες. Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί μηχανισμοί συναίνεσης που χρησιμοποιούνται από τα δίκτυα blockchain, ο καθένας με τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. (Bains, 2022, pp. 8-12)

1. **Απόδειξη εργασίας (PoW):** Η απόδειξη εργασίας είναι ο αρχικός μηχανισμός συναίνεσης που χρησιμοποιήθηκε από το Bitcoin και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται από πολλά άλλα δίκτυα blockchain. Στο PoW, οι κόμβοι ανταγωνίζονται για την επίλυση ενός πολύπλοκου μαθηματικού προβλήματος και ο πρώτος κόμβος που θα λύσει το πρόβλημα αποκτά το δικαίωμα να επικυρώσει το επόμενο μπλοκ. Αυτή η

διαδικασία ονομάζεται εξόρυξη και οι κόμβοι που εκτελούν αυτή τη λειτουργία ονομάζονται εξορύκτες. Το κύριο πλεονέκτημα του PoW είναι η ασφάλειά του, καθώς απαιτείται σημαντική υπολογιστική ισχύς για την επίθεση στο δίκτυο. Ωστόσο, το PoW είναι επίσης ενεργοβόρο, καθώς απαιτεί μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδοσία των εργασιών εξόρυξης.

2. **Απόδειξη συμμετοχής (PoS):** Το Proof of Stake είναι ένας μηχανισμός συναίνεσης που εισήχθη ως εναλλακτική λύση στο PoW. Στο PoS, αντί για την επίλυση ενός μαθηματικού προβλήματος, οι κόμβοι επιλέγονται για την επικύρωση του επόμενου μπλοκ με βάση το ποσό του κρυπτονομίσματος που κατέχουν και είναι πρόθυμοι να "ποντάρουν" ή να κλειδώσουν. Αυτό μειώνει την υπολογιστική ισχύ που απαιτείται από το δίκτυο και μειώνει την κατανάλωση ενέργειας, καθιστώντας το PoS πιο φιλικό προς το περιβάλλον από το PoW.
3. **Delegated Proof of Stake (DPoS):** Το Delegated Proof of Stake είναι μια παραλλαγή του PoS που επιτρέπει στους κατόχους token να ψηφίσουν για τους αντιπροσώπους που θα επικυρώσουν το επόμενο μπλοκ. Οι αντιπρόσωποι επιλέγονται με βάση τον αριθμό των ψήφων που λαμβάνουν και έχουν κίνητρο να ενεργούν προς το συμφέρον του δικτύου. Το DPoS θεωρείται πιο επεκτάσιμο από το PoW και το PoS, καθώς μειώνει τον αριθμό των κόμβων που πρέπει να επικυρώνουν κάθε μπλοκ.
4. **Πρακτική ανοχή σφαλμάτων Byzantine (PBFT):** Το PBFT είναι ένας μηχανισμός συναίνεσης που χρησιμοποιείται από ορισμένα δίκτυα blockchain και έχει ως στόχο να παρέχει υψηλό επίπεδο ασφάλειας και αποτελεσματικότητας. Στο PBFT, οι κόμβοι επικοινωνούν μεταξύ τους για να επιτύχουν συναίνεση σχετικά με την κατάσταση του δικτύου και το δίκτυο είναι σε θέση να συνεχίσει να λειτουργεί ακόμη και αν ορισμένοι κόμβοι αποτύχουν ή εκτεθούν. Το PBFT θεωρείται πιο επεκτάσιμο από τα PoW και PoS, καθώς μπορεί να υποστηρίξει μεγαλύτερα μεγέθη δικτύου.
5. **Tendermint:** Το Tendermint είναι ένας μηχανισμός συναίνεσης που χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό αλγορίθμων ψηφοφορίας και συναίνεσης για να διασφαλίσει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα του δικτύου. Το Tendermint έχει σχεδιαστεί για να είναι κλιμακούμενο, γρήγορο και ασφαλές και χρησιμοποιείται από διάφορα δίκτυα blockchain, συμπεριλαμβανομένου του Cosmos.

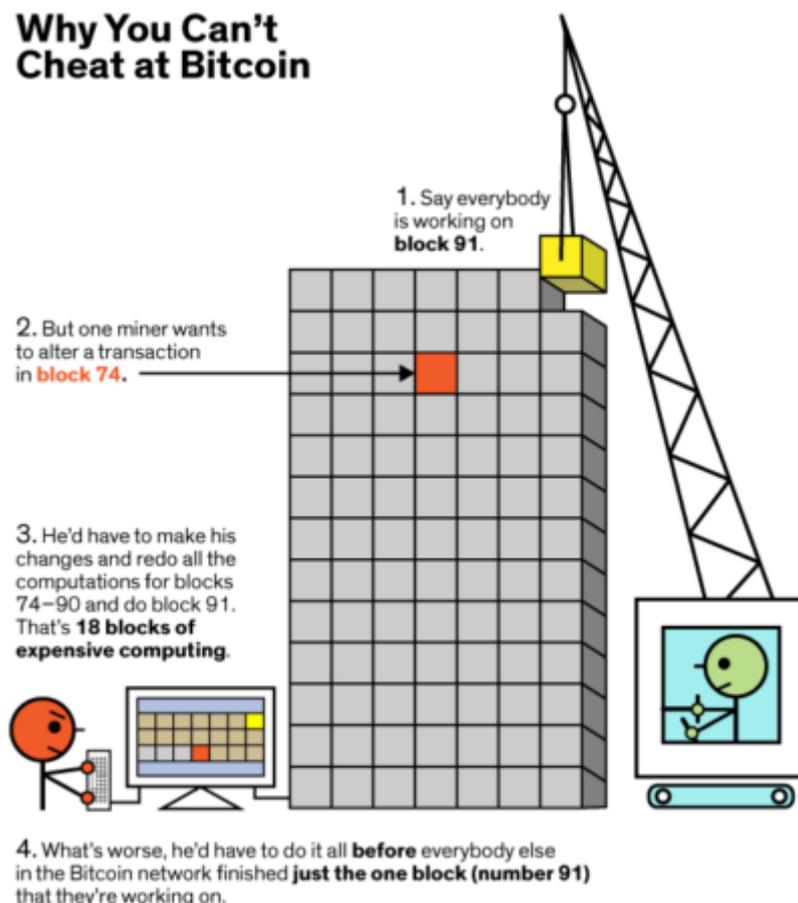
Ο αποκεντρωμένος χαρακτήρας της τεχνολογίας blockchain είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της και αυτό που τη διαφοροποιεί από τα παραδοσιακά συγκεντρωτικά συστήματα. Σε ένα συγκεντρωτικό σύστημα, ο έλεγχος και η δικαιοδοσία ανήκουν σε μία μόνο οντότητα, ενώ σε ένα αποκεντρωμένο σύστημα, ο έλεγχος και η δικαιοδοσία κατανέμονται σε ένα δίκτυο συμμετεχόντων.

Στην περίπτωση της τεχνολογίας blockchain, δεν υπάρχει ενιαίο σημείο ελέγχου ή εξουσίας, καθώς το δίκτυο συντηρείται από ένα αποκεντρωμένο δίκτυο κόμβων. Κάθε κόμβος του δικτύου διαθέτει ένα αντίγραφο της αλυσίδας μπλοκ και μπορεί να επικυρώνει και να επιβεβαιώνει τις συναλλαγές. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει ανάγκη για μια κεντρική αρχή ή έναν ενδιάμεσο φορέα για την εποπτεία ή την έγκριση των συναλλαγών.

Αυτός ο αποκεντρωμένος χαρακτήρας της τεχνολογίας blockchain παρέχει διάφορα πλεονεκτήματα, μεταξύ άλλων: (Weston, 2022)

1. **Αυξημένη ασφάλεια:** Σε ένα συγκεντρωτικό σύστημα, υπάρχει ένα μοναδικό σημείο αποτυχίας που μπορεί να αποτελέσει στόχο κακόβουλων φορέων. Ωστόσο, σε ένα αποκεντρωμένο σύστημα, δεν υπάρχει ενιαίο σημείο αποτυχίας, καθώς το δίκτυο συντηρείται από μεγάλο αριθμό κόμβων. Αυτό καθιστά πολύ πιο δύσκολο για τους κακόβουλους φορείς να θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια του δικτύου.
2. **Διαφάνεια και αμεταβλητότητα:** Σε μια αποκεντρωμένη αλυσίδα μπλοκ, οι συναλλαγές καταγράφονται σε ένα δημόσιο βιβλίο που είναι ορατό σε όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο. Αυτό διασφαλίζει ότι όλες οι συναλλαγές είναι διαφανείς και μπορούν να ελεγχθούν από οποιονδήποτε. Επιπλέον, αφού προστεθεί ένα μπλοκ στην αλυσίδα μπλοκ, δεν μπορεί να τροποποιηθεί ή να διαγραφεί, εξασφαλίζοντας το αμετάβλητο των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στην αλυσίδα μπλοκ.
3. **Αποκεντρωμένος έλεγχος:** Σε μια αποκεντρωμένη αλυσίδα μπλοκ, ο έλεγχος και η εξουσία κατανέμονται μεταξύ των συμμετεχόντων στο δίκτυο. Αυτό διασφαλίζει ότι κανένας μεμονωμένος συμμετέχων δεν έχει τη δυνατότητα να ελέγχει ή να χειραγωγεί το δίκτυο.
4. **Αυξημένη αποδοτικότητα:** Σε ένα συγκεντρωτικό σύστημα, οι συναλλαγές πρέπει να εγκρίνονται από μια κεντρική αρχή ή έναν ενδιάμεσο φορέα, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις και αυξημένο κόστος. Ωστόσο, σε ένα αποκεντρωμένο blockchain, οι συναλλαγές μπορούν να επικυρωθούν και να επιβεβαιωθούν από το δίκτυο, μειώνοντας την ανάγκη για μεσάζοντες και αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα.

Why You Can't Cheat at Bitcoin



Εικόνα 1: Η σταθερότητα του Blockchain (Altamira, 2021)

Εν κατακλείδι, η αποκεντρωμένη φύση της τεχνολογίας blockchain παρέχει διάφορα πλεονεκτήματα, όπως αυξημένη ασφάλεια, διαφάνεια, αμετάβλητο, αποκεντρωμένο έλεγχο και αυξημένη αποτελεσματικότητα. Εξαλείφοντας την ανάγκη για κεντρικές αρχές και μεσάζοντες, η τεχνολογία blockchain έχει τη δυνατότητα να μετασχηματίσει ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών και εφαρμογών.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain είναι η χρήση κρυπτογραφίας για την ασφάλεια των συναλλαγών. Κάθε μπλοκ στην αλυσίδα περιέχει έναν κρυπτογραφικό κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ. Αυτό δημιουργεί έναν ασφαλή σύνδεσμο μεταξύ κάθε μπλοκ και διασφαλίζει τη διατήρηση της ακεραιότητας των δεδομένων.

Αναλυτικότερα, η κρυπτογραφία χρησιμοποιείται με τους ακόλουθους τρόπους: (Iredale, 2021)

1. **Συνάρτηση κατακερματισμού:** Μια συνάρτηση κατακερματισμού είναι μια μαθηματική συνάρτηση που λαμβάνει μια είσοδο και παράγει μια έξοδο σταθερού μήκους που χρησιμεύει ως ψηφιακό αποτύπωμα της εισόδου. Στην αλυσίδα μπλοκ, οι συναρτήσεις κατακερματισμού χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός μοναδικού αναγνωριστικού για κάθε μπλοκ στην αλυσίδα. Ο κατακερματισμός του προηγούμενου μπλοκ περιλαμβάνεται στην επικεφαλίδα του επόμενου μπλοκ, σχηματίζοντας έναν αδιάσπαστο σύνδεσμο μεταξύ των δύο μπλοκ.
2. **Ψηφιακές υπογραφές:** Οι ψηφιακές υπογραφές χρησιμοποιούνται στην αλυσίδα μπλοκ για την επαλήθευση της ταυτότητας του αποστολέα μιας συναλλαγής. Η ψηφιακή υπογραφή είναι μια μαθηματική αναπαράσταση του ιδιωτικού κλειδιού του αποστολέα και χρησιμοποιείται για την αυθεντικοποίηση της συναλλαγής. Ο παραλήπτης της συναλλαγής μπορεί να χρησιμοποιήσει το δημόσιο κλειδί του αποστολέα για να επαληθεύσει τη γνησιότητα της συναλλαγής και την ταυτότητα του αποστολέα.
3. **Κρυπτογραφία δημόσιου κλειδιού:** Η κρυπτογραφία δημόσιου κλειδιού χρησιμοποιείται στην αλυσίδα μπλοκ για την κρυπτογράφηση των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στην αλυσίδα μπλοκ και για τον έλεγχο της πρόσβασης στα δεδομένα. Κάθε χρήστης στην αλυσίδα μπλοκ έχει ένα μοναδικό ζεύγος δημόσιου και ιδιωτικού κλειδιού. Το ιδιωτικό κλειδί χρησιμοποιείται για την υπογραφή των συναλλαγών, ενώ το δημόσιο κλειδί χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση των δεδομένων.

Συμπερασματικά, η κρυπτογραφία διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στη διασφάλιση της ασφάλειας, της εμπιστευτικότητας και της ακεραιότητας των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στην αλυσίδα μπλοκ. Με τη χρήση συναρτήσεων κατακερματισμού, ψηφιακών υπογραφών και κρυπτογραφίας δημόσιου κλειδιού, η τεχνολογία blockchain διασφαλίζει ότι τα δεδομένα δεν μπορούν να αλλοιωθούν και ότι οι συναλλαγές μπορούν να επαληθευτούν και να πιστοποιηθούν.

Ένα από τα σημαντικότερα οφέλη της τεχνολογίας blockchain είναι η ικανότητά της να παρέχει διαφάνεια και αμετάβλητο χαρακτήρα. Από τη στιγμή που μια συναλλαγή καταγράφεται στην αλυσίδα μπλοκ, δεν μπορεί να τροποποιηθεί ή να διαγραφεί. Αυτό

διασφαλίζει ότι διατηρείται η ακεραιότητα των δεδομένων και ότι όλα τα μέρη έχουν μια επαληθεύσιμη καταγραφή της συναλλαγής. Επιπλέον, η αποκεντρωμένη φύση της αλυσίδας μπλοκ σημαίνει ότι δεν υπάρχει κεντρικό σημείο ελέγχου, γεγονός που την καθιστά πιο ανθεκτική στην αλλοίωση ή την απάτη.

Η αποκεντρωμένη (Decentralize) φύση της τεχνολογίας επιτρέπει επίσης τη δημιουργία αποκεντρωμένων εφαρμογών, γνωστών και ως DApps, οι οποίες μπορούν να λειτουργούν χωρίς την ανάγκη μιας κεντρικής αρχής. Αυτό έχει τη δυνατότητα να διαταράξει τα παραδοσιακά επιχειρηματικά μοντέλα και να δημιουργήσει νέα, αποκεντρωμένα οικονομικά συστήματα.

Εν κατακλείδι, η τεχνολογία blockchain και οι έξυπνες συμβάσεις έχουν τη δυνατότητα να φέρουν επανάσταση σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών, παρέχοντας διαφάνεια, αμετάβλητο χαρακτήρα και αυτοματοποίηση. Από τη διαχείριση ακινήτων και τη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού έως τον χρηματοπιστωτικό κλάδο και πολλά άλλα, οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να αυτοματοποιήσουν τις διαδικασίες και να μειώσουν την ανάγκη για μεσάζοντες, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη αποτελεσματικότητα και εξοικονόμηση κόστους. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται και περισσότεροι κλάδοι διερευνούν τις δυνατότητες της αλυσίδας μπλοκ και των έξυπνων συμβάσεων, μπορούμε να περιμένουμε να δούμε ακόμη πιο καινοτόμες και ανατρεπτικές εφαρμογές στο μέλλον (Iredale, 2021)

1.3 Smart Contracts και εφαρμογή τους

Ένα έξυπνο συμβόλαιο είναι ένα αυτό-εκτελούμενο συμβόλαιο με τους όρους της συμφωνίας μεταξύ αγοραστή και πωλητή να εγγράφονται απευθείας σε γραμμές κώδικα. Ο κώδικας και οι συμφωνίες που περιέχονται σε αυτόν υπάρχουν σε ένα δίκτυο blockchain και εκτελούνται αυτόματα όταν πληρούνται οι καθορισμένες προϋποθέσεις. Πρόκειται λοιπόν, για μία ψηφιακή συμφωνία που δίνει τη δυνατότητα σε δύο ή περισσότερα μέρη να ανταλλάσσουν χρήματα, περιουσιακά στοιχεία, μετοχές ή οτιδήποτε έχει κάποια αξία με ξεκάθαρο τρόπο, χωρίς αντιπαραθέσεις και χωρίς να απαιτείται η παρουσία τρίτου μέρους. Κατά κάποιο τρόπο, θα μπορούσε να γίνει μια αναλογική σύγκριση μίας έξυπνης σύμβασης με ένα μηχάνημα αυτόματης πώλησης για πολύπλοκες συναλλαγές. Όταν χρησιμοποιείται, απλά εισέρχεται το token σε ένα μηχάνημα αυτόματης πώλησης (διαφορετικά καθολικό) και ό,τι προκύπτει από το συμβόλαιο μπαίνει στο λογαριασμό του ατόμου που το διαχειρίζεται, όπως μεσεγγύηση, πράξεις, συμβόλαια, εμπορεύματα, άδειες οδήγησης κ.α. Το έξυπνο συμβόλαιο ελέγχει εάν ισχύουν οι όροι της παραγγελίας. Τα έξυπνα συμβόλαια καθορίζουν τους κανόνες και τις επιπτώσεις μιας συμφωνίας με τον ίδιο τρόπο που θα το έκαναν και τα παραδοσιακά συμβόλαια και επιβάλλουν αυτόματα τις όποιες δεσμεύσεις. (Zapotochnyi, 2022)

Ένα έξυπνο συμβόλαιο έχει τα ακόλουθα στοιχεία:

- **Ορισμός σύμβασης:** Ο ορισμός της σύμβασης είναι ένα σύνολο κανόνων και όρων που καθορίζουν τους όρους της συμφωνίας. Ο ορισμός αυτός είναι γραμμένος σε κώδικα και αποθηκεύεται στην αλυσίδα μπλοκ.
- **Δεδομένα εισόδου:** Τα δεδομένα εισόδου είναι τα δεδομένα που απαιτούνται για την εκτέλεση της σύμβασης, όπως οι ταυτότητες των εμπλεκόμενων μερών και κάθε άλλη σχετική πληροφορία.

- **Εκτέλεση της σύμβασης:** Η εκτέλεση της σύμβασης είναι η διαδικασία με την οποία εκτελείται ο κώδικας της σύμβασης στο δίκτυο blockchain. Η εκτέλεση πραγματοποιείται αυτόματα και βασίζεται στα δεδομένα εισόδου και στον ορισμό της σύμβασης.
- **Έξοδος σύμβασης:** Η έξοδος της σύμβασης είναι το αποτέλεσμα της εκτέλεσης της σύμβασης, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει μια μεταβίβαση περιουσιακών στοιχείων, μια αλλαγή στην κατάσταση της σύμβασης ή οποιοδήποτε άλλο συμφωνημένο αποτέλεσμα.

Η διαδικασία εκτέλεσης μίας έξυπνης σύμβασης μπορεί να αναλυθεί στα ακόλουθα βήματα:

1. **Ανάπτυξη σύμβασης:** Το συμβόλαιο αναπτύσσεται στο δίκτυο blockchain, είτε από τον δημιουργό της σύμβασης είτε από ένα εξουσιοδοτημένο μέρος.
2. **Κλήση σύμβασης:** Η σύμβαση καλείται από ένα μέρος που επιθυμεί να εκτελέσει τους όρους της συμφωνίας. Αυτό συνήθως γίνεται με την αποστολή μιας συναλλαγής στο δίκτυο blockchain που περιλαμβάνει τα δεδομένα εισόδου που απαιτούνται για την εκτέλεση της σύμβασης.
3. **Επικύρωση σύμβασης:** Η συναλλαγή επικυρώνεται από τους κόμβους του δικτύου blockchain για να διασφαλιστεί ότι πληροί τις απαιτήσεις που ορίζονται στον ορισμό της σύμβασης.
4. **Εκτέλεση της σύμβασης:** Μόλις επικυρωθεί η συναλλαγή, η σύμβαση εκτελείται στο δίκτυο blockchain. Εκτελείται ο κώδικας της σύμβασης και πραγματοποιούνται οι καθορισμένες ενέργειες με βάση τα δεδομένα εισόδου και τον ορισμό της σύμβασης.
5. **Έξοδος σύμβασης:** Η εκτέλεση της σύμβασης παράγει μια έξοδο της σύμβασης, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει μια μεταβίβαση περιουσιακών στοιχείων, μια αλλαγή στην κατάσταση της σύμβασης ή οποιοδήποτε άλλο συμφωνημένο αποτέλεσμα. (Solidity, 2021)

Οι έξυπνες συμβάσεις έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι ασφαλείς, διαφανείς και αυτοεκτελούμενες. Εξαλείφουν επίσης την ανάγκη για μεσάζοντες, μειώνοντας το κόστος και αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα. Ωστόσο, οι έξυπνες συμβάσεις είναι τόσο ασφαλείς όσο ο κώδικας στον οποίο είναι γραμμένες, και τυχόν σφάλματα ή ευπάθειες ασφαλείας στον κώδικα θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε απώλεια περιουσιακών στοιχείων

Τα έξυπνα συμβόλαια έχουν τη δυνατότητα να φέρουν μεγάλες αλλαγές σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών, αυτοματοποιώντας τις διαδικασίες και μειώνοντας την ανάγκη για μεσάζοντες. Για παράδειγμα, στον κλάδο των ακινήτων, οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση της αγοράς και της πώλησης ακινήτων. Με τη δημιουργία μιας ψηφιακής σύμβασης που αποθηκεύεται στην αλυσίδα μπλοκ, όλα τα μέρη μπορούν να έχουν πρόσβαση στη σύμβαση και να βλέπουν τους όρους της συμφωνίας. Η σύμβαση μπορεί να εκτελεστεί αυτόματα όταν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, όπως όταν ο αγοραστής έχει μεταφέρει τα κεφάλαια και ο πωλητής έχει μεταβιβάσει τον τίτλο ιδιοκτησίας. Αυτό μπορεί να μειώσει σημαντικά τον χρόνο και το κόστος που συνδέονται με τις παραδοσιακές συναλλαγές ακινήτων.

Ένα άλλο παράδειγμα εφαρμογής έξυπνων συμβάσεων είναι στον κλάδο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση της παρακολούθησης των εμπορευμάτων καθώς αυτά κινούνται μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού. Με τη δημιουργία μιας ψηφιακής σύμβασης που αποθηκεύεται στην αλυσίδα μπλοκ, όλα τα μέρη μπορούν να έχουν πρόσβαση στη σύμβαση και να βλέπουν τους όρους της συμφωνίας. Η σύμβαση μπορεί να εκτελείται αυτόματα όταν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, όπως όταν παραλαμβάνονται αγαθά σε μια αποθήκη ή όταν γίνεται πληρωμή. Αυτό μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα και τη διαφάνεια της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού.

Στον χρηματοπιστωτικό κλάδο, η έξυπνη σύμβαση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην έκδοση, τη διαπραγμάτευση και τον διακανονισμό χρηματοπιστωτικών μέσων, όπως ομόλογα, παράγωγα και μετοχές. Για παράδειγμα, το έξυπνο συμβόλαιο μπορεί να αυτοματοποιήσει την έκδοση ομολόγων από μια εταιρεία, καθιστώντας τη διαδικασία πιο αποτελεσματική και αποδοτική. Μπορούν επίσης να διευκολύνουν τη διαπραγμάτευση ομολόγων σε μια δευτερογενή αγορά και να διακανονίσουν αυτόματα τη συναλλαγή όταν πληρούνται οι όροι της σύμβασης.

Τα οφέλη των έξυπνων συμβάσεων είναι πολυάριθμα. Μπορούν να αυτοματοποιήσουν τις διαδικασίες, να μειώσουν την ανάγκη για μεσάζοντες, να αυξήσουν τη διαφάνεια και να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα. Επιπλέον, επειδή αποθηκεύονται στην αλυσίδα μπλοκ, είναι αμετάβλητες και μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτές όλα τα μέρη ανά πάσα στιγμή. Αυτό μπορεί να μειώσει σημαντικά τον κίνδυνο απάτης και να διασφαλίσει την τήρηση των όρων της συμφωνίας. (Zapotochnyi, 2022)

1.3.1 Το δίκτυο του Ethereum

Το Ethereum είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα, βασισμένη στην αλυσίδα μπλοκ που επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν και να αναπτύσσουν αποκεντρωμένες εφαρμογές ή dApps. Δημιουργήθηκε το 2014 από τον Vitalik Buterin και συχνά αναφέρεται ως "παγκόσμιος υπολογιστής" επειδή επιτρέπει τη δημιουργία ενός παγκόσμιου δικτύου υπολογιστών που μπορούν να εκτελούν κώδικα με αποκεντρωμένο και χωρίς εμπιστοσύνη τρόπο.

Στον πυρήνα του, το Ethereum είναι μια αποκεντρωμένη εικονική μηχανή που μπορεί να εκτελεί έξυπνα συμβόλαια. Η αλυσίδα μπλοκ του Ethereum αποθηκεύει την κατάσταση κάθε σύμβασης και ο κώδικάς του εκτελείται αυτόματα όταν πληρούνται οι καθορισμένες προϋποθέσεις. Αυτό επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν εφαρμογές που είναι ασφαλείς, διαφανείς και αυτοεκτελούμενες, χωρίς την ανάγκη για μεσάζοντες. (Hertig, 2022) Κάθε συμβόλαιο εκτελείται μέσα από μια Εικονική Μηχανή Ethereum πλήρους Turing, δηλαδή πρακτικά το συγκεκριμένο πρόγραμμα μπορεί να προσομοιώσει έναν υπολογιστή. Δεν κάνει πολυσύνθετες σκέψεις, είναι όμως εκφραστικό. Μπορεί να επιλέξει πως θα διαχειριστεί τα δεδομένα με έναν τρόπο αν/τότε. Έτσι, γίνεται ιδανικό για την εκτέλεση έξυπνων συμβάσεων, αφού αυτά πρέπει να είναι σε θέση να διαχειρίζονται και να εκτελούν εντολές με πολλές μεταβλητές. Αυτή άλλωστε, είναι και η βασική διαφορά του Ethereum από το Bitcoin. Μεταξύ

τους διαφοροποιούνται σε πού μεγάλο βαθμό, αφού το Bitcoin δεν διαθέτει σύνθετους μηχανισμούς για τη διανομή χρημάτων. Γι' αυτό το Ethereum εξυπηρετεί πολύ καλύτερα τις συναλλαγές που έχουν πολλά στάδια. (Ray, K., 2019)

Το Ethereum διαθέτει τη δική του γλώσσα προγραμματισμού, τη Solidity. Είναι μια γλώσσα υψηλού επιπέδου που μοιάζει με τη JavaScript και έχει σχεδιαστεί ειδικά για τη συγγραφή έξυπνων συμβάσεων στην πλατφόρμα Ethereum. Έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι οικεία σε προγραμματιστές με εμπειρία σε άλλες αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού, όπως η JavaScript ή η Java. Έχει σύνταξη παρόμοια με αυτές τις γλώσσες και υποστηρίζει επίσης κληρονομικότητα, βιβλιοθήκες και τύπους που ορίζονται από τον χρήστη. Ένα έξυπνο συμβόλαιο γραμμένο σε Solidity μεταγλωττίζεται σε bytecode, ο οποίος στη συνέχεια αναπτύσσεται στην αλυσίδα μπλοκ Ethereum. Ο bytecode εκτελείται από την Ethereum Virtual Machine (EVM) και αποθηκεύεται στην αλυσίδα μπλοκ, όπου είναι δημόσια προσβάσιμος και μπορεί να αλληλοεπιδράσει με άλλα συμβόλαια ή χρήστες. (Ethereum, 2023)

Υποστηρίζει μια σειρά από χαρακτηριστικά που είναι σημαντικά για τη συγγραφή ασφαλών και αξιόπιστων έξυπνων συμβάσεων, όπως:

- **Μεταβλητές και τύποι:** Η Solidity υποστηρίζει μια ποικιλία τύπων δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των ακεραίων αριθμών, των συμβολοσειρών και των πινάκων. Οι μεταβλητές μπορούν να δηλωθούν και να λάβουν τιμές, ενώ μπορούν επίσης να δηλωθούν ως σταθερές (αμετάβλητες).
- **Συναρτήσεις:** Οι συναρτήσεις στη Solidity επιτρέπουν στους προγραμματιστές να γράφουν επαναχρησιμοποιήσιμο κώδικα που μπορεί να κληθεί πολλές φορές. Οι συναρτήσεις μπορούν να λαμβάνουν παραμέτρους, να επιστρέφουν τιμές και να έχουν πρόσβαση σε μεταβλητές εντός της σύμβασης.
- **Καταγραφή συμβάντων:** Η Solidity υποστηρίζει την καταγραφή συμβάντων, η οποία επιτρέπει στους προγραμματιστές να καταγράφουν πληροφορίες σχετικά με την εκτέλεση μίας σύμβασης, όπως η μεταφορά αιθέρα ή η εκτέλεση κώδικα. Τα αρχεία καταγραφής συμβάντων είναι προσβάσιμα από άλλα συμβόλαια ή από χρήστες και παρέχουν έναν τρόπο παρακολούθησης της εκτέλεσης της σύμβασης.
- **Έλεγχος πρόσβασης:** Η Solidity υποστηρίζει έλεγχο πρόσβασης, ο οποίος επιτρέπει στους προγραμματιστές να καθορίζουν ποιος μπορεί να έχει πρόσβαση και να τροποποιεί τις μεταβλητές και τις συναρτήσεις εντός της σύμβασης. Ο έλεγχος πρόσβασης είναι σημαντικός για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας των έξυπνων συμβάσεων.

Όταν μία έξυπνη σύμβαση αναπτύσσεται στην αλυσίδα μπλοκ Ethereum, γίνεται μέρος του μόνιμου και αμετάβλητου αρχείου του δικτύου. Οι κανόνες και οι όροι που καθορίζονται στο συμβόλαιο εκτελούνται από το EVM και το συμβόλαιο μπορεί να αλληλεπιδράσει με άλλα συμβόλαια ή με χρήστες. (Solidity, 2023)

Το Ethereum χρησιμοποιούσε αρχικά τον μηχανισμό συναίνεσης Proof-of-Work (PoW), ο οποίος χρησιμοποιείται για την επικύρωση των συναλλαγών και την ασφάλεια του δικτύου. Στο PoW, οι miners ανταγωνίζονται για την επίλυση ενός πολύπλοκου μαθηματικού γρίφου και

ο πρώτος miner που θα λύσει τον γρίφο ανταμείβεται με νεόκοπο Ether (ETH), το εγγενές κρυπτονομίσμα του δικτύου Ethereum. (Ethereum, 2023)

Πλέον ο αλγόριθμος συναίνεσης Proof-of-Stake (PoS) χρησιμοποιείται από το Ethereum. Πρόκειται για ένα είδος μεθόδου συναίνεσης που αναλαμβάνει το ρόλο του ενεργοβόρου αλγορίθμου proof-of-work (PoW) που χρησιμοποιείται από πολλά άλλα κρυπτονομίσματα, συμπεριλαμβανομένου του προδρόμου του Ethereum Bitcoin. Αντί να επιλέγονται με βάση την ικανότητα επεξεργασίας, οι επικυρωτές στον PoS επιλέγονται τυχαία για να επικυρώνουν συναλλαγές και να δημιουργούν μπλοκ. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας πραγματοποιείται στοιχηματισμός και οι επικυρωτές ανταμείβονται για τις προσπάθειές τους για τη δημιουργία δικτύου. Το κύριο πλεονέκτημα του PoS έναντι του PoW είναι ότι χρησιμοποιεί πολύ λιγότερη ενέργεια και είναι καλύτερο για το περιβάλλον. Επιπλέον, επειδή είναι πιο δύσκολο για εχθρικούς παράγοντες να χειραγωγήσουν το δίκτυο χρησιμοποιώντας PoS, συνήθως θεωρείται πιο ασφαλές. Η υιοθέτηση του PoS από το Ethereum αποτελεί μέρος μιας μεγαλύτερης στροφής προς το Ethereum 2.0, το οποίο θα προσφέρει πολλές άλλες βελτιώσεις, συμπεριλαμβανομένης της βελτιωμένης κλιμάκωσης και ασφάλειας. (Smith, 2023)

Οι συναλλαγές στο δίκτυο Ethereum επιβεβαιώνονται μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται δημιουργία μπλοκ. Όταν ένας χρήστης θέλει να μεταφέρει αιθέρα Ether (ETH) ή να αλληλεπιδράσει με ένα έξυπνο συμβόλαιο, δημιουργεί και μεταδίδει μια συναλλαγή στο δίκτυο. Η συναλλαγή επαληθεύεται και επεξεργάζεται από τους κόμβους του δικτύου και μόλις συμπεριληφθεί σε ένα μπλοκ, γίνεται μέρος της αλυσίδας μπλοκ.

Μια συναλλαγή στο Ethereum αποτελείται από διάφορα σημαντικά στοιχεία, μεταξύ των οποίων:

- Τη διεύθυνση του αποστολέα: Η διεύθυνση του χρήστη ή της έξυπνης σύμβασης που αποστέλλει τη συναλλαγή.
- Τη διεύθυνση του παραλήπτη: Η διεύθυνση του χρήστη ή της έξυπνης σύμβασης που λαμβάνει τη συναλλαγή.
- Το ποσό του αιθέρα που μεταφέρεται: Το ποσό ETH που αποστέλλεται στη συναλλαγή.
- Το όριο αερίου: Η μέγιστη ποσότητα αερίου που επιτρέπεται να καταναλώσει η συναλλαγή. Το αέριο είναι η αμοιβή που καταβάλλει ο αποστολέας για να αντισταθμίσει την υπολογιστική εργασία που απαιτείται για τη διεκπεραίωση της συναλλαγής.
- Η τιμή του Ethereum: Το ποσό ETH που ο αποστολέας είναι διατεθειμένος να πληρώσει για κάθε μονάδα αερίου. Η τιμή αερίου καθορίζει την προτεραιότητα της συναλλαγής και επηρεάζει το πόσο γρήγορα επεξεργάζεται από το δίκτυο.

Όταν μια συναλλαγή μεταδίδεται στο δίκτυο Ethereum, επαληθεύεται από τους κόμβους του δικτύου για να διασφαλιστεί η εγκυρότητά της. Αυτή η διαδικασία επαλήθευσης περιλαμβάνει τον έλεγχο της υπογραφής της διεύθυνσης του αποστολέα, τη διαθεσιμότητα των κεφαλαίων και τη συμμόρφωση της συναλλαγής με τους κανόνες του πρωτοκόλλου του Ethereum. Μόλις μια συναλλαγή επαληθευτεί, περιλαμβάνεται σε ένα μπλοκ μαζί με άλλες συναλλαγές. Στη συνέχεια, οι miners ανταγωνίζονται για να επικυρώσουν το μπλοκ και να το προσθέσουν στην αλυσίδα μπλοκ του Ethereum. Ο πρώτος miner που επικυρώνει το μπλοκ ανταμείβεται με την ανταμοιβή μπλοκ και τα τέλη συναλλαγής (gas) που σχετίζονται με τις συναλλαγές στο μπλοκ. Μόλις μια συναλλαγή συμπεριληφθεί σε ένα μπλοκ και προστεθεί στην αλυσίδα μπλοκ, γίνεται μέρος του μόνιμου και αμετάβλητου αρχείου του δικτύου. Ο

παραλήπτης της συναλλαγής μπορεί να έχει πρόσβαση στον αιθέρα που μεταφέρθηκε στη συναλλαγή και το έξυπνο συμβόλαιο μπορεί να εκτελέσει τον κώδικα που καθορίζεται στη συναλλαγή.

Συνοπτικά, οι συναλλαγές στο Ethereum περιλαμβάνουν τη μεταφορά Ether ή την εκτέλεση κώδικα έξυπνης σύμβασης, και επεξεργάζονται και επικυρώνονται από το δίκτυο. Τα συστατικά στοιχεία μιας συναλλαγής, όπως οι διευθύνσεις του αποστολέα και του παραλήπτη, το ποσό του Ether που μεταφέρεται και το όριο και η τιμή, καθορίζουν τον τρόπο επεξεργασίας και επικύρωσης της συναλλαγής από το δίκτυο. (Ethereum, 2023)

Το Ethereum διαθέτει τη δική του εικονική μηχανή, την Ethereum Virtual Machine (EVM), η οποία χρησιμοποιείται για την εκτέλεση έξυπνων συμβάσεων στο δίκτυο Ethereum. Η EVM έχει σχεδιαστεί για να είναι ένα sandboxed περιβάλλον στο οποίο μπορούν να εκτελεστούν συμβόλαια με ασφάλη και απομονωμένο τρόπο. Είναι υπεύθυνο για την εκτέλεση του κώδικα των έξυπνων συμβάσεων και χρησιμοποιεί μια αρχιτεκτονική βασισμένη στη στοίβα για την εκτέλεση λειτουργιών. Όταν εκτελείται μία έξυπνη σύμβαση, ο EVM διαβάζει τον κώδικα, εκτελεί τις καθορισμένες λειτουργίες και ενημερώνει ανάλογα την κατάσταση της σύμβασης. Επίσης αναλαμβάνει τη διαχείριση της μνήμης και της αποθήκευσης των έξυπνων συμβάσεων και χρησιμοποιεί έναν αποθηκευτή τιμών-κλειδιών για την αποθήκευση της κατάστασης κάθε σύμβασης. Η κατάσταση μίας σύμβασης αποθηκεύεται στην αλυσίδα μπλοκ του Ethereum, η οποία διασφαλίζει τη διατήρηση και την ακεραιότητα των δεδομένων. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του EVM είναι η ικανότητά του να επιβάλλει τους κανόνες των έξυπνων συμβάσεων. Ο EVM διασφαλίζει ότι ο κώδικας εκτελείται όπως ορίζεται και αποτρέπει τις μη εξουσιοδοτημένες αλλαγές στον κώδικα ή τα δεδομένα. Ο EVM έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι platform-agnostic, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να υλοποιηθεί σε οποιαδήποτε πλατφόρμα που υποστηρίζει το δίκτυο Ethereum. Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη εφαρμογών και έξυπνων συμβάσεων που βασίζονται στο Ethereum σε διάφορες πλατφόρμες, όπως επιτραπέζιες και κινητές συσκευές. (Solidity, 2023)

1.3.2 Το δίκτυο του Solana

Το Solana αποτελείται από ένα σύνολο υπολογιστών που βρίσκονται σε συνεργασία μεταξύ τους και μπορούν να εμφανίζονται από το εξωτερικό ως ένα αδιαχώριστο σύστημα. Αυτοί οι υπολογιστές που δημιουργούν το σύμπλεγμα, όχι μόνο συνεργάζονται αλλά και λειτουργούν αντιθετικά ο ένας προς τον άλλο, ώστε να γίνεται όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστη επαλήθευση και απομάκρυνση προγραμμάτων που υποβάλλονται από τον χρήστη αλλά δεν είναι αξιόπιστα. Ένα σύμπλεγμα Solana αξιοποιείται όταν ένας συμμετέχων επιθυμεί να διατηρήσει μια αναλλοίωτη καταγραφή συμβάντων στο χρόνο ή προγραμματικές ερμηνείες τους. Μπορεί να χρησιμοποιείται παραδείγματος χάριν, για τον εντοπισμό του υπολογιστή που αξιοποιήθηκε περισσότερο, ώστε να συνεχίσει να λειτουργεί σωστά το σύμπλεγμα. Επίσης, μπορεί να εντοπίζει τα περιουσιακά στοιχεία που ανήκουν στον πραγματικό κόσμο. Όπως και να έχει, το σύμπλεγμα εξάγει το αποτέλεσμα μιας εγγραφής συμβάντων, το λεγόμενο καθολικό. Όσο υφίσταται το καθολικό, αυτά τα συμβάντα θα παραμένουν καταγεγραμμένα σε αυτό. Έτσι,

ο οποιοσδήποτε έχει στην κατοχή του ένα αντίγραφο του καθολικού, θα μπορεί να αναπαράξει τα αποτελέσματα των προγραμμάτων του, ανεξάρτητα από το που ή το ποιος στον κόσμο το ξεκίνησε. (Documentation, 2023)

Το Solana λοιπόν, είναι μια πλατφόρμα blockchain υψηλών επιδόσεων που επιτρέπει τη δημιουργία αποκεντρωμένων εφαρμογών (dApps) και την εκτέλεση έξυπνων συμβάσεων. Ιδρύθηκε το 2017 με στόχο την παροχή μιας γρήγορης, ασφαλούς και κλιμακούμενης πλατφόρμας για αποκεντρωμένες εφαρμογές και συναλλαγές με συμβόλαια. Το Solana στοχεύει στην μαζικότερη και ευκολότερη χρήση κρυπτονομισμάτων και blockchain από τους καταναλωτές. Χρησιμοποιεί μία σειρά νεωτερισμών με στόχο τη βελτιστοποίηση της ταχύτητας, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται η Απόδειξη Ιστορίας (Proof of History, PoH) και οι παραλληλισμένες συναλλαγές. Κατά αυτόν τον τρόπο, οι χρήστες μπορούν να εξοφλήσουν τα τέλη συναλλαγών τους και να αλληλοεπιδράσουν με έξυπνα συμβόλαια χρησιμοποιώντας το SOL, το εγγενές διακριτικό του δικτύου.

Το SOL είναι το βασικό στοιχείο του βοηθητικού προγράμματος του Solana. Κατά τη μεταφορά ή αλληλεπίδραση των συμμετεχόντων του προγράμματος με έξυπνα συμβόλαια, μεσολαβεί το SOL, για να γίνει η εξόφληση των τελών της συναλλαγής. Όσοι διαθέτουν το SOL μπορούν επιπλέον, να γίνουν επικυρωτές δικτύου. Το Ethereum μοιάζει με το Solana, αφού και οι δύο πλατφόρμες δίνουν τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να κατασκευάζουν έξυπνα συμβόλαια και να συνθέτουν έργα που βασίζονται σε blockchain. Το SOL ακολουθεί το πρωτόκολλο SPL που είναι το πρότυπο διακριτικού blockchain Solana και μοιάζει αρκετά με το ERC-20 στο Ethereum. Οι δύο βασικότερες χρήσεις του διακριτικού SOL είναι οι εξής: πρώτον, η εξόφληση των τελών από τις συναλλαγές που πραγματοποιούνται κατά τη χρήση του δικτύου ή έξυπνων συμβάσεων και δεύτερον, το ποντάρισμα διακριτικών ως μέρος του μηχανισμού συναίνεσης PoS. Οι αποκεντρωμένες εφαρμογές (DApps) που βασίζονται στο Solana δημιουργούν νέες δυνατότητες αξιοποίησης του SOL και των διακριτικών που έχουν δημιουργηθεί ακολουθώντας το πρότυπο του SPL. (Academy, 2021)

Το ζήτημα του χρονισμού σε κατανεμημένα συστήματα είναι πολύπλοκο. Προκειμένου να διεκπεραιώνονται γρήγορα οι συναλλαγές, πρέπει να χρησιμοποιούνται μικρές μονάδες χρόνου. Ωστόσο, πολλά συστήματα blockchain, όπως το Ethereum, βασίζονται σε εξωτερικά προγράμματα για την ανάθεση μιας "μέσης" χρονοσφραγίδας, η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την επικύρωση των συναλλαγών με βάση τη σειρά με την οποία ελήφθησαν. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την αποκεντρωμένη φύση του συστήματος. Το Solana έχει βρει μια λύση σε αυτό το πρόβλημα με την τεχνολογία της που ονομάζεται Proof of History, η οποία επιτρέπει την ενσωμάτωση αυτών των χρονοσφραγίδων στην αλυσίδα μπλοκ μέσω μιας επαληθεύσιμης συνάρτησης καθυστέρησης (VDF).

Κάθε παραγωγός μπλοκ πρέπει να περάσει από την VDF, γνωστή και ως απόδειξη ιστορίας, για να φτάσει στην καθορισμένη χρονοθυρίδα και να δημιουργήσει ένα μπλοκ. Το Solana εισάγει δεδομένα στην ακολουθία προσθέτοντας το hash των προηγούμενων δημιουργημένων καταστάσεων, με την κατάσταση, τα δεδομένα εισόδου και την καταμέτρηση να είναι όλα δημοσιευμένα και αμετάβλητα. Αυτό δημιουργεί ένα καθορισμένο χρονικό όριο, με την απόδειξη της ιστορίας να μπορεί να αναφέρεται σε προηγούμενους κατακερματισμούς, καθορίζοντας επίσης ένα κατώτερο όριο. Παρόλο που το VDF δεν καθορίζει συγκεκριμένο

χρόνο, παρέχει πληροφορίες σχετικά με το πότε πραγματοποιήθηκε μια συναλλαγή στο παρελθόν και στο μέλλον της παγκόσμιας μηχανής καταστάσεων.

Οι παραγωγοί μπλοκ το κάνουν αυτό σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση κατακερματισμού SHA256, η οποία έχει βελτιστοποιηθεί από μεγάλους κατασκευαστές τσιπ. Η χρήση αυτού του κατακερματισμού για την παρακολούθηση του χρόνου δίνει στο λογιστικό βιβλίο την ιδιότητα να μπορεί να προσδιορίσει πότε πραγματοποιήθηκαν γεγονότα εξετάζοντας το, σύμφωνα με τον Yakovenko. (Echter, 2021)

Το Solana χρησιμοποιεί έναν μοναδικό μηχανισμό συναίνεσης που ονομάζεται Proof-of-Stake (PoS), ο οποίος έχει σχεδιαστεί για να επιτυγχάνει υψηλά επίπεδα επιδόσεων και επεκτασιμότητας, διατηρώντας παράλληλα την ασφάλεια. Στο Solana PoS, οι επικυρωτές επιλέγονται για να παράγουν νέα μπλοκ και να επικυρώνουν συναλλαγές με βάση το ποσό του SOL, του εγγενούς κουπονιού (token) του δικτύου Solana, που κατέχουν και είναι πρόθυμοι να ποντάρουν. Οι επικυρωτές λαμβάνουν αμοιβή για την επικύρωση συναλλαγών, γεγονός που τους δίνει κίνητρο να ενεργούν με ειλικρίνεια και να επικυρώνουν τις συναλλαγές με ακρίβεια. Εάν διαπιστωθεί ότι ένας επικυρωτής ενεργεί κακόβουλα ή ανακριβώς, μπορεί να τιμωρηθεί χάνοντας το SOL που έχει ποντάρει. Μόλις μια συναλλαγή επαληθευτεί και συμπεριληφθεί σε ένα μπλοκ, θεωρείται ότι έχει επιβεβαιωθεί και προστίθεται στην αλυσίδα μπλοκ Solana. Από εκεί και πέρα, η συναλλαγή είναι δημόσια ορατή και δεν μπορεί να τροποποιηθεί ή να ανατραπεί. (Solana, 2023)

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του Solana είναι οι υψηλές επιδόσεις και η επεκτασιμότητά της. Το Solana χρησιμοποιεί μια σειρά από βελτιστοποιήσεις και αποδοτικότητες για να επεξεργάζεται τις συναλλαγές γρήγορα και με χαμηλή καθυστέρηση. Για παράδειγμα, χρησιμοποιεί μια παραλληλισμένη αρχιτεκτονική, η οποία της επιτρέπει να επεξεργάζεται ταυτόχρονα πολλαπλές συναλλαγές, και μια συμπαγή δυαδική μορφή, η οποία μειώνει τον όγκο των δεδομένων που πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία και να μεταδοθούν. Επιπλέον, διαθέτει υψηλή απόδοση συναλλαγών, η οποία της επιτρέπει να διαχειρίζεται μεγάλο όγκο συναλλαγών ανά δευτερόλεπτο. Αυτό καθιστά το Solana κατάλληλο για αποκεντρωμένες εφαρμογές που απαιτούν γρήγορες και αξιόπιστες συναλλαγές, όπως αποκεντρωμένα ανταλλακτήρια (DEX) και πλατφόρμες τυχερών παιχνιδιών.

Το Solana υποστηρίζει επίσης τη δημιουργία προσαρμοσμένων tokens (διακριτικά) και την ανάπτυξη έξυπνων συμβάσεων, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν ένα ευρύ φάσμα αποκεντρωμένων εφαρμογών, όπως αποκεντρωμένα ανταλλακτήρια (DEX), πλατφόρμες τυχερών παιχνιδιών και χρηματοοικονομικές εφαρμογές. Τα προσαρμοσμένα διακριτικά στο Solana λειτουργούν χρησιμοποιώντας το πρότυπο διακριτικών του Solana, το Simple Ledger Protocol (SLP). Το SLP επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν, να εκδίδουν και να διαχειρίζονται εύκολα προσαρμοσμένα token στο δίκτυο. Για να δημιουργήσει ένα token, ένας προγραμματιστής πρέπει να δημιουργήσει ένα έξυπνο συμβόλαιο που υλοποιεί το πρότυπο token SLP. Το έξυπνο συμβόλαιο ορίζει τις ιδιότητες του token, όπως το όνομα, το σύμβολο και τη συνολική προσφορά του. Μόλις το έξυπνο συμβόλαιο αναπτυχθεί στο δίκτυο Solana, το προσαρμοσμένο token κόβεται και έτσι μπορούν να μεταφερθούν μεταξύ πορτοφολιών, όπως και κάθε άλλο token στο δίκτυο. Αποθηκεύεται στην αλυσίδα μπλοκ και

είναι πλήρως αποκεντρωμένο, δηλαδή δεν ελέγχεται από καμία μεμονωμένη οντότητα. Αυτό διασφαλίζει ότι το token είναι ασφαλές και μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο διαπραγμάτευσης ή να χρησιμοποιηθεί σε αποκεντρωμένες εφαρμογές χωρίς την ανάγκη διαμεσολαβητών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς, όπως για παράδειγμα να χρησιμεύσει ως μέσο πληρωμής, ως ανταμοιβή για τη συμμετοχή σε μια αποκεντρωμένη εφαρμογή ή ως αναπαράσταση της ιδιοκτησίας σε ένα συγκεκριμένο περιουσιακό στοιχείο. (SLP, 2020)

Εκτός από τη δημιουργία προσαρμοσμένων token, το πρότυπο token SLP επιτρέπει επίσης τη δημιουργία tokenized περιουσιακών στοιχείων, όπως tokenized ακίνητα, tokenized έργα τέχνης και tokenized κινητές αξίες. Αυτά τα tokenized περιουσιακά στοιχεία μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο διαπραγμάτευσης σε αποκεντρωμένα χρηματιστήρια (DEX) ή να χρησιμοποιηθούν σε αποκεντρωμένες εφαρμογές που απαιτούν την αναπαράσταση περιουσιακών στοιχείων του πραγματικού κόσμου στην αλυσίδα μπλοκ. (Solana, 2023)

Το οικοσύστημα Solana περιλαμβάνει μια σειρά εργαλείων και πόρων για προγραμματιστές, συμπεριλαμβανομένου του Solana SDK, το οποίο παρέχει μια σειρά βιβλιοθηκών και εργαλείων για τη δημιουργία αποκεντρωμένων εφαρμογών στην πλατφόρμα Solana. Αυτά τα συστατικά περιλαμβάνουν: (Solana, 2023) (Solana, 2023)

- Solana CLI: Μια διεπαφή γραμμής εντολών που παρέχει στους προγραμματιστές ένα εύχρηστο εργαλείο για την ανάπτυξη και διαχείριση έξυπνων συμβάσεων στο δίκτυο Solana.
- Solana Web3.js: Μια βιβλιοθήκη JavaScript που παρέχει στους προγραμματιστές ένα υψηλού επιπέδου API για την αλληλεπίδραση με το δίκτυο Solana, καθιστώντας εύκολη τη δημιουργία αποκεντρωμένων εφαρμογών που χρησιμοποιούν την υποκείμενη τεχνολογία blockchain του Solana.
- Solana Contract SDK: Ένα σύνολο βιβλιοθηκών και εργαλείων για τη δημιουργία και την ανάπτυξη έξυπνων συμβάσεων στο δίκτυο Solana, συμπεριλαμβανομένων προκατασκευασμένων προτύπων έξυπνων συμβάσεων, εργαλείων ανάπτυξης συμβάσεων και ενός περιβάλλοντος ανάπτυξης για τη δοκιμή και την αποσφαλμάτωση συμβάσεων.
- Solana DevNet: Ένα δίκτυο ανάπτυξης για δοκιμές και αποσφαλμάτωση αποκεντρωμένων εφαρμογών, που επιτρέπει στους προγραμματιστές να πειραματιστούν με την τεχνολογία blockchain Solana σε ένα ασφαλές, sandboxed περιβάλλον.

Επιπλέον, το Solana διαθέτει ένα διαδικτυακό κέντρο πόρων για προγραμματιστές, που παρέχει εκπαιδευτικό υλικό, σεμινάρια και δείγματα κώδικα για να βοηθήσει τους προγραμματιστές να ξεκινήσουν με την κατασκευή dApps στο δίκτυο της. Όπως επίσης και μια μεγάλη και ενεργή κοινότητα προγραμματιστών, επενδυτών και χρηστών που συμβάλλουν ενεργά στην ανάπτυξη και την εξέλιξη της πλατφόρμας.

Συνοπτικά, το Solana είναι μια γρήγορη, ασφαλής και κλιμακούμενη πλατφόρμα blockchain που έχει σχεδιαστεί για τη δημιουργία και εκτέλεση αποκεντρωμένων εφαρμογών

και έξυπνων συμβάσεων. Χρησιμοποιεί έναν μοναδικό μηχανισμό συναίνεσης, το Solana PoS, ο οποίος παρέχει υψηλές επιδόσεις και επεκτασιμότητα, διατηρώντας παράλληλα την ασφάλεια. Το οικοσύστημα Solana περιλαμβάνει μια σειρά εργαλείων και πόρων για προγραμματιστές και διαθέτει μια μεγάλη και ενεργή κοινότητα χρηστών, προγραμματιστών και επενδυτών.

1.3.3 Ομοιότητες και Διαφορές μεταξύ Ethereum και Solana Network

Το Ethereum και το Solana είναι και οι δύο πλατφόρμες blockchain που επιτρέπουν τη δημιουργία αποκεντρωμένων εφαρμογών (dApps) και έξυπνων συμβάσεων. Και οι δύο παρέχουν στους προγραμματιστές τα εργαλεία και τους πόρους που χρειάζονται για τη δημιουργία εφαρμογών που μπορούν να λειτουργούν χωρίς την ανάγκη κεντρικής αρχής. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες βασικές διαφορές μεταξύ των δύο πλατφορμών. (Deboriyo, 2022)

Όπως ειπώθηκε παραπάνω, το Solana είναι ένα πρωτόκολλο blockchain υψηλής απόδοσης που προσφέρει εξαιρετικές επιδόσεις στην ταχύτητα, την επεκτασιμότητα και την ασφάλεια. Ο συναινετικός μηχανισμός Απόδειξης Ιστορίας (PoH) που διαθέτει, του επιτρέπει να διαχειρίζεται και αναλύει συναλλαγές με ταχύτητες που αγγίζουν τα 65.000 TPS. Εκτός αυτού, το εγγενές διακριτικό που περιλαμβάνει, το SOL, αξιοποιείται την τροφοδοσία του δικτύου και την παροχή κινήτρων στους χειριστές κόμβων.

Από την άλλη, το Ethereum είναι μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα που έχει ως βασική λειτουργία την εκτέλεση έξυπνων συμβάσεων. Εξασφαλίζει την λειτουργία των εφαρμογών με τον τρόπο που έχουν προγραμματιστεί, αποκλείοντας κάθε ενδεχόμενο απάτης ή παρέμβασης τρίτων. Το δίκτυο Ethereum τροφοδοτείται από το δικό του κρυπτονόμισμα, το Ether (ETH). Στο Ethereum επιπλέον, έχει ενσωματωθεί μια γλώσσα προγραμματισμού, η επονομαζόμενη Solidity, η οποία βοηθά τους προγραμματιστές να γράφουν έξυπνα συμβόλαια στο blockchain Ethereum. (Matthews, 2023)

Μία συνοπτική σύγκρισή τους προκύπτει από τα συγκεντρωτικά στοιχεία του παρακάτω πίνακα:

Feature	Ethereum	Solana
Year of Foundation	2013	2017
TPS (Transactions per second)	13-15	50,000 – 65,000
Transaction cost	3 Gwei (\$0.09)	0.0000053 SOL(\$0,0000014)
Block Times	15 seconds	1 second
Consensus Mechanism	Proof-of-Work transitioning to Proof of Stake (POS)	Proof-of-History / Delegated Proof-of-Stake
Programming Language	Solidity	Rust, C, C++

Architecture	Stateful architecture	Stateless architecture
Scalability	Limited Scalability	High-Performance protocol for scalability
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> Established and proven Large developer community Huge DeFi and NFT ecosystem 	<ul style="list-style-type: none"> Fast transactions and low fees High scalability Has a low environmental impact
Disadvantages	<ul style="list-style-type: none"> High transaction costs Slow transactions New programming language 	<ul style="list-style-type: none"> Fewer projects More centralized Lack of transparency

Εικόνα 2: Συνοπτικός συγκριτικός πίνακας των Ethereum και Solana. (Vasile, 2022)

Από την άποψη της αρχιτεκτονικής, το Solana έχει ένα επίπεδο και διαθέτει περισσότερες κλίμακες -σε αντίθεση με το Ethereum που είναι πολυεπίπεδο και χωρίς πολλές κλίμακες- γιατί δεν είναι αναγκαία η επεξεργασία συναλλαγών μέσω της διαδικασίας του διαμοιρασμού. Από την άλλη, η σχεδίαση του Ethereum με πολλαπλά επίπεδα, του επιτρέπει να είναι πιο εύκολο στην προσαρμογή, αφού το κάθε επίπεδό του μπορεί να βελτιωθεί καλύπτοντας άλλους σκοπούς (π.χ. επεκτασιμότητα, ασφάλεια κ.λπ.). Τα δίκτυα επιπέδου 2 όπως το [Arbitrum](#) και το [Optimism](#) (Matthews, 2023), αποτελούν ένα δείγμα σχεδιασμού πολλαπλών επιπέδων και τα οποία χρησιμοποιούν την ασφάλεια του Ethereum. Παρόλα αυτά, υπάρχουν ως επίπεδο εκτέλεσης σε ένα ξεχωριστό δίκτυο.

Όσον αφορά τους μηχανισμούς συναίνεσης, του Solana είναι ένας μηχανισμός συναίνεσης απόδειξης Ιστορίας (PoH), ενώ του Ethereum ένας μηχανισμός συναίνεσης απόδειξης εργασίας (PoW). Το PoH έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι αποδοτικότερος ενεργειακά από το PoW, όμως είναι πολύ πιο συγκεντρωτικός, καθώς οι επικυρωτές του είναι λιγότεροι από 40. (Matthews, 2023) (Yakovenko, 2018)

Τούτου λεχθέντος, το Ethereum θα μεταβεί από το Proof of Work (PoW) στο Proof of Stake (PoS) σε ένα επερχόμενο hard fork το 4ο τρίμηνο του 2022 (δεν υπάρχει πρόσφατη επίσημη ενημέρωση για την αλλαγή του σε POS (Smith, 2023)). Αυτό θα κάνει το Ethereum πιο γρήγορο, ευέλικτο με λιγότερες εκπομπές μειώνοντας τον καταβαλλόμενο ρυθμό πληθωρισμού στους miners. Αυτή η αλλαγή θα σημαίνει ότι το Ethereum έχει το καλύτερο και πιο αποκεντρωμένο σύστημα.

Οι δύο αυτές εφαρμογές, Solana και Ethereum, κατέχουν από μία θέση στην κορυφαία πεντάδα σχετικά με τη συνολική αξία που περιέχεται στις αποκεντρωμένες εφαρμογές χρηματοδότησης των blockchain τους. Ωστόσο, το Ethereum προηγείται πάρα πολύ έχοντας 48 δισεκατομμύρια δολάρια σε κλειδωμένη αξία σε αντίθεση με το Solana που αγγίζει τα 2,56 δισεκατομμύρια δολάρια συνολικής κλειδομένης αξίας. (Matthews, 2023)

Επιπλέον, το Ethereum περιλαμβάνει δίκτυα Layer 2 που έχουν στη διάθεσή τους ζωντανά οικοσυστήματα DeFi. Τέτοια είναι το Polygon, το Arbitrum και το Optimism. Αυτές

οι πλατφόρμες και εφαρμογές Layer 2 συνεργάζονται με ένα πορτοφόλι Ethereum ή EVM σαν το Metamask.

Σχετικά με τα NFT Ecosystems, το Solana αναπτύχθηκε με τη μεγαλύτερη ταχύτητα ως αλυσίδα μπλοκ Layer 1 το 2022 στον τομέα των NFT .κι αυτό ήταν αποτέλεσμα της πολύ μεγάλης ώθησης που έλαβε μετά την εισαγωγή του Solana OpenSea. Παρόλα αυτά, βρίσκεται πίσω από το Ethereum σε όγκο. Έτσι, ενώ το Ethereum διαχειρίζεται περίπου 10 εκατομμύρια δολάρια σε ημερήσιο όγκο NFT, το Solana πλησιάζει περίπου μόνο 1 εκατομμύριο δολάρια σε NFT. (Matthews, 2023) (Hanitio, 2022)

Για τα Solana και Ethereum Tokenomics πρέπει να ειπωθεί εξαρχής, ότι τα έμφυτα διακριτικά κάθε πρωτοκόλλου δημιουργήθηκαν για να καλύψουν διαφορετικούς σκοπούς. Στο Solana, το διακριτικό SOL έχει στο την τροφοδοσία του δικτύου και την παροχή κινήτρων στους χειριστές κόμβων, ενώ στο Ethereum, το διακριτικό ETH φέρνει εις πέρας τις πληρωμές των τελών συναλλαγής («αέριο») και λειτουργεί και ως μέσο ανταλλαγής. (Matthews, 2023)

Σε γενικές γραμμές, τα διακριτικά του Ethereum έχουν πολύ καλύτερη σχεδίαση του Solana, εξαιτίας της ύπαρξης του EIP-1559. Το EIP-1559 (Ethereum Improvement Protocol) είναι ένα προτεινόμενο πρωτόκολλο βελτίωσης του Ethereum που αποσκοπεί στην αντιμετώπιση των υψηλών τελών αερίου και των προβλημάτων συμφόρησης που αντιμετώπιζε το δίκτυο Ethereum. Λειτουργεί με την εισαγωγή ενός ευέλικτου μηχανισμού τελών, όπου τα τέλη “καίγονται“ αυτόματα (αφαιρούνται από την κυκλοφορία) αντί να πηγαίνουν στους miners ως ανταμοιβή. Το πρωτόκολλο εισάγει επίσης ένα βασικό τέλος που προσαρμόζεται δυναμικά με βάση τη χρήση του δικτύου και τη συμφόρηση, διευκολύνοντας τους χρήστες να υπολογίζουν τα τέλη για τις συναλλαγές τους. (Buterin, et al., 2019)

Ακόμη, μία από τις κύριες διαφορές μεταξύ του Ethereum και του Solana είναι η προσέγγισή τους στην επεκτασιμότητα. Το Ethereum αντιμετωπίζει επί του παρόντος προβλήματα επεκτασιμότητας λόγω των περιορισμών της υποκείμενης τεχνολογίας blockchain. Η αλυσίδα μπλοκ Ethereum μπορεί επί του παρόντος να επεξεργαστεί περίπου 15 συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο, γεγονός που δεν επαρκεί για πολλές περιπτώσεις χρήσης dApp. Το Solana, από την άλλη πλευρά, χρησιμοποιεί έναν μοναδικό μηχανισμό συναίνεσης που ονομάζεται Proof of Stake (PoS) και μια τεχνολογία που ονομάζεται "Turbine", η οποία της επιτρέπει να επεξεργάζεται έως και 65.000 συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο. Αυτό καθιστά το Solana μια πιο κλιμακούμενη λύση για τους προγραμματιστές dApp.

Μια άλλη διαφορά μεταξύ Ethereum και Solana είναι η προσέγγισή τους στην κατανάλωση ενέργειας. Το Ethereum χρησιμοποιεί αυτή τη στιγμή έναν μηχανισμό συναίνεσης που ονομάζεται Proof of Work (PoW), ο οποίος είναι ενεργοβόρος. Το Solana χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό PoS, ο οποίος είναι πολύ πιο ενεργειακά αποδοτικός.

Από την άλλη, το Ethereum έχει μεγαλύτερη κοινότητα προγραμματιστών και υπάρχει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, αυτό σημαίνει ότι έχει περισσότερες dApps και έργα που έχουν κατασκευαστεί στην πλατφόρμα του. Αλλά το Solana εργάζεται για τη βελτίωση των εργαλείων και των πόρων της για προγραμματιστές, ώστε να προσελκύσει περισσότερους προγραμματιστές στην πλατφόρμα της. (Matthews, 2023)

	SOLANA	ETHEREUM
LAUNCH DATE	March 2020	July 2015
SMART CONTRACTS	<ul style="list-style-type: none"> Written in Rust (mostly) and called programs Stateless and represent just program logic Parallel smart contracts runtime Data and code are decoupled 	<ul style="list-style-type: none"> Written in Solidity Once executed, they become immutable Deployed to their individual accounts The logic and state of a contract are combined into one contract deployed on-chain
PROGRAMMING LANGUAGES	Rust Statically-typed, high-level, general-purpose programming language	Solidity Object-oriented, statically-typed, high-level programming language created specifically for writing Ethereum smart contracts
CONSENSUS MECHANISM	PoS + PoH	PoW, in the process of moving to PoS
SCALABILITY	65,000 tps Scalable thanks to PoH	14,7 tps Sharding as a solution to the scalability problem
TRANSACTION COST	\$0.00025	\$20-\$70 (depending on network congestion)

Εικόνα 3: Σύγκριση σχεδίων blockchain SOL και ETH

Συνοψίζοντας, το Ethereum και το Solana είναι και οι δύο πλατφόρμες blockchain που επιτρέπουν τη δημιουργία αποκεντρωμένων εφαρμογών και έξυπνων συμβάσεων. Και οι δύο πλατφόρμες είναι ανοικτού κώδικα και αποκεντρωμένες, ωστόσο το Solana έχει καλύτερη προσέγγιση όσον αφορά την επεκτασιμότητα και την κατανάλωση ενέργειας. Το Ethereum έχει μεγαλύτερη κοινότητα προγραμματιστών και μεγαλύτερο ιστορικό, αλλά το Solana εργάζεται για τη βελτίωση των εργαλείων και των πόρων της για τους προγραμματιστές, ώστε να προσελκύσει περισσότερους προγραμματιστές.

1.3.4 Ο Περίπτωσης Χρήσης των Smart Contracts,

Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας: δημιουργώντας ένα αμετάβλητο αρχείο όλων των συναλλαγών μεταξύ προμηθευτών και κατασκευαστών. Αυτό μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της διαφάνειας και της λογοδοσίας στην αλυσίδα εφοδιασμού και να μειώσει τον κίνδυνο απάτης και σφαλμάτων. Για παράδειγμα, η Walmart χρησιμοποιεί ήδη την πλατφόρμα blockchain της IBM, η οποία βασίζεται σε έξυπνα συμβόλαια, για να παρακολουθεί τα προϊόντα τροφίμων μέσω της εφοδιαστικής της αλυσίδας. (Food for Thought, 2017)

Ακίνητα: Οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση και τον εξορθολογισμό των συναλλαγών ακινήτων, δημιουργώντας ένα αμετάβλητο αρχείο όλων των συναλλαγών μεταξύ αγοραστών, πωλητών και δανειστών. Αυτό μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της διαφάνειας και της λογοδοσίας στην αγορά ακινήτων και να μειώσει τον κίνδυνο απάτης και σφαλμάτων. Για παράδειγμα, η Δημοκρατία της Γεωργίας έχει εφαρμόσει ένα σύστημα κτηματολογίου με βάση την αλυσίδα μπλοκ, το οποίο χρησιμοποιεί έξυπνες συμβάσεις για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας αγοράς και πώλησης ακινήτων. (Deloitte, 2017)

Ασφάλιση: Οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση και τον εξορθολογισμό των ασφαλιστικών διαδικασιών, δημιουργώντας ένα αμετάβλητο αρχείο όλων των συναλλαγών μεταξύ ασφαλιστών και ασφαλισμένων. Αυτό μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της διαφάνειας και της λογοδοσίας στην ασφαλιστική αγορά και να μειώσει τον κίνδυνο απάτης και σφαλμάτων. Για παράδειγμα, η AXA έχει λανσάρει ένα προϊόν ασφάλισης πτήσεων που βασίζεται σε blockchain και χρησιμοποιεί έξυπνες συμβάσεις για την αυτόματη καταβολή των απαιτήσεων σε περίπτωση καθυστέρησης ή ακύρωσης πτήσης. (Higgins, 2017)

Τραπεζικές και χρηματοοικονομικές υπηρεσίες: Οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση και τον εξορθολογισμό των χρηματοπιστωτικών συναλλαγών, δημιουργώντας ένα αμετάβλητο αρχείο όλων των συναλλαγών μεταξύ τραπεζών και πελατών. Αυτό μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της διαφάνειας και της λογοδοσίας στον τραπεζικό και χρηματοπιστωτικό τομέα και να μειώσει τον κίνδυνο απάτης και σφαλμάτων. Για παράδειγμα, η JPMorgan Chase έχει αναπτύξει τη δική της πλατφόρμα blockchain, την Quorum, η οποία χρησιμοποιεί έξυπνες συμβάσεις για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας διακανονισμού των συναλλαγών τίτλων. (Phemex, 2021)

Συμπερασματικά, οι έξυπνες συμβάσεις έχουν τη δυνατότητα να αυτοματοποιήσουν και να εξορθολογήσουν διάφορους κλάδους δημιουργώντας ένα αμετάβλητο αρχείο όλων των συναλλαγών και ως εκ τούτου να αυξήσουν τη διαφάνεια και να μειώσουν τον κίνδυνο απάτης και σφαλμάτων. Εταιρείες όπως η Walmart, η AXA, η JPMorgan Chase χρησιμοποιούν ήδη ή πειραματίζονται με τα έξυπνα συμβόλαια στους αντίστοιχους κλάδους τους.

1.4 Αποκεντρωμένες εφαρμογές (dApps)

Οι αποκεντρωμένες εφαρμογές (dApps) λειτουργούν χρησιμοποιώντας την αποκεντρωμένη υποδομή ενός δικτύου blockchain. Αντί να βασίζονται σε έναν κεντρικό διακομιστή ή οντότητα για τη διαχείριση της εφαρμογής και των δεδομένων της, οι dApps τροφοδοτούνται από ένα δίκτυο κόμβων που συνεργάζονται για τη διατήρηση της ακεραιότητας και της ασφάλειας του συστήματος. (Ethereum, 2022)

Όταν ένας χρήστης αλληλοεπιδρά με μια αποκεντρωμένη εφαρμογή, το αίτημά του μεταδίδεται σε όλο το δίκτυο κόμβων. Στη συνέχεια, οι κόμβοι συνεργάζονται για να επικυρώσουν το αίτημα και να ενημερώσουν την αλυσίδα μπλοκ με τις νέες πληροφορίες. Αυτή η διαδικασία επικύρωσης των συναλλαγών και ενημέρωσης της αλυσίδας μπλοκ είναι γνωστή ως συναίνεση (consensus). Ο μηχανισμός συναίνεσης που χρησιμοποιείται από το δίκτυο blockchain θα καθορίσει τον τρόπο με τον οποίο το δίκτυο κόμβων επιτυγχάνει συναίνεση και ενημερώνει το blockchain. (ConsenSys, 2016)

Μόλις η συναλλαγή επικυρωθεί και προστεθεί στην αλυσίδα μπλοκ, είναι μόνιμη και δεν μπορεί να τροποποιηθεί ή να διαγραφεί. Αυτό παρέχει ένα ασφαλές και απαραβίαστο αρχείο όλων των αλληλεπιδράσεων με την dApp, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα και τη διαφάνεια του συστήματος. (ConsenSys, 2016)

Η αποκεντρωμένη φύση των dApps και της αλυσίδας μπλοκ παρέχει πολλά βασικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές κεντροποιημένες εφαρμογές.

Τα πλεονεκτήματα αυτά περιλαμβάνουν: (Peranzo, 2022)

1. **Ασφάλεια:** Οι dApps είναι λιγότερο ευάλωτες σε παραβιάσεις και επιθέσεις, καθώς δεν βασίζονται σε ένα μόνο σημείο ελέγχου. Αυτό τις καθιστά πιο ασφαλείς και ανθεκτικές στην αλλοίωση.
2. **Διαφάνεια:** Όλες οι αλληλεπιδράσεις με μια dApp καταγράφονται στην αλυσίδα μπλοκ, παρέχοντας ένα διαφανές και ελέγξιμο αρχείο όλων των συναλλαγών.
3. **Ανθεκτικότητα στη λογοκρισία:** Οι dApps είναι ανθεκτικές στη λογοκρισία, καθώς δεν υπάρχει κεντρική αρχή ή ενδιάμεσος που να μπορεί να λογοκρίνει ή να περιορίσει την πρόσβαση στην εφαρμογή.
4. **Χωρίς εμπιστοσύνη:** Οι dApps επιτρέπουν στους χρήστες να αλληλεπιδρούν απευθείας μεταξύ τους, εξαλείφοντας την ανάγκη για μεσάζοντες και μειώνοντας τον κίνδυνο απάτης ή κακοδιαχείρισης.

Οι dApps έχουν τη δυνατότητα να διαταράξουν και να μετασχηματίσουν ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών, παρέχοντας έναν πιο ασφαλή, διαφανή και χωρίς εμπιστοσύνη τρόπο διεξαγωγής συναλλαγών και αλληλεπιδράσεων.

Τα βασικά τεχνικά στοιχεία περιλαμβάνουν, το δίκτυο blockchain, τον μηχανισμό συναίνεσης, τις έξυπνες συμβάσεις και μια διεπαφή χρήστη. Αναλυτικότερα: (Rosic, 2022)

1. **Δίκτυο blockchain:** Η υποκείμενη υποδομή μιας dApp είναι το δίκτυο blockchain, το οποίο παρέχει ένα ασφαλές και απαραβίαστο βιβλίο όλων των συναλλαγών και αλληλεπιδράσεων. Το δίκτυο blockchain συντηρείται από ένα δίκτυο κόμβων που συνεργάζονται για την επικύρωση των συναλλαγών και την επίτευξη συναίνεσης σχετικά με την κατάσταση του δικτύου. Ο τύπος του δικτύου blockchain που χρησιμοποιείται από μια dApp θα καθορίσει τα χαρακτηριστικά της, όπως ο μηχανισμός συναίνεσης, η επεκτασιμότητα και η ασφάλεια
2. **Μηχανισμός συναίνεσης:** Ο μηχανισμός συναίνεσης είναι η διαδικασία με την οποία το δίκτυο των κόμβων καταλήγει σε συμφωνία σχετικά με την κατάσταση της αλυσίδας μπλοκ. Αυτός ο μηχανισμός διασφαλίζει την ακεραιότητα και την ασφάλεια της αλυσίδας μπλοκ, καθώς εξασφαλίζει ότι όλοι οι κόμβοι έχουν το ίδιο αντίγραφο της αλυσίδας μπλοκ και εμποδίζει τυχόν κακόβουλους κόμβους να παραβιάσουν το δίκτυο. Ο μηχανισμός συναίνεσης που χρησιμοποιείται από μια dApp ποικίλλει ανάλογα με το δίκτυο blockchain, αλλά οι συνήθεις μηχανισμοί περιλαμβάνουν Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS) και Delegated Proof of Stake (DPoS).
3. **Έξυπνες συμβάσεις:** Τα έξυπνα συμβόλαια είναι αυτοεκτελούμενα συμβόλαια που αυτοματοποιούν την εκτέλεση ορισμένων ενεργειών όταν πληρούνται προκαθορισμένες συνθήκες. Αποτελούν τον πυρήνα των dApps, καθώς διευκολύνουν την αλληλεπίδραση μεταξύ της dApp και του δικτύου blockchain. Τα έξυπνα συμβόλαια γράφονται σε μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, όπως η Solidity για το Ethereum, και στη συνέχεια μεταγλωττίζονται σε κώδικα αναγνώσιμο από μηχανήματα που αναπτύσσεται στην αλυσίδα μπλοκ.
4. **Διεπαφή χρήστη:** Το τελευταίο στοιχείο μιας dApp είναι η διεπαφή χρήστη, η οποία επιτρέπει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με την dApp και να έχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες της. Η διεπαφή χρήστη υλοποιείται συνήθως ως διαδικτυακή ή κινητή εφαρμογή και επικοινωνεί με το δίκτυο blockchain μέσω της έξυπνης σύμβασης.

Όταν ένας χρήστης αλληλεπιδρά με μια dApp, το αίτημά του μεταδίδεται στο δίκτυο των κόμβων. Στη συνέχεια, οι κόμβοι συνεργάζονται για να επικυρώσουν το αίτημα και να ενημερώσουν την αλυσίδα μπλοκ με τις νέες πληροφορίες. Αυτή η διαδικασία επικύρωσης των συναλλαγών και ενημέρωσης της αλυσίδας μπλοκ είναι γνωστή ως συναίνεση. Μόλις η συναλλαγή επικυρωθεί και προστεθεί στην αλυσίδα μπλοκ, είναι μόνιμη και δεν μπορεί να τροποποιηθεί ή να διαγραφεί.

Συνοπτικά, οι dApps λειτουργούν χρησιμοποιώντας την αποκεντρωμένη υποδομή ενός δικτύου blockchain, τις έξυπνες συμβάσεις και τον μηχανισμό συναίνεσης για την αυτοματοποίηση της εκτέλεσης ορισμένων ενεργειών βάσει προκαθορισμένων συνθηκών. Αυτό παρέχει έναν ασφαλή, διαφανή και αναξιόπιστο τρόπο διεξαγωγής συναλλαγών και αλληλεπιδράσεων, καθιστώντας τα dApps ένα ισχυρό εργαλείο για την αναστάτωση και τον μετασχηματισμό ενός ευρέος φάσματος βιομηχανιών.

2 Κεφάλαιο 2: Χρήση του Blockchain με Ομάδες Δεδομένων

Τα Datasets είναι συλλογές δεδομένων που αποτελούν έναν διακριτό μέσο παρακολούθησης και ανάλυσης σημαντικών πληροφοριών. Συλλέγοντας και οργανώνοντας δεδομένα σε ένα ομάδα δεδομένων γίνεται πιο εύκολη η κατανόηση και η χρήση τους. Συχνά χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν τους αναλυτές να κατανοήσουν σημαντικές επιχειρηματικές διαδικασίες. Για παράδειγμα, τα οικονομικά δεδομένα μπορεί να ομαδοποιηθούν σε ένα σύνολο δεδομένων για να δημιουργηθεί ένα σύνολο σχετικών μετρήσεων και αναφορών. Τα δεδομένα πωλήσεων ενδέχεται να ομαδοποιηθούν για να βοηθήσουν τους αναλυτές να κατανοήσουν με ποια κριτήρια οι πελάτες αγοράζουν προϊόντα. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι συνόλων δεδομένων επειδή υπάρχουν διαφορετικές πληροφορίες σε αυτά. Για παράδειγμα, τα σύνολα αριθμητικών δεδομένων έχουν αριθμούς, ενώ τα σύνολα δεδομένων κειμένου έχουν λέξεις. Οι τύποι των συνόλων δεδομένων μπορεί να είναι αριθμητικοί, κατηγορηματικοί, διμετάβλητοι και πολυμετάβλητοι. Για την αποθήκευση των συνόλων δεδομένων προτιμώνται τα σύγχρονα δίκτυα blockchain, καθώς αυτά μπορούν να τα διαμοιράζουν ταυτόχρονα σε πολλούς υπολογιστές που παίρνουν μέρος σε εκείνα. Οι συναλλαγές που εκτελούνται στα blockchain, για να διασφαλίζονται, αποθηκεύονται σε ένα δίκτυο υπολογιστών peer-to-peer, ή αλλιώς στους κόμβους. Η μέθοδος του κατακερματισμού που ακολουθείται, αποτελεί μια αμετάβλητη κρυπτογραφική υπογραφή, αφού μετατρέπει όλα τα δεδομένα σε ένα ξεχωριστό σύνολο χαρακτήρων, προσφέροντας διαφάνεια, ασφάλεια και μονιμότητα. Έτσι, κάθε φορά που εκτελείται μια συναλλαγή, δεν επιδέχεται αλλαγές ή διαγραφή. Οι εφαρμογές που προτιμούν για την αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων τους τα δίκτυα blockchain είναι διάφορες και αφορούν κυρίως οικονομικές συναλλαγές.

2.1 Χαρακτηριστικά Ομάδων Δεδομένων

Οποιαδήποτε ομάδα αρχείων μπορεί να χαρακτηρηστεί ως σύνολο δεδομένων ή DataSet (DS). Τα σύνολα δεδομένων περιέχουν πληροφορίες όπως για παράδειγμα, μπορεί να περιλαμβάνουν ιατρικά αρχεία, ασφαλιστικά αρχεία ή δεδομένα που χρειάζονται οι εφαρμογές ή το λειτουργικό σύστημα, όπως πηγαία προγράμματα, βιβλιοθήκες μακροεντολών ή μεταβλητές συστήματος. Εάν τα αρχεία σε ένα σύνολο δεδομένων περιέχουν κείμενο κατάλληλο να διαβαστεί από άνθρωπο, τότε μπορούν να εμφανιστούν σε μια κονσόλα ή να εκτυπωθούν, αν και ορισμένα σύνολα δεδομένων μπορεί να περιέχουν μόνο δυαδικά δεδομένα που δεν είναι αναγνώσιμα. Με τα DataSet μπορούμε δημιουργήσουμε βιβλιογραφικά έγγραφα, όπου γίνεται κωδικοποίηση των πληροφοριών που αφορούν ένα βιβλιογραφικό τεκμήριο και δημιουργούνται εγγραφές σε μία βάση δεδομένων, γεγονός που επιτρέπει την αναφορά στο σύνολο δεδομένων με το όνομά του χωρίς να προσδιορίζεται ο τόπος αποθήκευσης. (Wikipedia, 2023) (IBM, 2010)

Οι εγγραφές είναι ένας σταθερός αριθμός bytes που περιέχουν δεδομένα. Συχνά περιέχουν συναφείς πληροφορίες που αντιμετωπίζονται ως μονάδα, όπως ένα στοιχείο της βάσης δεδομένων ή πληροφορίες προσωπικού για ένα άτομο. Ένα πεδίο είναι ένα συγκεκριμένο μέρος μιας εγγραφής που χρησιμοποιείται για μια συγκεκριμένη κατηγορία δεδομένων, όπως το όνομα ενός υπαλλήλου. Οι εγγραφές σε ένα σύνολο δεδομένων μπορούν να οργανωθούν με

διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με τον τρόπο πρόσβασης στις πληροφορίες. Για παράδειγμα, ένα πρόγραμμα εφαρμογής μπορεί να ορίσει μια μορφή εγγραφής για δεδομένα προσωπικού. (IBM, 2010)

Tid	Refund	Marital Status	Taxable Income	Defaulted Borrower
1	Yes	Single	125K	No
2	No	Married	100K	No
3	No	Single	70K	No
4	Yes	Married	120K	No
5	No	Divorced	95K	Yes
6	No	Married	60K	No
7	Yes	Divorced	220K	No
8	No	Single	85K	Yes
9	No	Married	75K	No
10	No	Single	90K	Yes

(a) Record data.

TID	ITEMS
1	Bread, Soda, Milk
2	Beer, Bread
3	Beer, Soda, Diaper, Milk
4	Beer, Bread, Diaper, Milk
5	Soda, Diaper, Milk

(b) Transaction data.

Projection of x Load	Projection of y Load	Distance	Load	Thickness
10.23	5.27	15.22	27	1.2
12.65	6.25	16.22	22	1.1
13.54	7.23	17.34	23	1.2
14.27	8.43	18.45	25	0.9

(c) Data matrix.

	team	coach	play	ball	score	game	win	lost	timeout	season
Document 1	3	0	5	0	2	6	0	2	0	2
Document 2	0	7	0	2	1	0	0	3	0	0
Document 3	0	1	0	0	1	2	2	0	3	0

(d) Document-term matrix.

Εικόνα 4: Παράδειγμα από καταγραφές σε πίνακες. (Gurta, 2021)

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι συνόλων δεδομένων και διαφορετικές μέθοδοι πρόσβασης σε αυτά. Μεταξύ των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων τύπων είναι οι εξής: (IBM, 2010)

- Διαδοχική: Σε ένα διαδοχικό σύνολο δεδομένων, οι εγγραφές είναι στοιχεία δεδομένων που αποθηκεύονται διαδοχικά. Για παράδειγμα, για να ανακτήσει το δέκατο στοιχείο του συνόλου δεδομένων, το σύστημα πρέπει πρώτα να διατρέξει κυκλικά τα προηγούμενα εννέα στοιχεία. Τα στοιχεία δεδομένων που πρέπει να χρησιμοποιούνται όλα διαδοχικά, όπως ο αλφαβητικός κατάλογος των ονομάτων σε μια τάξη, είναι καλύτερο να αποθηκεύονται σε ένα διαδοχικό σύνολο δεδομένων..
- Κατάτμηση: Ένα διαμερισμένο σύνολο δεδομένων ή PDS αποτελείται από έναν κατάλογο και μέλη. Ο κατάλογος περιέχει τις διευθύνσεις κάθε μέλους, επιτρέποντας την άμεση πρόσβαση σε κάθε μέλος από προγράμματα ή το λειτουργικό σύστημα. Ωστόσο, κάθε μέλος αποτελείται από διαδοχικά

αποθηκευμένες εγγραφές. Οι καταταμημένες εγγραφές συχνά ονομάζονται βιβλιοθήκες. Τα προγράμματα αποθηκεύονται ως μέλη διαμερισμένων συνόλων δεδομένων. Γενικά, το λειτουργικό σύστημα φορτώνει τα μέλη ενός PDS διαδοχικά στη μνήμη, αλλά μπορεί να έχει άμεση πρόσβαση στα μέλη όταν επιλέγει ένα πρόγραμμα για εκτέλεση.

- **VSAM:** Σε ένα σύνολο δεδομένων με ακολουθία κλειδιών (key sequenced data set - KSDS) της μεθόδου πρόσβασης σε εικονική αποθήκευση (Virtual Storage Access Method - VSAM), οι εγγραφές είναι στοιχεία δεδομένων που αποθηκεύονται με πληροφορίες ελέγχου (κλειδιά), έτσι ώστε το σύστημα να μπορεί να ανακτήσει ένα στοιχείο χωρίς να αναζητήσει όλα τα προηγούμενα στοιχεία του συνόλου δεδομένων. Τα σύνολα δεδομένων VSAM KSDS είναι ιδανικά για στοιχεία δεδομένων που χρησιμοποιούνται συχνά και με απρόβλεπτη σειρά.

Ας δούμε πιο συγκεκριμένα τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός συνόλου δεδομένων. Αυτά, μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την εφαρμογή ή την περίπτωση χρήσης. Τα χαρακτηριστικά ενός συνόλου δεδομένων μπορεί να περιλαμβάνουν: (Watt, 2014)

1. **Δομημένη μορφή:** έχουν μία οργανωμένη δομή, όπως ένας πίνακας ή ένα υπολογιστικό φύλλο, είτε αρχεία δομημένα σε φακέλους υπολογιστή, ώστε να διευκολύνεται η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων.
2. **Τύποι δεδομένων:** μπορεί να περιλαμβάνουν διάφορους τύπους δεδομένων, όπως αριθμητικά, κατηγορικά, δεδομένα κειμένου ή εικόνας, ήχου.
3. **Μέγεθος:** μπορεί να κυμαίνονται από μικρές συλλογές δεδομένων έως πολύ μεγάλα σύνολα δεδομένων, που μερικές φορές αναφέρονται ως μεγάλα δεδομένα.
4. **Ποιότητα δεδομένων:** Η ποιότητα των δεδομένων σε ένα σύνολο δεδομένων μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια της ανάλυσης και τις γνώσεις που προκύπτουν από τα δεδομένα. Τα προβλήματα ποιότητας μπορεί να περιλαμβάνουν ελλιπή δεδομένα, εσφαλμένα δεδομένα ή άσχετα δεδομένα.
5. **Ασφάλεια δεδομένων:** Η ασφάλεια ενός συνόλου δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας των ευαίσθητων πληροφοριών, αποτελεί κρίσιμο μέλημα, ιδίως σε ρυθμιζόμενους κλάδους.
6. **Πρόσβαση στα δεδομένα:** Η πρόσβαση σε ένα σύνολο δεδομένων μπορεί να είναι περιορισμένη με βάση την προβλεπόμενη χρήση και την ευαισθησία των πληροφοριών που περιέχονται στο σύνολο δεδομένων.

Από την πλευρά της Μηχανικής μάθησης τα σύνολα δεδομένων μπορούν να ομαδοποιηθούν ανάλογα το μοντέλο την μηχανικής μάθησης. Αυτά τα σύνολα δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη και τη βελτίωση των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, καθώς και για τον έλεγχο της ακρίβειας και της απόδοσής τους.

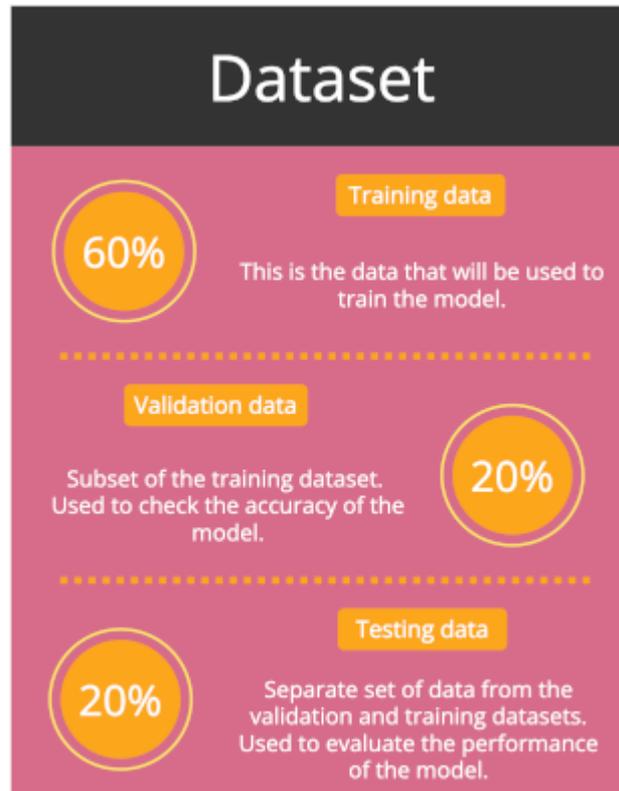
Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι μηχανικής μάθησης που μπορούν να χαρακτηρίσουν ένα σύνολο δεδομένων, μεταξύ των οποίων είναι: (Koch, 2022)

- **Σύνολα δεδομένων επιβλεπόμενης μάθησης:** Αυτός ο τύπος συνόλου δεδομένων περιλαμβάνει επισημασμένα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση ενός μοντέλου για την πρόβλεψη ενός συγκεκριμένου αποτελέσματος. Για παράδειγμα, ένα σύνολο δεδομένων με επισημασμένες εικόνες ζώων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση ενός μοντέλου για την αναγνώριση διαφορετικών ειδών ζώων.
- **Σύνολα δεδομένων μάθησης χωρίς επίβλεψη:** Αυτός ο τύπος συνόλου δεδομένων περιλαμβάνει δεδομένα χωρίς ετικέτες και χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό μοτίβων και σχέσεων στα δεδομένα. Για παράδειγμα, ένα σύνολο δεδομένων με συναλλαγές πελατών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό προτύπων και τμημάτων συμπεριφοράς πελατών.
- **Σύνολα δεδομένων με ημι-επιβλεπόμενη μάθηση:** Αυτός ο τύπος συνόλου δεδομένων περιλαμβάνει τόσο επισημασμένα όσο και μη επισημασμένα δεδομένα και χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν περιορισμένα διαθέσιμα επισημασμένα δεδομένα. Το μοντέλο εκπαιδεύεται χρησιμοποιώντας τα επισημασμένα δεδομένα και κάνει προβλέψεις για τα μη επισημασμένα δεδομένα.
- **Σύνολα δεδομένων ενισχυτικής μάθησης:** Αυτός ο τύπος συνόλου δεδομένων περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον ενός πράκτορα και τις ανταμοιβές που λαμβάνει για την εκτέλεση ορισμένων ενεργειών. Οι αλγόριθμοι ενισχυτικής μάθησης χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς του πράκτορα με βάση τις ανταμοιβές που λαμβάνει.

Τα datasets διακρίνονται σε:

1. Training: Το σύνολο εκπαίδευσης είναι τα δεδομένα που βοηθούν τον αλγόριθμο να μάθει τι να αναζητά και πώς να το αναγνωρίζει όταν το βλέπει σε άλλα σύνολα δεδομένων.
2. Validation: Το σύνολο επικύρωσης είναι μια συλλογή γνωστών-καλών δεδομένων με τα οποία μπορεί να δοκιμαστεί ο αλγόριθμος.
3. Test: Το σύνολο δοκιμών είναι η τελική συλλογή δεδομένων άγνωστου-καλού από την οποία μπορείτε να μετρήσετε την απόδοση και να προσαρμόσετε ανάλογα το μοντέλο.

Σε ένα Machine Learning dataset η ποσότητα είναι ζωτικής σημασίας, καθώς ο αλγόριθμός σας χρειάζεται επαρκή ποσότητα δεδομένων για να εκπαιδευτεί. Για να αποφευχθούν ζητήματα μεροληψίας και τυφλών σημείων στα δεδομένα, η ποιότητα είναι ζωτικής σημασίας. Η έλλειψη επαρκών δεδομένων υψηλής ποιότητας σας θέτει σε κίνδυνο υπερ-προσαρμογής του μοντέλου σας, το οποίο συμβαίνει όταν το εκπαιδεύετε στα υπάρχοντα δεδομένα σε σημείο που να μην μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά όταν χρησιμοποιείται με νέες περιπτώσεις. Είναι συνετό να συμβουλευτείτε έναν επιστήμονα δεδομένων σε αυτές τις περιπτώσεις. Κατά τη συλλογή δεδομένων, η συνάφεια και η κάλυψη αποτελούν σημαντικές εκτιμήσεις. Για να εξαλείψετε ζητήματα μεροληψίας και τυφλών σημείων στα δεδομένα, χρησιμοποιήστε ζωντανά δεδομένα όπου αυτό είναι εφικτό. (Koch, 2022)



Εικόνα 5: Ένα σύνολο δεδομένων μπορεί να χωριστεί σε 3 μέρη: Εκπαίδευση, Επικύρωση και Δοκιμή (Koch, 2022)

Ένα καλό σύνολο δεδομένων μηχανικής μάθησης περιλαμβάνει μεταβλητές και χαρακτηριστικά που είναι καλά οργανωμένα, έχουν ελάχιστο θόρυβο (χωρίς άσχετα δεδομένα) και είναι επεκτάσιμα σε μεγάλο αριθμό σημείων δεδομένων, και μπορεί να είναι εύκολο να δουλέψει κανείς με αυτά.

Υπάρχουν πολλά δημόσια σύνολα δεδομένων μηχανικής μάθησης διαθέσιμα στο διαδίκτυο, όπως το UCI Machine Learning Repository, τα Kaggle Datasets και το OpenML repository. Αυτά τα σύνολα δεδομένων χρησιμοποιούνται συνήθως στην έρευνα μηχανικής μάθησης και μπορούν να είναι χρήσιμα για τη συγκριτική αξιολόγηση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης.

2.2 Πως μπορεί να βοηθήσει το blockchain

Ένα παράδειγμα εφαρμογής του blockchain είναι η εφαρμογή πάνω στην διαχείριση των DataSets. Ένας τέτοιος συνδυασμός θα έχει τις εξής θετικά αποτελέσματα: (ishukatiyar16, 2022) (Castleman, 2020) (Anand, 2022)

1. **Data Security:** Η αλυσίδα μπλοκ προσφέρει ανώτερη ακεραιότητα και ασφάλεια δεδομένων. Η κρυπτογράφηση και άλλα μέτρα ασφαλείας είναι χρήσιμα για την αποτροπή παραβιάσεων δεδομένων, αλλά δεν προσφέρουν πλήρη προστασία. Οι χάκερ είναι σε θέση να αποκτήσουν πρόσβαση στα δίκτυα πολλών μεγάλων εταιρειών, ακόμη και σε αυτά με το υψηλότερο επίπεδο ασφαλείας. Ωστόσο, η τεχνολογία blockchain ωφελεί τις επιχειρήσεις προσφέροντας βελτιωμένη ασφάλεια παραβίασης δεδομένων. Επίσης, εξαλείφει οποιαδήποτε παρεμβολή τρίτων μεταξύ των συναλλαγών και επίσης εξαλείφει τα σφάλματα, γεγονός που καθιστά το σύστημα πιο αποτελεσματικό και ταχύτερο. Ως εκ τούτου, η τιμολόγηση έγινε ευκολότερη, ομαλότερη και ταχύτερη. Η αλυσίδα μπλοκ αποθηκεύει τα δεδομένα με ασφάλεια χρησιμοποιώντας τεχνικές κατακερματισμού, βοηθώντας την επιχείρηση τόσο στην ανταλλαγή δεδομένων όσο και στην ασφάλεια των δεδομένων.
 - a. Κάθε μπλοκ στο Blockchain περιλαμβάνει ένα κατακερματισμό της επικεφαλίδας από το προηγούμενο μπλοκ, καθώς και ένα κατακερματισμό των συναλλαγών στο δέντρο Merkle του τρέχοντος μπλοκ.
 - b. Κάθε μπλοκ συνδέεται με το επόμενο σε μια κρυπτογραφική αλυσίδα με αυτόν τον τρόπο.
 - c. Εάν υπάρξει οποιαδήποτε αλλαγή σε κάποιο μπλοκ, τότε η τιμή κατακερματισμού πρέπει να αλλάξει στο επόμενο μπλοκ και ομοίως οι τιμές κατακερματισμού σε όλα τα συνδεδεμένα μπλοκ πρέπει να αλυσιδωθούν.
 - d. Το σύστημα είναι διαφανές και οι αλλαγές στα αρχεία παρακολουθούνται στενά.
2. **Data Sharing:** Η κοινή χρήση δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία των επιχειρήσεων. Η αποκέντρωση, βασικό χαρακτηριστικό της αλυσίδας μπλοκ, επιτρέπει την απλή και ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ επιχειρήσεων. Σε μια βάση δεδομένων blockchain, οι πληροφορίες μπορούν να φυλάσσονται σε ένα συγκεκριμένο βιβλίο που τις διατηρεί ασφαλείς. Σήμερα, πολλές μικρές επιχειρήσεις χρησιμοποιούν την τεχνολογία blockchain για τη διαχείριση δεδομένων, ώστε να διευκολύνουν τη γρήγορη, ασφαλή και εύκολη ανταλλαγή δεδομένων.
3. **Data Traceability:** Η ιχνηλασιμότητα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στους οργανισμούς καθώς βοηθά στην παρακολούθηση και τη διατήρηση αρχείων. Αυτό σημαίνει πόσο εύκολο είναι να εντοπίσετε αρχεία με βάση το ιστορικό, την τοποθεσία ή την εφαρμογή. Οι βιομηχανίες τροφίμων και φαρμακευτικών προϊόντων χρησιμοποιούν τεχνολογία blockchain για να παρακολουθούν τα τρόφιμα και τα φάρμακά τους από τη συγκομιδή ή την κατασκευή έως την τελική παράδοση στους πελάτες. Σήμερα, πολλοί άλλοι οργανισμοί χρησιμοποιούν τεχνολογία blockchain για να παρακολουθούν την παράδοση των προϊόντων τους και να βοηθούν στη διαχείριση δεδομένων. Δεδομένου ότι ο αριθμός έκδοσης του τελευταίου μπλοκ είναι αποθηκευμένος, είναι εύκολο να επαληθευτεί ότι κάθε συναλλαγή δεν έχει παραβιαστεί. Δεδομένου ότι το blockchain

είναι μια γραμμική δομή, η αλυσίδα των ιστορικών γεγονότων μπορεί εύκολα να παρακολουθηθεί για να δει τι συνέβη.

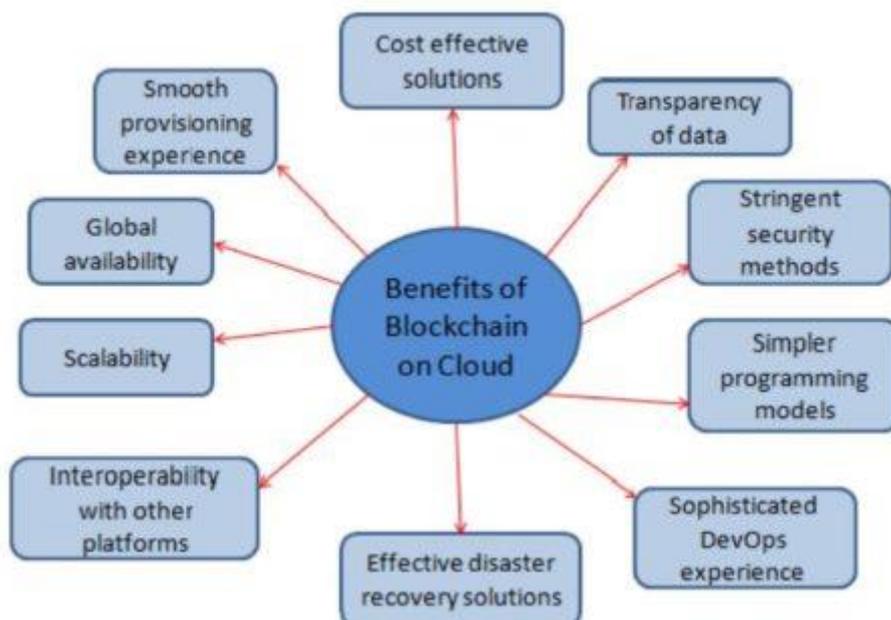
4. **Immutability:** Το Blockchain παρέχει στην εταιρεία αμετάβλητα δεδομένα, κάτι που βοηθά την εταιρεία να προστατεύει τις πληροφορίες. Λόγω της αποκεντρωμένης δομής της τεχνολογίας blockchain, τα δεδομένα δεν μπορούν να παραβιαστούν, επομένως τυχόν αλλαγές θα αντικατοπτρίζονται σε όλους τους κόμβους, επομένως κανείς δεν έχει διαπράξει απάτη εδώ, επομένως μπορεί να υποστηριχθεί ότι οι συναλλαγές είναι απρόσβλητες. Για να καταστραφεί μια συναλλαγή, όλα τα μπλοκ μετά τη συναλλαγή πρέπει να υπολογιστούν εκ νέου και η αλλαγή μετά τον επανυπολογισμό πρέπει να γίνει αποδεκτή από όλους τους άλλους κόμβους. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η αλλαγή, απαιτείται να έχει κανείς περισσότερο από το 51% της υπολογιστικής ισχύος του συστήματος.
5. **Real-Time Data Analysis:** Η εκτέλεση ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και η παρακολούθηση αλλαγών καθώς συμβαίνουν είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα για κάθε οργανισμό με στοιχεία ενεργητικού. Αυτός είναι ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους προστασίας από απάτη και κλοπή σε μια βιομηχανία που βασίζεται σε δεδομένα. Αυτός ο τύπος ανάλυσης δεδομένων δεν ήταν δυνατός μέχρι σχετικά πρόσφατα και μπορεί να βοηθήσει στη μείωση αυτών των τομέων ευπάθειας. Καθώς το Blockchain είναι κατακευματισμένο και διαφανές στη φύση, οι επιχειρήσεις μπορούν να παρατηρούν τυχόν παρατυπίες καθώς συμβαίνουν και μπορούν να τις δουν σε έγγραφα υπολογιστικών φύλλων. Η τεχνολογία Blockchain επιτρέπει επίσης την ταυτόχρονη συνεργασία στα ίδια σύνολα δεδομένων. Εκτός από τη βελτίωση της ασφάλειας, η ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μπορεί να βοηθήσει τους οργανισμούς με διάφορους τρόπους. Αυτό περιλαμβάνει πιο αποτελεσματική χρήση των πόρων και πιο ακριβή αντιστοίχιση προσφοράς και ζήτησης. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αποκτήσετε γνώσεις και να κάνετε πιο σαφείς προβλέψεις, καθώς και να διατηρήσετε υψηλά περιθώρια κέρδους.
6. **Data Consistency:** Το blockchain χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό συναίνεσης για να λύσει το πρόβλημα ανοχής βυζαντινών σφαλμάτων που προκαλείται από τη συμμετοχή πολλών κόμβων. Εάν υπάρξει καθυστέρηση μεταξύ των κόμβων, το δίκτυο επικοινωνίας θα διακοπεί και οι κακόβουλοι κόμβοι μπορούν να πλαστογραφήσουν πληροφορίες, επηρεάζοντας σοβαρά τη συνέπεια των δεδομένων στο δίκτυο. Ο μηχανισμός συναίνεσης διασφαλίζει ότι όλοι οι κόμβοι συμμετέχουν στη διαδικασία δημιουργίας και επαλήθευσης των μπλοκ δεδομένων. Τα μπλοκ που δημιουργούνται πρόσφατα πρέπει να επαληθεύονται από την πλειονότητα των κόμβων του δικτύου πριν καταγραφούν στο καθολικό.
7. **Automatic Verification:** Ο έλεγχος ταυτότητας είναι πολύ σημαντικός για τις εταιρείες και βοηθά στην προστασία των δεδομένων. Η τεχνολογία Blockchain επαναπροσδιορίζει και εφαρμόζει έξυπνα συμβόλαια. Προκειμένου να αποφευχθεί η επίθεση ολόκληρου του συστήματος blockchain από τρωτά σημεία και κακόβουλους κωδικούς, τα έξυπνα συμβόλαια εκτελούνται σε ένα απομονωμένο περιβάλλον sandbox αντί να εκτελούνται απευθείας στους κόμβους blockchain. Η εταιρεία χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain για επαλήθευση, επειδή η τεχνολογία blockchain αποθηκεύει πληροφορίες με αποκεντρωμένο τρόπο, επιτρέποντας σε οποιονδήποτε να επαληθεύσει την ακρίβεια των πληροφοριών χρησιμοποιώντας αποδείξεις μηδενικής γνώσης, με τις

οποίες το ένα μέρος αποδεικνύει στο άλλο ότι τα δεδομένα είναι ακριβή, χωρίς να αποκαλύπτει καμία πληροφορία σχετικά με τα δεδομένα.

8. **Maintanbility:** Ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό του blockchain είναι η αποκέντρωση, όπου χρησιμοποιείται ένα δίκτυο peer-to-peer χρηστών για τη συντήρηση του συστήματος. Όλοι οι κόμβοι που συμμετέχουν στο blockchain διαχειρίζονται και διατηρούν από κοινού πόρους δεδομένων στην αλυσίδα και μπορούν εύκολα να ανακτήσουν δεδομένα και να συμμετάσχουν στην πιστοποίηση δεδομένων. Δεν υπάρχουν περιορισμοί για τη σύνδεση και την αποχώρηση κόμβων σε δημόσιες αλυσίδες όπως το Bitcoin και το Ethereum.

Το blockchain και το cloud computing είναι δύο διαφορετικές τεχνολογίες που μερικές φορές συγκρίνονται λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν. Ακολουθούν ορισμένες βασικές διαφορές μεταξύ των δύο: (Altamira, 2021) (TechTarget, 2021)

1. **Φύση της αποθήκευσης δεδομένων:** Σε μια αλυσίδα μπλοκ, τα δεδομένα αποθηκεύονται σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο κόμβων, ενώ στο υπολογιστικό νέφος τα δεδομένα αποθηκεύονται σε κεντρικούς διακομιστές που ανήκουν και λειτουργούν από έναν πάροχο υπηρεσιών νέφους.
2. **Ασφάλεια δεδομένων:** Η αλυσίδα μπλοκ παρέχει ενισχυμένη ασφάλεια για την αποθήκευση και τις συναλλαγές δεδομένων μέσω κρυπτογραφικών αλγορίθμων και καταναμημένων μηχανισμών συναίνεσης, ενώ το υπολογιστικό νέφος βασίζεται σε παραδοσιακά μέτρα ασφαλείας, όπως τείχη προστασίας, κρυπτογράφηση και έλεγχοι πρόσβασης.
3. **Επεκτασιμότητα:** Το cloud computing είναι πιο επεκτάσιμο από το blockchain, καθώς μπορεί να διαχειριστεί μεγάλο όγκο δεδομένων και επεξεργαστικής ισχύος. Σε μια αλυσίδα μπλοκ, η επεκτασιμότητα περιορίζεται από την ικανότητα του δικτύου να επιτυγχάνει συναίνεση για νέες συναλλαγές και μπλοκ.
4. **Διαλειτουργικότητα:** Οι υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους είναι διαλειτουργικές, επιτρέποντας την εύκολη ενσωμάτωση με άλλα συστήματα και υπηρεσίες, ενώ οι αλυσίδες μπλοκ έχουν περιορισμένη διαλειτουργικότητα λόγω των διαφορών στην υποκείμενη τεχνολογία και τα πρότυπα.
5. **Έλεγχος:** Στο υπολογιστικό νέφος, ο πάροχος υπηρεσιών νέφους έχει τον πλήρη έλεγχο των δεδομένων, ενώ σε μια αλυσίδα μπλοκ, ο έλεγχος κατανέμεται μεταξύ όλων των συμμετεχόντων στο δίκτυο.



Εικόνα 6: Οφέλη του blockchain στο cloud (Altamira, 2021)

Η αποθήκευση δεδομένων στρέφεται προς την τεχνολογία blockchain λόγω των πλεονεκτημάτων της, όπως η αυξημένη ασφάλεια, η διαφάνεια και η αποκέντρωση. Η τεχνολογία blockchain παρέχει ασφαλή και απαραβίαστη αποθήκευση δεδομένων με τη χρήση κρυπτογραφικών αλγορίθμων και τεχνολογίας κατακεντρωμένων βιβλίων. Αυτό καθιστά δύσκολη τη μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση και χειραγώγηση των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στην αλυσίδα μπλοκ. Επιπλέον, η αποκεντρωμένη φύση της αλυσίδας μπλοκ εξασφαλίζει ότι δεν υπάρχει κεντρική αρχή που μπορεί να ελέγξει τα δεδομένα, παρέχοντας στους χρήστες μεγαλύτερη ιδιωτικότητα και έλεγχο των δεδομένων τους. Επιπλέον, η τεχνολογία blockchain παρέχει υψηλό επίπεδο διαφάνειας, καθώς όλες οι συναλλαγές στην αλυσίδα μπλοκ είναι δημόσια προσβάσιμες, επιτρέποντας την εύκολη επαλήθευση των δεδομένων. Συνολικά, ο συνδυασμός ασφάλειας, διαφάνειας και αποκέντρωσης καθιστά την τεχνολογία blockchain μια συναρπαστική λύση για την αποθήκευση δεδομένων. (Mike, 2022)

2.3 Υπάρχουσες Εφαρμογές

Η Walmart χρησιμοποιεί την τεχνολογία blockchain για να ενισχύσει την ασφάλεια και την ιχνηλασιμότητα των τροφίμων, παρακολουθώντας τα τρόφιμα από το αγρόκτημα μέχρι τα ράφια των καταστημάτων. Η εταιρεία έχει εφαρμόσει ένα σύστημα βασισμένο στην αλυσίδα μπλοκ για τον εντοπισμό τροφίμων, όπως τα φυλλώδη λαχανικά, σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού της. Αυτό βοηθά τη Walmart να εντοπίζει γρήγορα και με ακρίβεια την πηγή μόλυνσης σε περίπτωση εκδήλωσης επιδημίας τροφιμογενούς ασθένειας και διασφαλίζει ότι τα μολυσμένα τρόφιμα απομακρύνονται γρήγορα από τα ράφια των καταστημάτων. Η χρήση της τεχνολογίας blockchain από την εταιρεία έχει επαινεθεί ως πρότυπο για άλλες εταιρείες που πρέπει να ακολουθήσουν στην επιδίωξη της καλύτερης ασφάλειας των τροφίμων. (MUKHERJEE, 2022)

Η IBM Food Trust χρησιμοποιεί την τεχνολογία blockchain για τη βελτίωση της διαφάνειας και της αποτελεσματικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων. Η πλατφόρμα επιτρέπει την ασφαλή και απαραβίαστη παρακολούθηση των τροφίμων από το αγρόκτημα έως τα ράφια των καταστημάτων, παρέχοντας στους ενδιαφερόμενους πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με την προέλευση, την ποιότητα και τη διακίνηση των τροφίμων. Αυτό συμβάλλει στην αύξηση της εμπιστοσύνης στο σύστημα τροφίμων και στη μείωση του χρόνου που απαιτείται για τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση περιστατικών ασφάλειας τροφίμων. Η πλατφόρμα χρησιμοποιείται από μια σειρά φορέων της βιομηχανίας τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων των καλλιεργητών, των μεταποιητών, των διανομέων και των λιανοπωλητών. Το IBM Food Trust χρησιμοποιεί το πλαίσιο blockchain Hyperledger Fabric και είναι διαθέσιμο ως λύση που βασίζεται στο cloud. (IBM, 2021) (Wolfson, 2018)

Η Pfizer, η παγκόσμια φαρμακευτική εταιρεία, διερευνά τη χρήση της τεχνολογίας blockchain σε διάφορους τομείς των δραστηριοτήτων της. Μια τέτοια εφαρμογή είναι στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπου η εταιρεία χρησιμοποιεί blockchain για να βελτιώσει τη διαφάνεια και την ιχνηλασιμότητα στη διανομή των φαρμάκων. Αυτό συμβάλλει στη διασφάλιση ότι τα φάρμακα δεν είναι πλαστά και ότι έχουν αποθηκευτεί και μεταφερθεί υπό κατάλληλες συνθήκες. Η Pfizer έχει επίσης συνεργαστεί με άλλες φαρμακευτικές εταιρείες για τη δημιουργία του MediLedger Project, το οποίο είναι ένα σύστημα βασισμένο σε blockchain για την παρακολούθηση των συνταγογραφούμενων φαρμάκων από τον κατασκευαστή έως το φαρμακείο. Επιπλέον, η Pfizer διερευνά τη χρήση του blockchain για τη διαχείριση κλινικών δοκιμών. Η εταιρεία εργάζεται πάνω σε μια πλατφόρμα που θα επιτρέπει στους ασθενείς και τους ερευνητές να αποθηκεύουν και να μοιράζονται με ασφάλεια τα δεδομένα κλινικών δοκιμών, αυξάνοντας τη διαφάνεια και την ακρίβεια στη διαδικασία των δοκιμών. Συνολικά, η Pfizer χρησιμοποιεί το blockchain για να βελτιώσει τη διαφάνεια και την αποτελεσματικότητα διάφορων διαδικασιών στη φαρμακευτική βιομηχανία, όπως η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού και η διαχείριση κλινικών δοκιμών. (Barley, 2019)

Η Εσθονική κυβέρνηση είναι γνωστή ως πρωτοπόρος στη χρήση της τεχνολογίας blockchain στον δημόσιο τομέα. Η Εσθονία έχει εφαρμόσει την τεχνολογία blockchain σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της ασφαλούς ψηφιακής ταυτότητας, της ασφαλούς ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ κυβερνητικών υπηρεσιών και της ασφαλούς ψηφοφορίας. Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα της χρήσης της αλυσίδας μπλοκ από την Εσθονία είναι η εφαρμογή του συστήματος ψηφιακής ταυτότητας, γνωστού ως e-Residency. Το e-Residency επιτρέπει σε άτομα από όλο τον κόσμο να έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες της εσθονικής κυβέρνησης μέσω διαδικτύου, συμπεριλαμβανομένης της καταχώρισης εταιρειών, των φορολογικών υπηρεσιών και άλλων διαδικτυακών επιχειρηματικών υπηρεσιών. Το σύστημα χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό έξυπνων συμβάσεων και τεχνολογίας blockchain για να παρέχει ασφαλή και διαφανή πρόσβαση σε κυβερνητικές υπηρεσίες. Ένας άλλος τομέας στον οποίο η Εσθονία έχει εφαρμόσει την τεχνολογία blockchain είναι η ασφαλής ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των κυβερνητικών υπηρεσιών. Η κυβέρνηση έχει δημιουργήσει μια ασφαλή πλατφόρμα ανταλλαγής δεδομένων που επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των οργανισμών με ασφαλή και διαφανή τρόπο. Αυτό έχει βελτιώσει την αποτελεσματικότητα και την ακρίβεια των

κυβερνητικών υπηρεσιών και έχει μειώσει την ανάγκη για χειροκίνητες διαδικασίες ανταλλαγής δεδομένων. Η Εσθονία έχει επίσης χρησιμοποιήσει την τεχνολογία blockchain στο ασφαλές σύστημα ψηφοφορίας, επιτρέποντας στους πολίτες να ψηφίζουν με ασφάλεια και διαφάνεια. Το σύστημα ψηφοφορίας που βασίζεται στην αλυσίδα μπλοκ παρέχει ένα ασφαλές και ελέγξιμο αρχείο των εκλογικών αποτελεσμάτων, μειώνοντας τον κίνδυνο παραποίησης ή απάτης. (e-estonia, 2020)

Η Δημοκρατία της Γεωργίας διερευνά ενεργά τις δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain για τη βελτίωση διαφόρων τομέων της διακυβέρνησής της, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, των εξής: (Cheng, et al., 2017) (Capital, 2021)

- **Κτηματολόγιο:** Η κυβέρνηση της Γεωργίας στοχεύει να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία blockchain για να βελτιώσει τη διαφάνεια και την αποτελεσματικότητα του συστήματος κτηματολογίου. Αυτό συμβάλλει στην πρόληψη της απάτης, στην εξασφάλιση ασφαλών συναλλαγών και στην παροχή ενός απαραβίαστου αρχείου όλων των συναλλαγών ιδιοκτησίας και μεταβίβασης γης.
- **Ηλεκτρονική ψηφοφορία:** Η γεωργιανή κυβέρνηση δοκιμάζει τη χρήση blockchain για ασφαλή και διαφανή ηλεκτρονική ψηφοφορία. Η τεχνολογία παρέχει ένα ασφαλές και απαραβίαστο αρχείο των ψήφων που δόθηκαν και βοηθά στην αποτροπή της χειραγώγησης των εκλογικών αποτελεσμάτων.
- **Είσπραξη φόρων:** Η γεωργιανή κυβέρνηση διερευνά τη χρήση blockchain για την απλούστευση και τον εξορθολογισμό της διαδικασίας είσπραξης φόρων. Αυτό συμβάλλει στην αύξηση της ακρίβειας και της διαφάνειας του φορολογικού συστήματος, ενώ παράλληλα μειώνει την επιβάρυνση των πολιτών και των επιχειρήσεων.
- **Υγειονομική περίθαλψη:** Η κυβέρνηση εξετάζει επίσης τη χρήση blockchain για την ασφαλή αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό συμβάλλει στη διασφάλιση ότι τα δεδομένα των ασθενών παραμένουν ιδιωτικά και ασφαλή και ότι οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να έχουν εύκολη και αποτελεσματική πρόσβαση σε αυτά.
- **Ηλεκτρονική διακυβέρνηση:** Η κυβέρνηση της Γεωργίας στοχεύει να χρησιμοποιήσει την αλυσίδα μπλοκ για να βελτιώσει τη συνολική αποτελεσματικότητα και διαφάνεια του συστήματος ηλεκτρονικής διακυβέρνησης της χώρας. Αυτό συμβάλλει στην αύξηση της ταχύτητας και της αξιοπιστίας των κυβερνητικών υπηρεσιών και στην ευκολότερη πρόσβαση των πολιτών σε κυβερνητικές πληροφορίες και πόρους.
- Αυτά είναι μερικά μόνο παραδείγματα του τρόπου με τον οποίο η Δημοκρατία της Γεωργίας χρησιμοποιεί το blockchain για να βελτιώσει τη διακυβέρνησή της και να προσφέρει οφέλη στους πολίτες της.

Η Decentral Games είναι μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα που αξιοποιεί την τεχνολογία blockchain για να δημιουργήσει ένα περιβάλλον παιχνιδιών όπου οι παίκτες μπορούν να απολαμβάνουν παιχνίδια με διαφάνεια, δικαιοσύνη και ιδιοκτησία επί των περιουσιακών στοιχείων τους στο παιχνίδι. Η πλατφόρμα λειτουργεί στην αλυσίδα μπλοκ Ethereum, χρησιμοποιώντας έξυπνα συμβόλαια για να επιτρέψει αποκεντρωμένες εμπειρίες παιχνιδιών. Στα Decentral Games, οι παίκτες μπορούν να αγοράζουν και να κατέχουν περιουσιακά στοιχεία

εντός του παιχνιδιού, όπως αντικείμενα NFT (Non-Fungible Tokens), τα οποία καταγράφονται στην αλυσίδα μπλοκ, εξασφαλίζοντας τη μοναδικότητα και τη σπανιότητα κάθε αντικειμένου. Επιπλέον, η χρήση έξυπνων συμβάσεων διασφαλίζει ότι η εμπειρία παιχνιδιού είναι διαφανής, δίκαιη και ασφαλής. Όλες οι συναλλαγές στην πλατφόρμα καταγράφονται αμετάβλητα στην αλυσίδα μπλοκ, παρέχοντας ένα δημόσιο και επαληθεύσιμο αρχείο όλων των συναλλαγών εντός του παιχνιδιού. Η πλατφόρμα προσφέρει μια ποικιλία παιχνιδιών, όπως παιχνίδια με ζάρια, εικονικούς κουλοχέρηδες και συλλεκτικά παιχνίδια. Οι παίκτες μπορούν επίσης να κερδίσουν ανταμοιβές, όπως κουπόνια DG, συμμετέχοντας σε παιχνίδια ή ποντάροντας τα NFTs τους. Η Decentral Games στοχεύει να φέρει επανάσταση στον κλάδο των τυχερών παιχνιδιών δημιουργώντας ένα αποκεντρωμένο περιβάλλον τυχερών παιχνιδιών, όπου οι παίκτες έχουν τον έλεγχο των περιουσιακών τους στοιχείων και η εμπειρία των παιχνιδιών είναι διαφανής και δίκαιη. (Games, 2022) (Wikipedia, 2023)

Η Decentraland είναι μια πλατφόρμα εικονικής πραγματικότητας που τροφοδοτείται από την αλυσίδα μπλοκ Ethereum. Χρησιμοποιεί την τεχνολογία blockchain για τη δημιουργία ενός αποκεντρωμένου και αμετάβλητου βιβλίου ιδιοκτησίας και συναλλαγών για εικονικά περιουσιακά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων ψηφιακών ακινήτων, αντικειμένων και νομισμάτων εντός παιχνιδιού. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να κατέχουν και να ελέγχουν τα εικονικά περιουσιακά τους στοιχεία και να συμμετέχουν στην οικονομία της πλατφόρμας, ενώ παράλληλα διασφαλίζει τη διαφάνεια και την ασφάλεια των συναλλαγών. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης της αλυσίδας μπλοκ για την Decentraland είναι ότι παρέχει ένα απαραβίαστο, μόνιμο αρχείο όλων των συναλλαγών και αλληλεπιδράσεων στον εικονικό κόσμο. Αυτό βοηθά στη διασφάλιση της ασφάλειας και της ακεραιότητας του περιεχομένου και των περιουσιακών στοιχείων που δημιουργούν οι χρήστες, ενώ παράλληλα παρέχει έναν τρόπο για την επιβολή συμφωνιών έξυπνων συμβάσεων και τη διαχείριση της προσφοράς και της ζήτησης εικονικής γης. Οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν, να βιώσουν και να αξιοποιήσουν περιεχόμενο και εφαρμογές στην πλατφόρμα και είναι ελεύθεροι να αγοράζουν, να πωλούν και να εμπορεύονται εικονικά περιουσιακά στοιχεία χωρίς την ανάγκη κεντρικών αρχών. Η Decentraland διαθέτει το δικό της νόμισμα εντός του παιχνιδιού, το οποίο ονομάζεται MANA, το οποίο χρησιμοποιείται για συναλλαγές εντός της πλατφόρμας και μπορεί επίσης να αποτελέσει αντικείμενο διαπραγμάτευσης σε ανταλλακτήρια κρυπτονομισμάτων. Συνολικά, η Decentraland αξιοποιεί τα οφέλη της τεχνολογίας blockchain για να παρέχει μια ασφαλή, αποκεντρωμένη και καθοδηγούμενη από τον χρήστη πλατφόρμα εικονικής πραγματικότητας. Με τη χρήση της αλυσίδας μπλοκ, η Decentraland είναι σε θέση να προσφέρει μια διαφανή και επαληθεύσιμη πλατφόρμα για τους χρήστες να δημιουργούν, να βιώνουν και να αξιοποιούν το δικό τους ψηφιακό περιεχόμενο και εφαρμογές. (Decentraland, 2019) (Ethereum, 2023)

Το BitOfProperty είναι μια πλατφόρμα ακινήτων που χρησιμοποιεί την τεχνολογία blockchain για να παρέχει έναν πιο ασφαλή, διαφανή και αποτελεσματικό τρόπο αγοράς και πώλησης ακινήτων. Η πλατφόρμα επιτρέπει στους χρήστες να επενδύουν σε κλασματική ιδιοκτησία ακινήτων, καθιστώντας τις επενδύσεις σε ακίνητα προσιτές σε ένα ευρύτερο φάσμα ανθρώπων.

Αξιοποιώντας την τεχνολογία blockchain, η BitOfProperty στοχεύει να εξαλείψει την ανάγκη για μεσάζοντες όπως οι τράπεζες και οι μεσίτες ακινήτων. Αυτό οδηγεί σε χαμηλότερο κόστος συναλλαγών και ταχύτερους χρόνους συναλλαγής, καθώς και σε βελτιωμένη ασφάλεια μέσω της χρήσης έξυπνων συμβάσεων. Το BitOfProperty προσφέρει μια σειρά από οφέλη στους χρήστες του, μεταξύ των οποίων:

- **Αυξημένη διαφάνεια:** Η χρήση της τεχνολογίας blockchain διασφαλίζει ότι όλες οι συναλλαγές και τα στοιχεία ιδιοκτησίας αποθηκεύονται σε ένα ασφαλές, αποκεντρωμένο βιβλίο, παρέχοντας αυξημένη διαφάνεια για τους χρήστες.
- **Χαμηλότερο κόστος συναλλαγών:** Εξαλείφοντας τους μεσάζοντες, το BitOfProperty είναι σε θέση να μειώσει το κόστος που συνδέεται με την αγορά και την πώληση ακινήτων, καθιστώντας τις επενδύσεις σε ακίνητα πιο προσιτές σε ένα ευρύτερο φάσμα ανθρώπων.
- **Βελτιωμένη ασφάλεια:** Οι συναλλαγές στην πλατφόρμα BitOfProperty διασφαλίζονται μέσω της χρήσης έξυπνων συμβάσεων, παρέχοντας πρόσθετη προστασία από απάτες και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.
- **Κλασματική ιδιοκτησία:** Το BitOfProperty επιτρέπει στους χρήστες να επενδύουν σε κλασματική ιδιοκτησία ακινήτων, καθιστώντας τις επενδύσεις σε ακίνητα προσιτές σε ευρύτερο φάσμα ανθρώπων.

Συνολικά, το BitOfProperty στοχεύει να φέρει επανάσταση στον κλάδο των ακινήτων μέσω της χρήσης της τεχνολογίας blockchain, παρέχοντας στους χρήστες έναν πιο ασφαλή, διαφανή και αποτελεσματικό τρόπο αγοράς και πώλησης ακινήτων. (Picco, 2019)

3 Κεφάλαιο 3: Υλοποίηση

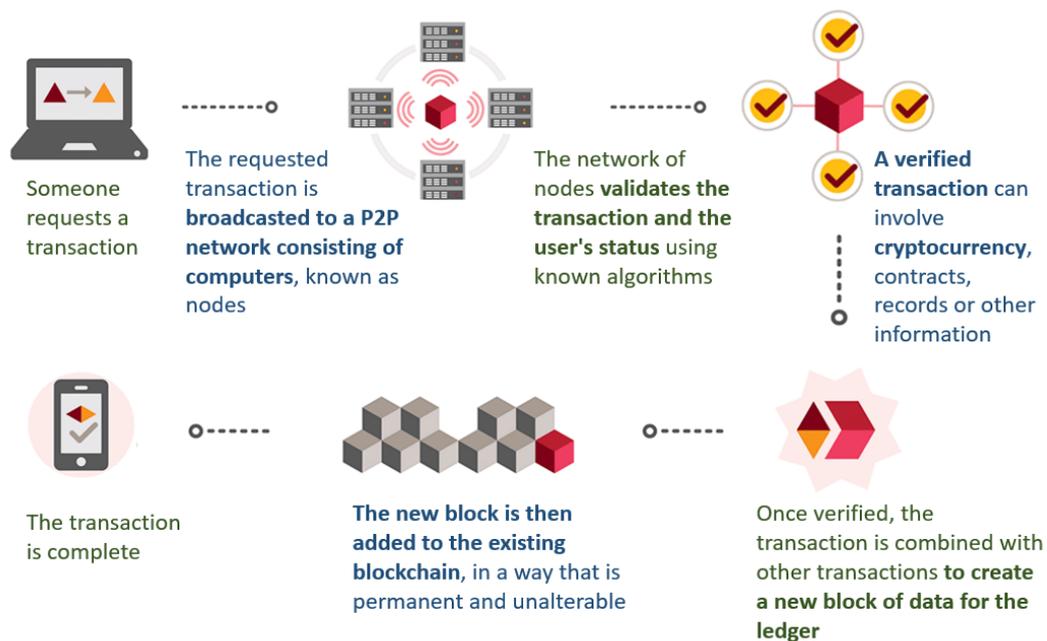
Η εφαρμογή αναπτύχθηκε σαν ιδέα μίας επέκτασης του Kaggle ως κατοχύρωση των αποτελεσμάτων από αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης έπειτα από την εκπαίδευση του μοντέλου καθώς και τα χαρακτηριστικά του συνόλου δεδομένων που έχει αναπτύξει ο χρήστης της ιστοσελίδας. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκε μία αποκεντρωμένη εφαρμογή που συλλέγει ορισμένα χαρακτηριστικά των συνόλων δεδομένων σε μία έξυπνη σύμβαση χρησιμοποιώντας το δίκτυο του Ethereum. (Kaggle, 2023)

Τα χαρακτηριστικά που αποθηκεύονται στην σύμβαση έχουν επιλεγεί για να εξυπηρετούν την κατοχύρωση, με τα εξής στοιχεία:

1. Όνομα του project
2. Τύπος δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν
3. Τύπος των αρχείων
4. Μέγεθος αρχείων υπολογισμένα σε megabytes
5. Αποτέλεσμα βαθμολογίας ακρίβειας
6. Μοντέλα αλγορίθμων
7. Βιβλιοθήκες

Τα στοιχεία αυτά “ανεβαίνουν” και αποθηκεύονται στο δίκτυο του Ethereum μέσω της σύμβασης που υλοποιήσαμε και εμφανίζονται στον χρήστη.

Αναλυτικότερα, η διαδικασία κατοχύρωσης ξεκινάει φτάνοντας στην σελίδα που έχουμε φτιάξει και επιλέγοντας το κουμπί για να κάνουμε σύνδεση του λογαριασμού μας. Δεν υπάρχει λειτουργία δημιουργίας χρήστη καθώς οι ενέργειες γίνονται πάνω στο δίκτυο συνδέοντας το πορτοφόλι του χρήστη με το δίκτυο του Ethereum. Αφού ο χρήστης συνδέσει το πορτοφόλι της Metamask εμφανίζεται η φόρμα για την καταχώρηση των δεδομένων. Συμπληρώνει την φόρμα με τα στοιχεία που αναφέραμε παραπάνω και επιλέγει να φορτώσει τα δεδομένα στην έξυπνη σύμβαση. Για αυτή την συναλλαγή απαιτείται να καταβληθούν τα τέλη που χρειάζονται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας και ζητείται η έγκριση από τον χρήστη. Η χρέωση γίνεται στο πορτοφόλι του χρήστη και έχει την επιλογή είτε να ακυρώσει την συναλλαγή και να μην ανεβάσει τα δεδομένα είτε να εγκρίνει την συναλλαγή λαμβάνοντας την χρέωση. Έπειτα από έγκριση, ξεκινάει η διαδικασία της αποστολής των δεδομένων στο δίκτυο και το Metamask εμφανίζει μήνυμα επιτυχίας της συναλλαγής (εικόνα 7). Τότε γίνεται μία κλήση χωρίς χρέωση στην σύμβαση ώστε να εμφανίσει τα αποθηκευμένα δεδομένα του χρήστη. Με την εμφάνιση των δεδομένων ο χρήστης έχει καταχωρήσει τα δεδομένα του επιτυχώς και βλέπει τις συναλλαγές του σε μορφή πίνακα στο τέλος της σελίδας.



Εικόνα 7: Ενέργειες που γίνονται στο Blockchain για την κατοχύρωση ενός dataset (Altamira, 2021)

Να σημειώσουμε εδώ ότι η εφαρμογή είναι προσβάσιμη από όλες τις συσκευές χρησιμοποιώντας την τεχνολογία ανταποκρινόμενης διεπαφής χρήστη που προσφέρει το Chakra UI ώστε το περιεχόμενο να προσαρμόζεται σε διαφορετικά μεγέθη οθόνης. Ο στόχος ενός responsive UI είναι να παρέχει μια βέλτιστη εμπειρία προβολής για τον χρήστη, ανεξάρτητα από τη συσκευή που χρησιμοποιεί. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός συνδυασμού ευέλικτων διατάξεων βασισμένων σε πλέγμα, κλιμακούμενων εικόνων και γραμματοσειρών και της χρήσης ανίχνευσης μέσω CSS για τη στόχευση σε διαφορετικά μεγέθη οθόνης.

3.1 Ανάλυση σχεδιαστικών επιλογών

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήσαμε διάφορα εργαλεία που εκπληρώνουν τον σκοπό ώστε να έχουμε ένα συνολικό προϊόν. Όσο αναφορά τα εργαλεία, εξετάστηκαν διάφορες επιλογές όπως το Replit, το Remix και το Alchemy.

Το Replit είναι ένα διαδικτυακό περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού και μια πλατφόρμα για τη δημιουργία, τη φιλοξενία και την κοινή χρήση κώδικα και εφαρμογών. Παρέχει ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον για τον προγραμματισμό, τις δοκιμές και τη και την αποσφαλμάτωση. Οι προγραμματιστές μπορούν να γράφουν κώδικα απευθείας στο πρόγραμμα περιήγησης, χωρίς να χρειάζεται να εγκαταστήσουν οποιοδήποτε λογισμικό ή να ρυθμίσουν οποιαδήποτε εργαλεία ανάπτυξης τοπικά. Αυτό διευκολύνει τους προγραμματιστές να ξεκινήσουν με τον προγραμματισμό, ανεξάρτητα από το επίπεδο εμπειρίας τους ή το υλικό που χρησιμοποιούν. Παρέχει εργαλεία για ομαδικό προγραμματισμό και συνεργασία, καθώς και μια

πλατφόρμα κοινής χρήσης και φιλοξενίας κώδικα για τη δημοσίευση και κοινή χρήση κώδικα και εφαρμογών με άλλους. (Replit, 2023)

Παρόμοιο είναι το εργαλείο Remix το οποίο εστιάζει περισσότερο στην ανάπτυξη έξυπνων συμβάσεων σε Ethereum BlockChain. Είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) σε διαδικτυακό περιβάλλον. Παρέχει στους προγραμματιστές μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα και διατίθεται δωρεάν, γεγονός που την καθιστά δημοφιλή επιλογή μεταξύ των προγραμματιστών του Ethereum. Παρέχει έναν ενσωματωμένο επεξεργαστή κώδικα, έναν διαδραστικό αποσφαλματωτή και έναν μεταγλωττιστή Solidity, μεταξύ άλλων εργαλείων. Η πλατφόρμα παρέχει μια διεπαφή και μια σειρά από πόρους και σεμινάρια που βοηθούν τους προγραμματιστές να αναπτύξουν ταχύτητα γρήγορα και εύκολα. (Remix, 2022)

Το εργαλείο Alchemy είναι μια υποδομή blockchain και μια πλατφόρμα για προγραμματιστές που παρέχει μια σειρά εργαλείων και υπηρεσιών για τη δημιουργία και την ανάπτυξη αποκεντρωμένων εφαρμογών (dApps) στο δίκτυο Ethereum. Στόχος της είναι να διευκολύνει τους προγραμματιστές να δημιουργούν, να δοκιμάζουν και να αναπτύσσουν τις dApps τους, παρέχοντας μια σειρά από ισχυρά εργαλεία και υπηρεσίες που έχουν σχεδιαστεί για να βελτιώνουν τη διαδικασία ανάπτυξης και να μειώνουν τον χρόνο και την προσπάθεια που απαιτείται για τη δημιουργία dApps. Ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του Alchemy περιλαμβάνουν μια επεκτάσιμη υποδομή backend, ένα γρήγορο και ασφαλές API και μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα. Περιλαμβάνει έναν επεξεργαστή κώδικα, έναν αποσφαλματωτή, έναν εξερευνητή blockchain και μια σειρά από ενσωματώσεις με άλλα δημοφιλή εργαλεία και υπηρεσίες ανάπτυξης. Η πλατφόρμα παρέχει επίσης μια σειρά χαρακτηριστικών ασφαλείας, όπως η διαχείριση ιδιωτικών κλειδιών, που συμβάλλουν στην προστασία των δεδομένων και των κεφαλαίων των προγραμματιστών. (Alchemy, 2022) (Alchemy, 2023)

Τελικά εφαρμόστηκε η ανάπτυξη της εφαρμογής σε τοπικό επίπεδο, δηλαδή την εγκατάσταση όλων των απαραίτητων εργαλείων και βιβλιοθηκών στο Visual Studio Code σε Windows περιβάλλον, τα οποία θα δούμε στην επόμενη ενότητα.

3.2 Εργαλεία και βιβλιοθήκες

Το React.js είναι μια βιβλιοθήκη JavaScript για την κατασκευή διεπαφών χρήστη που αναπτύχθηκε από το Facebook. Λειτουργεί με τη δημιουργία επαναχρησιμοποιήσιμων στοιχείων UI που είναι υπεύθυνα για την απόδοση συγκεκριμένων τμημάτων της διεπαφής. Αυτά τα στοιχεία μπορούν να συντίθενται μεταξύ τους για τη δημιουργία σύνθετων διεπαφών χρήστη, με τα στοιχεία να ενημερώνονται αυτόματα κάθε φορά που αλλάζουν τα δεδομένα τους. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του React.js είναι ότι επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν διεπαφές χρήστη με πιο αρθρωτό και συντηρήσιμο τρόπο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα συστατικά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε διάφορα μέρη της εφαρμογής, μειώνοντας την ποσότητα του διπλού κώδικα και διευκολύνοντας την ενημέρωση της διεπαφής. Το React.js επιτρέπει επίσης στους προγραμματιστές να δημιουργούν διεπαφές χρήστη που ανταποκρίνονται γρήγορα, ακόμη και σε μεγάλες και πολύπλοκες εφαρμογές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το React.js χρησιμοποιεί ένα εικονικό DOM (Document Object Model) για την ενημέρωση της διεπαφής χρήστη, το οποίο είναι πιο αποτελεσματικό από την άμεση ενημέρωση του πραγματικού DOM. Επιπλέον, το React.js διαθέτει μια μεγάλη και ενεργή κοινότητα προγραμματιστών, πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχουν πολλοί διαθέσιμοι πόροι για την

εκμάθηση και τη χρήση του React.js, συμπεριλαμβανομένων σεμιναρίων, φόρουμ και βιβλιοθηκών. Εν κατακλείδι, το React.js είναι μια δημοφιλής και ευρέως χρησιμοποιούμενη βιβλιοθήκη JavaScript για την κατασκευή διεπαφών χρήστη και προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα για τους προγραμματιστές. (React, 2023) (Documents, 2023)

Μία άλλη χρήσιμη βιβλιοθήκη JavaScript για την ανάπτυξη εφαρμογών είναι η Web3.js που παρέχει ένα API για την αλληλεπίδραση με αποκεντρωμένες εφαρμογές που είναι χτισμένες στην αλυσίδα μπλοκ Ethereum. Είναι μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες βιβλιοθήκες για την ανάπτυξη dApp και παρέχει έναν απλό και βολικό τρόπο αλληλεπίδρασης των προγραμματιστών με το blockchain. Το Web3.js λειτουργεί επικοινωνώντας με έναν κόμβο του Ethereum (όπως το Geth ή το Parity) χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο JSON-RPC, το οποίο είναι ένα πρωτόκολλο κλήσης απομακρυσμένης διαδικασίας (RPC) κωδικοποιημένο σε JSON. Αυτό επιτρέπει στους προγραμματιστές να στέλνουν αιτήματα, όπως για παράδειγμα να ζητούν το υπόλοιπο ενός λογαριασμού, και να λαμβάνουν απαντήσεις με τις σχετικές πληροφορίες. Παρέχει μια σειρά από χρήσιμες λειτουργίες όπως μεθόδους για την ανάγνωση και εγγραφή δεδομένων σε έξυπνα συμβόλαια, την αποστολή συναλλαγών και την αναζήτηση της κατάστασης του δικτύου. Ένα από τα πλεονεκτήματα της χρήσης του Web3.js είναι ότι αφαιρεί πολλές από τις λεπτομέρειες χαμηλού επιπέδου της αλληλεπίδρασης με την αλυσίδα μπλοκ, διευκολύνοντας τους προγραμματιστές να δημιουργήσουν dApps. Επιπλέον, παρέχει ένα ενοποιημένο API για την αλληλεπίδραση με το Ethereum. Συμπερασματικά, η Web3.js είναι μια σημαντική και ισχυρή βιβλιοθήκη για την ανάπτυξη dApp που παρέχει έναν απλό και βολικό τρόπο αλληλεπίδρασης με το blockchain. (Web3.js, 2016) (Datastax, 2023)

Το Hardhat είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης για εφαρμογές blockchain που βασίζονται στο Ethereum. Παρέχει μια σειρά εργαλείων και υπηρεσιών που βοηθούν τους προγραμματιστές να κατασκευάσουν, να δοκιμάσουν και να αναπτύξουν τις εφαρμογές τους στο δίκτυο Ethereum. Το Hardhat προσφέρει χαρακτηριστικά όπως:

- Το Hardhat Runtime Environment: ένα τοπικό δίκτυο Ethereum για σκοπούς δοκιμής και ανάπτυξης.
- Ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (SDK) για τη συγγραφή, τη δοκιμή και την αποσφαλμάτωση έξυπνων συμβάσεων.
- Εργαλεία για την ανάπτυξη και την αλληλεπίδραση με τις έξυπνες συμβάσεις, όπως ένας ενσωματωμένος μεταγλωττιστής Solidity και μια κονσόλα για την αποστολή συναλλαγών και την αναζήτηση της κατάστασης του δικτύου Ethereum.
- Εργαλεία αυτοματοποιημένων δοκιμών, όπως ο δρομέας δοκιμών Hardhat και η υποστήριξή του για δημοφιλή πλαίσια δοκιμών, όπως το Mocha και το Jest.
- Ένα σύστημα πρόσθετων λειτουργιών (toolbox) για την προσθήκη υπηρεσιών στο Hardhat, όπως η ενσωμάτωση με δημοφιλή εργαλεία ανάπτυξης και την υποστήριξη νέων δικτύων blockchain.

Το Hardhat έχει σχεδιαστεί για να είναι εύκολο στη χρήση και να παρέχει μια βελτιωμένη ροή εργασίας για την ανάπτυξη dApp του Ethereum, καθιστώντας το μια δημοφιλή επιλογή μεταξύ των προγραμματιστών του Ethereum. (Hardhat, 2023) (Hardhat, 2023)

Το Hardhat Runtime Environment (HRE) είναι το στοιχείο του περιβάλλοντος Hardhat που παρέχει ένα εικονικό περιβάλλον Ethereum για την εκτέλεση και τη δοκιμή έξυπνων συμβάσεων. Πρόκειται για ένα απομονωμένο δίκτυο Ethereum στη μνήμη που λειτουργεί παράλληλα με το πραγματικό δίκτυο Ethereum, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να δοκιμάζουν τα συμβόλαιά τους σε ένα ελεγχόμενο και προβλέψιμο περιβάλλον πριν τα αναπτύξουν στο κύριο δίκτυο, χωρίς να χρειάζεται να ανησυχούν για την αστάθεια και την απρόβλεπτη κατάσταση στο πραγματικό δίκτυο. Το HRE τρέχει έναν πλήρη κόμβο Ethereum, παρέχοντας μια πλήρη προσομοίωση του δικτύου Ethereum, συμπεριλαμβανομένων όλων των χαρακτηριστικών του, όπως η εξόρυξη, οι συναλλαγές και η εκτέλεση συμβάσεων. Το HRE περιλαμβάνει επίσης μια σουίτα εργαλείων για αποσφαλμάτωση, δοκιμές και ανάλυση κώδικα, η οποία διευκολύνει τους προγραμματιστές να εντοπίζουν και να επιλύουν προβλήματα στον κώδικά τους πριν από την ανάπτυξη στο κύριο δίκτυο. (HRE, 2023)

Επίσης χρησιμοποιούμε την βιβλιοθήκη Hardhat-ethers που παρέχει την ενσωμάτωση μεταξύ της βιβλιοθήκης Ethers.js και του περιβάλλοντος ανάπτυξης Hardhat για εφαρμογές blockchain. Το Ethers.js είναι μια βιβλιοθήκη για την κατασκευή εφαρμογών που βασίζονται στο Ethereum σε JavaScript. Το Hardhat-ethers παρέχει ένα σύνολο βοηθητικών λειτουργιών και εργαλείων. Λειτουργεί προσθέτοντας ένα επίπεδο αφαίρεσης πάνω από το Ethers.js, παρέχοντας ένα σύνολο API υψηλού επιπέδου και συναρτήσεων που απλοποιούν τις κοινές εργασίες. Αυτό περιλαμβάνει λειτουργίες για την ανάπτυξη συμβάσεων (contracts, έχει τις λειτουργίες της υλοποίησης και την σύνδεση της σύμβασης στο δίκτυο), την αποστολή συναλλαγών και την αλληλεπίδραση με άλλα συμβόλαια (providers, δίνουν σύνδεση και ανάγνωση στο δίκτυο), αποστολής και λήψης συναλλαγών και υπογραφής μηνυμάτων (signers, δίνει πρόσβαση στο ιδιωτικό κλειδί ώστε να εξουσιοδοτήσει το δίκτυο για συναλλαγές και χρεώσεις) καθώς και υποστήριξη για δοκιμές, αποσφαλμάτωση και άλλες εργασίες που σχετίζονται με την ανάπτυξη. (Hardhat, 2022) (ethers, 2023)

Ο μεταγλωττιστής της Solidity εξάγει ένα αρχείο το οποίο περιέχει όλες τις προδιαγραφές της σύμβασης και χρησιμοποιείται για την ένωση της διεπαφής με το έξυπνο συμβόλαιο. Το εξαγόμενο αρχείο έχει τον βασικό σχεδιασμό Application Binary Interface (ABI) το οποίο είναι μια διεπαφή χαμηλού επιπέδου μεταξύ ενός λειτουργικού συστήματος και ενός προγράμματος εφαρμογής. Τα ABI καθορίζουν λεπτομέρειες, όπως τον τρόπο με τον οποίο μεταβιβάζονται οι κλήσεις συναρτήσεων και οι δομές δεδομένων μεταξύ της εφαρμογής και του λειτουργικού συστήματος, τα μεγέθη και τις ευθυγραμμίσεις των τύπων δεδομένων και τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζονται οι εξαιρέσεις. Είναι σημαντικά επειδή επιτρέπουν στον κώδικα εφαρμογών που έχει γραφτεί για μια πλατφόρμα να εκτελείται σε μια άλλη πλατφόρμα χωρίς τροποποίηση. Αυτό συμβαίνει επειδή το ABI ορίζει τη διεπαφή μεταξύ της εφαρμογής και του συστήματος με τρόπο ανεξάρτητο από τον πηγαίο κώδικα, οπότε ο ίδιος δυαδικός κώδικας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικές πλατφόρμες. Γενικά, τα ABI είναι συγκεκριμένα για κάθε πλατφόρμα. Αυτό σημαίνει ότι οι εφαρμογές πρέπει να μεταγλωττίζονται εκ νέου για κάθε αλλαγή και να ενημερώνονται στην πλατφόρμα στην οποία προορίζονται να εκτελούνται, προκειμένου να συμμορφώνονται με το ενημερωμένο ABI. (Solidity, 2021) (Ethereum, 2023)

3.3 Βοηθητικές πλατφόρμες

Το MetaMask είναι ένα δημοφιλές πορτοφόλι κρυπτονομισμάτων και μια επέκταση του προγράμματος περιήγησης που επιτρέπει στους χρήστες να διαχειρίζονται τα ψηφιακά τους περιουσιακά στοιχεία και να αλληλεπιδρούν με αποκεντρωμένες εφαρμογές (dApps) στο δίκτυο Ethereum. Το MetaMask λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ του δικτύου Ethereum και του προγράμματος περιήγησης ιστού του χρήστη. Όταν ένας χρήστης επισκέπτεται μια dApp στο πρόγραμμα περιήγησης ιστού του, η dApp στέλνει τις πληροφορίες συναλλαγής στο MetaMask, η οποία στη συνέχεια ζητά από τον χρήστη να υπογράψει τη συναλλαγή χρησιμοποιώντας το ιδιωτικό του κλειδί. Η υπογεγραμμένη συναλλαγή στη συνέχεια μεταδίδεται στο δίκτυο Ethereum, όπου επεξεργάζεται και εκτελείται. Το MetaMask παρέχει επίσης στους χρήστες τον έλεγχο των ιδιωτικών κλειδιών τους, τα οποία αποθηκεύονται σε κρυπτογραφημένη μορφή στη συσκευή του χρήστη. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες έχουν πλήρη έλεγχο των περιουσιακών τους στοιχείων και μπορούν να έχουν πρόσβαση στα κεφάλαιά τους ανά πάσα στιγμή. (Metamask, 2022)

Το QuickNode είναι μια πλατφόρμα που λειτουργεί στο cloud και παρέχει στους προγραμματιστές έναν εύκολο και βολικό τρόπο πρόσβασης στο δίκτυο Ethereum. Παρέχει έναν πλήρη κόμβο Ethereum, τον οποίο οι προγραμματιστές μπορούν να χρησιμοποιούν για να αλληλεπιδρούν με το δίκτυο Ethereum μέσω API, ώστε να δημιουργούν αποκεντρωμένες εφαρμογές (dApps) χωρίς να χρειάζεται να δημιουργήσουν και να συντηρήσουν τον δικό τους κόμβο. Αυτό εξοικονομεί χρόνο και πόρους στους προγραμματιστές και τους επιτρέπει να επικεντρωθούν στην κατασκευή των dApps τους, αντί να διαχειρίζονται την υποκείμενη υποδομή. Παρέχει επίσης μια σειρά από άλλες υπηρεσίες και εργαλεία που βοηθούν τους προγραμματιστές να κατασκευάσουν πιο αποτελεσματικά dApps. Αυτό περιλαμβάνει πρόσβαση σε δεδομένα του δικτύου Ethereum, όπως πληροφορίες συμβάσεων, ιστορικά δεδομένα συναλλαγών και άλλα, καθώς και εργαλεία για την παρακολούθηση και ανάλυση του δικτύου Ethereum. (QuickNode, 2023)

Η εφαρμογή που υλοποιήθηκε είναι “ανεβασμένη” στο δίκτυο δοκιμών που παρέχει το Ethereum. Ο κύριος λόγος που έγινε αυτό είναι για να μπορούμε να δοκιμάσουμε την αποκεντρωμένη εφαρμογή χωρίς να χρησιμοποιηθούν πραγματικά χρήματα. Αυτό μας επιτρέπει να δοκιμάσουμε διεξοδικά την εφαρμογή, χωρίς να αναλάβουμε κανένα κόστος ή κίνδυνο για τα δικά μας χρήματα. Τα testnets είναι ξεχωριστά δίκτυα που λειτουργούν παράλληλα με το κύριο δίκτυο του Ethereum και χρησιμοποιούν ψεύτικες ή “δοκιμαστικές” ETH ως μέσο πληρωμής. Αυτή η ψεύτικη ETH μπορεί να αποκτηθεί δωρεάν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή του πλήρους φάσματος χαρακτηριστικών και λειτουργιών σε μια dApp, όπως η αποστολή συναλλαγών, η εκτέλεση έξυπνων συμβάσεων και άλλα. Ένας άλλος λόγος είναι η προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων και η δοκιμή της συμπεριφοράς της εφαρμογής υπό διαφορετικές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι προγραμματιστές μπορούν να δοκιμάσουν πώς συμπεριφέρεται η dApp τους σε περίπτωση βλάβης του δικτύου ή πώς διαχειρίζεται μεγάλο όγκο συναλλαγών. Η χρήση ψεύτικων ETH σε ένα testnet επιτρέπει επίσης στους προγραμματιστές να επαναλαμβάνουν και να την βελτιώνουν πιο γρήγορα, χωρίς να χρειάζεται να περιμένουν την επεξεργασία πραγματικών συναλλαγών ή να περιμένουν τη μεταφορά πραγματικών κεφαλαίων. (Nnamdi, 2021) (Moralis, 2023)

Υπάρχουν, διάφορες πλατφόρμες που παρέχουν δωρεάν δοκιμαστικά ETH όπως Rinkeby, Goerli, Kovan και το Ropsten. Εμείς χρησιμοποιήσαμε το Goerli Testnet είναι ένα δημόσιο, proof-of-stake δοκιμαστικό δίκτυο για το οικοσύστημα του Ethereum και παρέχει στους προγραμματιστές μια εύχρηστη διεπαφή για την απόκτηση δοκιμαστικών ETH. Οι προγραμματιστές δίνουν τη διεύθυνση Ethereum από το πορτοφόλι τους και το faucet θα μεταφέρει αυτόματα ένα μικρό ποσό δοκιμαστικής ETH. (Etherscan, 2022) (Moralis, 2023)

4 Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα

Ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός δεδομένων, οι αλλαγές στον τρόπο χρήσης τους και οι ολοένα και περισσότερες απαιτήσεις των επιχειρήσεων για ασφάλεια, ιδιωτικότητα, αμεταβλητότητα, εγκυρότητα και άμεση ταυτόχρονη ενημέρωση και ανανέωση των πληροφοριών που παρέχονται στους χρήστες ενός δικτύου, δημιουργούν μεγάλες προκλήσεις για τους προγραμματιστές, τους παρόχους και τις ρυθμιστικές αρχές.

Η όλο και αυξανόμενη διάδοση του blockchain στον Ιστό, αλλάζει εντελώς τον παραδοσιακό τρόπο αποθήκευσης και επεξεργασίας των δεδομένων σε αυτόν. Μέχρι πρόσφατα, τα δεδομένα μέσω υπολογιστών συγκρατούνταν σε βάσεις με πίνακες, φακέλους και άλλες μορφές, με δυνατότητα διόρθωσης, διαγραφής, ανάγνωσης και ενημέρωσης από τον υπεύθυνο της βάσης των δεδομένων. Όμως τα δίκτυα blockchain, διαφέρουν εντελώς σε αυτό το κομμάτι, αφού οι πληροφορίες που διαθέτουν είναι μόνιμες και αμετάβλητες. Έτσι, ενώ οι συνηθισμένες βάσεις δεδομένων είναι αρκετά πιο διαχειρίσιμες και ευπροσάρμοστες, εμφανίζουν πολλές αδυναμίες στην ασφάλεια, στον φανερό τρόπο διαχείρισης, στην αξιοπιστία και στην ενότητα, τους τομείς δηλαδή όπου τα δίκτυα blockchain υπερέχουν σημαντικά.

Σε μία συνοπτική αναφορά, τα πλεονεκτήματα των blockchain σε σχέση με τις παραδοσιακές βάσεις δεδομένων, θα μπορούσαν να δοθούν ως εξής: διαφάνεια δεδομένων, αυστηρά πρωτόκολλα ασφαλείας, πιο απλά μοντέλα προγραμματισμού, βελτιωμένη εμπειρία DevOps, αποτελεσματικότεροι τρόποι αποκατάστασης καταστροφών, διαλειτουργικότητα με άλλες πλατφόρμες, επεκτασιμότητα, διαθεσιμότητα σε παγκόσμιο επίπεδο και εμπειρία ομαλής παροχής. (Altamira, 2021)

Βέβαια τα τελευταία χρόνια, που τα συστήματα blockchain κερδίζουν διαρκώς έδαφος εις βάρος της αποθήκευσης cloud, το κόστος αγοράς και εφαρμογής τους έχει εκτιναχθεί. Εκτός του ότι είναι περιζήτητα για την ασφάλεια και τις υπηρεσίες που παρέχουν, το κόστος τους επηρεάζεται από τον τρόπο αποθήκευσης και μεταφοράς δεδομένων. Επίσης, οι παράγοντες που βοηθούν στην ομαλή λειτουργία των blockchain, συμπαρασύρουν την τιμή. Παραδείγματος χάριν, στο Bitcoin, το κόστος αυξάνεται εξαιτίας των κόμβων και των εξορυκτών που ελέγχουν την εγκυρότητα των συναλλαγών παρέχοντας καλύτερη ασφάλεια δεδομένων. Όμως αυτή η δραστηριότητα οδηγεί σε πολύ μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του μεγέθους έως 20.000 μονάδων αερίου για την αποθήκευση μιας λέξης 256-bit. Έτσι, για ένα kilobyte θα απαιτούνταν 640.000 μονάδες αερίου, κόστος που αντιστοιχεί σε 0,032 ETH, σύμφωνα με την αξία του κρυπτονομίσματος στα 2.672,32 USD (8 Μαΐου 2022 σύμφωνα με το άρθρο), που αντιστοιχεί σε 85,51 USD. Εν ολίγοις, 1 gigabyte δεδομένων θα εκτόξευε το κόστος στο δυσβάσταχτο ποσό των 32.000 δολαρίων. Επομένως, το blockchain για να έχει μεγαλύτερες προοπτικές “κατάκτησης” της αγοράς, θα πρέπει να αναζητήσει οικονομικότερες λύσεις αποθήκευσης, ειδάλλως θα περιοριστεί σε κάποιες οντότητες ή άτομα που μπορούν να ανταποκριθούν σε αυτό το κόστος. (Nzoni, 2022)

Κλείνοντας, ένας ακόμη τομέας όπου αναμένεται να παίξουν σημαντικό ρόλο τα συστήματα blockchain, είναι αυτός της οικοδόμησης μοντέλων μηχανικής μάθησης που αποτελούν μέρος της τεχνητής νοημοσύνης. Οι έρευνες πάνω στην τεχνητή νοημοσύνη απαιτούν τη χρήση και αποθήκευση ενός τεράστιου όγκου δεδομένων και εδώ “έρχονται” να συνδράμουν τα συστήματα blockchain. Τα σύνολα δεδομένων είναι συγκεντρωμένα δεδομένα διαφορετικής προέλευσης που αποθηκεύονται σε ψηφιακή φόρμα και αποτελούνται κυρίως από εικόνες, κείμενα, ήχο, βίντεο, αριθμητικά στοιχεία δεδομένων κ.λ.π, με σκοπό την επίλυση διαφόρων προκλήσεων Τεχνητής Νοημοσύνης, όπως ταξινόμηση εικόνας ή βίντεο, ανίχνευση αντικειμένων, αναγνώριση προσώπου, ταξινόμηση συναισθημάτων, ανάλυση ομιλίας, ανάλυση

συναισθήματος, πρόβλεψη χρηματιστηρίου, κ.λπ. Για τα μοντέλα μηχανικής μάθησης επομένως, είναι αναγκαία η αξιοποίηση των δεδομένων, για να αυξηθεί η απόδοση διαφόρων συνόλων εργασίας. Συνεπώς τα σύνολα δεδομένων αποτελούν κρίσιμο μέρος αυτής της διαδικασίας, καθώς η ακρίβεια και η απόδοση των μοντέλων Μηχανικής Μάθησης εξαρτώνται από την ποιότητα και την ποσότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευσή τους. Ορισμένα δημοφιλή σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιούνται στη Μηχανική Μάθηση είναι τα εξής:

- MNIST: Ένα σύνολο δεδομένων με χειρόγραφα ψηφία που χρησιμοποιείται για εργασίες ταξινόμησης εικόνων.
- CIFAR-10: Ένα σύνολο δεδομένων από εικόνες διαφόρων αντικειμένων που χρησιμοποιείται για εργασίες ταξινόμησης εικόνων.
- UCI Machine Learning Repository: Συλλογή συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιούνται για διάφορες εργασίες μηχανικής μάθησης.

Παρά την πληθώρα των υπαρχόντων συνόλων δεδομένων, η επίλυση κάθε νέου προβλήματος που προκύπτει είναι καινούργιο “στοίχημα”. Αυτό συμβαίνει γιατί, οι περιορισμοί των συνόλων δεδομένων δυσκολεύουν τους επιστήμονες που ασχολούνται με αυτά, να δημιουργήσουν βελτιωμένες εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης.

Bibliography – References – Online sources

Academy, B., 2021. *What Is Solana (SOL)?*. [Online]

Available at: <https://academy.binance.com/en/articles/what-is-solana-sol>
[Accessed 03 02 2023].

Alchemy, 2022. *Alchemy SDK Quickstart*. [Online]

Available at: <https://docs.alchemy.com/reference/alchemy-sdk-quickstart>
[Accessed 11 02 2023].

Alchemy, 2023. *Ethereum API QuickStart*. [Online]

Available at: <https://docs.alchemy.com/reference/ethereum-api-quickstart#what-is-the-ethereum-api>
[Accessed 11 02 2023].

Altamira, T., 2021. *Blockchain vs Cloud Computing: Best Features for Corporate Space*. [Online]

Available at: <https://www.altamira.ai/blog/blockchain-vs-cloud-best-features-for-corporate-space/>
[Accessed 02 02 2023].

Altamira, T., 2021. *Blockchain vs Cloud Computing: Best Features for Corporate Space*. [Online]

Available at: <https://www.altamira.ai/blog/blockchain-vs-cloud-best-features-for-corporate-space/>
[Accessed 12 02 2023].

Anand, A., 2022. *8 Benefits of Blockchain in Big Data Transformation*. [Online]

Available at: <https://www.analyticssteps.com/blogs/8-benefits-blockchain-big-data-transformation>
[Accessed 02 02 2023].

Bains, P., 2022. Blockchain Consensus Mechanisms: A Primer for Supervisors. In: P. Bains, ed.

Blockchain Consensus Mechanisms: A Primer for Supervisors. Washington: International Monetary Fund, p. 18.

Barley, M., 2019. *Pharma majors Pfizer, Biogen lead blockchain project for clinical trial supply chain*. [Online]

Available at: <https://www.ledgerinsights.com/pharma-majors-pfizer-biogen-lead-blockchain-project-for-clinical-trial-supply-chain/>
[Accessed 02 02 2023].

Buterin, V. et al., 2019. *EIP-1559: Fee market change for ETH 1.0 chain*. [Online]

Available at: <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-1559>
[Accessed 03 02 2023].

Capital, V., 2021. *Georgia: A Blockchain Pioneer*. [Online]

Available at: <https://verum.capital/interviewwithnaprgeorgia/>
[Accessed 02 02 2023].

Castleman, R., 2020. *The Applications of Blockchain in Data Management*. [Online]

Available at: <https://info.aiim.org/aiim-blog/the-applications-of-blockchain-in-data-management>
[Accessed 02 02 2023].

Cheng, S., Daub, M., Domeyer, A. & Lundqvist, M., 2017. *Using blockchain to improve data management in the public sector*. [Online]

Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/using-blockchain-to-improve-data-management-in-the-public-sector>

[Accessed 02 02 2023].

CoinDesk, 2023. *Ethereum price*. [Online]

Available at: <https://www.coindesk.com/price/ethereum/>

[Accessed 12 02 2023].

Commission, E., 2018. *Data protection in the EU*. [Online]

Available at: https://commission.europa.eu/law/law-topic/data-protection/data-protection-eu_en

[Accessed 05 03 2023].

ConsenSys, 2016. *How Ethereum Works Part 2: Smart Contracts, Gas, and Dapps*. [Online]

Available at: <https://consensys.net/blog/blockchain-explained/how-ethereum-works-part-2-smart-contracts-gas-and-dapps/>

[Accessed 30 01 2023].

Datastax, 2023. *What is Web3.js: Getting Started with Web3 Development*. [Online]

Available at: <https://www.datastax.com/guides/what-is-web3js>

[Accessed 11 02 2023].

Debopriyo, 2022. *Solana vs Ethereum: Choosing the Ideal Blockchain Platform*. [Online]

Available at: <https://www.cronj.com/blog/solana-vs-ethereum/>

[Accessed 30 01 2023].

Decentraland, 2019. *Technology*. [Online]

Available at: <https://decentraland.org/blog/technology/>

[Accessed 03 02 2023].

Deloitte, 2017. *Blockchain in commercial real estate*. [Online]

Available at: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/financial-services/articles/blockchain-in-commercial-real-estate.html/>

[Accessed 30 01 2023].

Documentation, S., 2023. *History*. [Online]

Available at: <https://docs.solana.com/history>

[Accessed 03 02 2023].

Documents, R., 2023. *Getting Started*. [Online]

Available at: <https://reactjs.org/docs/getting-started.html>

[Accessed 11 02 2023].

Echter, B., 2021. *Proof of History: How Solana brings time to crypto*. [Online]

Available at: <https://solana.com/news/proof-of-history>

[Accessed 03 02 2023].

e-estonia, 2020. *Estonian blockchain technology*. [Online]

Available at: <https://e-estonia.com/wp-content/uploads/2020mar-nochanges-faq-a4-v03-blockchain->

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Έξυπνης Σύμβασης σε ένα δίκτυο Blockchain για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών σε ομάδες δεδομένων

[1-1.pdf](#)

[Accessed 02 02 2023].

Ethereum, 2023. *NFT Gaming*. [Online]

Available at: <https://ethereum.org/en/nft/#nft-gaming>

[Accessed 02 02 2023].

Ethereum, 2023. *WEB APPLICATIONS*. [Online]

Available at: <https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/compiling/#web-applications>

[Accessed 12 02 2023].

Ethereum, T., 2022. *INTRODUCTION TO DAPPS*. [Online]

Available at: <https://ethereum.org/en/developers/docs/dapps/>

[Accessed 30 01 2023].

Ethereum, T., 2023. *INTRO TO ETHEREUM*. [Online]

Available at: <https://ethereum.org/en/developers/docs/intro-to-ethereum/>

[Accessed 31 01 2023].

Ethereum, T., 2023. *TRANSACTIONS*. [Online]

Available at: <https://ethereum.org/en/developers/docs/transactions/>

[Accessed 30 01 2023].

ethers, 2023. *Getting Started*. [Online]

Available at: <https://docs.ethers.org/v5/getting-started/#getting-started--glossary>

[Accessed 11 02 2023].

Etherscan, 2022. *Goerli Testnet*. [Online]

Available at: <https://docs.etherscan.io/v/goerli-etherscan/>

[Accessed 11 02 2023].

Food for Thought, A., 2017. *From Farm to Store: Walmart Improves Food Safety with Blockchain Technology*. [Online]

Available at: [https://d3.harvard.edu/platform-rctom/submission/from-farm-to-store-walmart-improves-food-safety-with-blockchain-technology-](https://d3.harvard.edu/platform-rctom/submission/from-farm-to-store-walmart-improves-food-safety-with-blockchain-technology-2/#:~:text=Use%20of%20the%20blockchain%20network,connected%20to%20the%20contaminated%20batch)

[2/#:~:text=Use%20of%20the%20blockchain%20network,connected%20to%20the%20contaminated%20batch](https://d3.harvard.edu/platform-rctom/submission/from-farm-to-store-walmart-improves-food-safety-with-blockchain-technology-2/#:~:text=Use%20of%20the%20blockchain%20network,connected%20to%20the%20contaminated%20batch)

[Accessed 30 01 2023].

Games, D., 2022. *Decentral Games*. [Online]

Available at: <https://docs.decentral.games/welcome/master>

[Accessed 02 02 2023].

Gupta, A., 2023. *Introduction to Blockchain technology | Set 1*. [Online]

Available at: <https://www.geeksforgeeks.org/blockchain-technology-introduction/?ref=lbp>

[Accessed 30 01 2023].

Gupta, T., 2021. *Types & Characteristics of Data Sets*. [Online]
Available at: <https://medium.com/the-shortform/types-characteristics-of-data-sets-3a53b312a56a>
[Accessed 03 02 2023].

Hanitio, J., 2022. *How to Find the Right Blockchain For Your Dapp*. [Online]
Available at: <https://blog.coinlist.co/how-to-find-the-right-blockchain-for-your-dapp/>
[Accessed 03 02 2023].

Hardhat, 2023. *Hardhat Overview*. [Online]
Available at: <https://hardhat.org/hardhat-runner/docs/getting-started#overview>
[Accessed 12 02 2023].

Hardhat, 2023. *Solidity support*. [Online]
Available at: <https://hardhat.org/hardhat-runner/docs/reference/solidity-support>
[Accessed 12 02 2023].

Hertig, A., 2022. *What Is Ethereum?*. [Online]
Available at: <https://www.coindesk.com/learn/what-is-ethereum/>
[Accessed 30 01 2023].

Higgins, S., 2017. *AXA Is Using Ethereum's Blockchain for a New Flight Insurance Product*. [Online]
Available at: <https://www.coindesk.com/markets/2017/09/13/axa-is-using-ethereums-blockchain-for-a-new-flight-insurance-product/>
[Accessed 30 01 2023].

HRE, H., 2023. *Hardhat Runtime Environment*. [Online]
Available at: <https://hardhat.org/hardhat-runner/docs/advanced/hardhat-runtime-environment>
[Accessed 11 02 2023].

IBM, 2010. *What is a data set?*. [Online]
Available at: <https://www.ibm.com/docs/en/zos-basic-skills?topic=more-what-is-data-set>
[Accessed 01 02 2023].

IBM, 2021. *IBM Blockchain Platform: Hyperledger Fabric¹ Support Edition*. [Online]
Available at: <https://www.ibm.com/downloads/cas/OXMOQJNP>
[Accessed 02 02 2023].

Information Commissioner's Office, i., 2023. *The benefits of data protection laws*. [Online]
Available at: <https://ico.org.uk/for-organisations/sme-web-hub/the-benefits-of-data-protection-laws/>
[Accessed 05 03 2023].

Iredale, G., 2021. *Blockchain Cryptography: Everything You Need To Know*. [Online]
Available at: <https://101blockchains.com/blockchain-cryptography/#:~:text=Blockchain%20applications%20leverage%20the%20concept,data%20values%20in%20secure%20formats>
[Accessed 30 01 2023].

ishukatiyar16, 2022. *Applications of Blockchain in Data Management*. [Online]
Available at: <https://www.geeksforgeeks.org/applications-of-blockchain-in-data-management/>
[Accessed 01 02 2023].

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Έξυπνης Σύμβασης σε ένα δίκτυο Blockchain για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών σε ομάδες δεδομένων

Kaggle, 2023. *Kaggle*. [Online]
Available at: <https://www.kaggle.com/>
[Accessed 12 02 2023].

Koch, R., 2022. *An Introduction to Machine Learning Datasets and Resources*. [Online]
Available at: <https://www.clickworker.com/customer-blog/machine-learning-datasets/>
[Accessed 01 02 2023].

Matthews, D., 2023. *Solana vs Ethereum*. [Online]
Available at: <https://www.buybitcoinbank.com/cryptocurrency/solana-vs-ethereum>
[Accessed 12 02 2023].

Metamask, 2022. *Introduction*. [Online]
Available at: <https://docs.metamask.io/guide/>
[Accessed 11 02 2023].

Mike, W., 2022. *Why Data Storage is Shifting to the Blockchain*. [Online]
Available at: <https://www.section.io/engineering-education/why-data-storage-is-shifting-to-the-blockchain/#:~:text=Cloud%20storage%20relies%20on%20third,integrity%20without%20involving%20third%20parties.>
[Accessed 02 02 2023].

Moralis, B., 2023. *What is a Goerli Faucet?*. [Online]
Available at: <https://moralis.io/what-is-a-goerli-faucet/#:~:text=You%20now%20know%20that%20a,certain%20amount%20of%20Goerli%20ETH.>
[Accessed 11 02 2023].

MUKHERJEE, S., 2022. *How Walmart uses blockchain to manage its supply chain*. [Online]
Available at: <https://analyticsindiamag.com/how-walmart-uses-blockchain-to-manage-its-supply-chain/#:~:text=Walmart%2C%20a%20leader%20in%20supply,70%20third%2Dparty%20freight%20carriers.>
[Accessed 02 02 2023].

National Institutes of Health, N., 2023. *Operational Principles for Protecting Participant Privacy When Sharing Scientific Data*. [Online]
Available at: <https://sharing.nih.gov/data-management-and-sharing-policy/protecting-participant-privacy-when-sharing-scientific-data/principles-and-best-practices-for-protecting-participant-privacy#operational-principles-for-protecting-participant-privacy-when-sharing->
[Accessed 05 03 2023].

Nnamdi, C., 2021. *Top 4 Ethereum testnets for testing smart contracts*. [Online]
Available at: <https://blog.logrocket.com/top-4-ethereum-testnets-testing-smart-contracts/>
[Accessed 11 02 2023].

Nzovi, S., 2022. *Why Data Storage is Shifting to the Blockchain*. [Online]
Available at: <https://www.section.io/engineering-education/why-data-storage-is-shifting-to-the-blockchain/>
[Accessed 12 02 2023].

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Έξυπνης Σύμβασης σε ένα δίκτυο Blockchain για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών σε ομάδες δεδομένων

Peranzo, P., 2022. *Decentralized Applications 101: The Complete Guide for 2023 and Beyond*. [Online] Available at: <https://imaginovation.net/blog/decentralized-applications-complete-guide/> [Accessed 30 01 2023].

Phemex, 2021. *What is Quorum: A Closer Look at an Enterprise Blockchain Giant*. [Online] Available at: <https://phemex.com/academy/what-is-quorum-jp-morgan> [Accessed 30 01 2023].

Picco, E., 2019. *Blockchain In Real Estate Use Case #23: BitOfProperty*. [Online] Available at: <https://www.disruptordaily.com/blockchain-in-real-estate-use-case-bitofproperty/> [Accessed 03 02 2023].

QuickNode, 2023. *QuickNode Ethereum RPC Overview*. [Online] Available at: <https://www.quicknode.com/docs/ethereum> [Accessed 11 02 2023].

React, 2023. *React: A JavaScript library for building user interfaces*. [Online] Available at: <https://reactjs.org/> [Accessed 11 02 2023].

Remix, 2022. *Remix-IDE Layout*. [Online] Available at: <https://remix-ide.readthedocs.io/en/latest/layout.html> [Accessed 11 02 2023].

Replit, 2023. *Introduction to Replit*. [Online] Available at: <https://docs.replit.com/> [Accessed 11 02 2023].

Rodeck, D. & Schmidt, J., 2022. *What Is Blockchain?*. [Online] Available at: <https://www.forbes.com/advisor/in/investing/cryptocurrency/what-is-blockchain/#:~:text=At%20its%20core%2C%20blockchain%20is,in%20that%20it's%20totally%20decentralized> [Accessed 03 02 2023].

Rosic, A., 2022. *How To Code Decentralized Applications or Dapps*. [Online] Available at: <https://blockgeeks.com/guides/decentralized-applications/> [Accessed 30 01 2023].

SLP, D., 2020. *How to use the SLP Explorer*. [Online] Available at: <https://slp.dev/guides/how-to-use-explorer/#searching-by-address-txid-transaction-id-or-token-name> [Accessed 31 01 2023].

Smith, C., 2023. *PROOF-OF-STAKE (POS)*. [Online] Available at: <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/> [Accessed 03 02 2023].

Solana, T., 2023. *Blockchain Basics*. [Online] Available at: <https://solana.com/learn/blockchain-basics> [Accessed 30 01 2023].

Solana, T., 2023. *Getting Started with Solana Development*. [Online]
Available at: <https://solana.com/news/getting-started-with-solana-development>
[Accessed 30 01 2023].

Solana, T., 2023. *Introduction*. [Online]
Available at: <https://docs.solana.com/introduction>
[Accessed 31 01 2023].

Solidity, 2021. *Contract ABI Specification*. [Online]
Available at: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.17/abi-spec.html#contract-abi-specification>
[Accessed 11 02 2023].

Solidity, 2021. *Introduction to Smart Contracts*. [Online]
Available at: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.17/introduction-to-smart-contracts.html#a-simple-smart-contract>
[Accessed 30 01 2023].

Solidity, 2023. *Structure of a Contract*. [Online]
Available at: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.17/structure-of-a-contract.html>
[Accessed 31 01 2023].

Solidity, 2023. *The Ethereum Virtual Machine*. [Online]
Available at: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.17/introduction-to-smart-contracts.html#index-6>
[Accessed 30 01 2023].

TechTarget, C., 2021. *blockchain storage*. [Online]
Available at: <https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/blockchain-storage#:~:text=Blockchain%20storage%20is%20a%20potentially,it%20in%20different%20data%20centers.>
[Accessed 02 02 2023].

Vasile, I., 2022. *Solana vs. Ethereum: An Ultimate Comparison*. [Online]
Available at: <https://beincrypto.com/learn/solana-vs-ethereum/>
[Accessed 03 02 2023].

Watt, A., 2014. Characteristics and Benefits of a Database. In: N. Eng, ed. *DATABASE DESIGN*. 2nd ed. Victoria: BCcampus, p. Chapter 3 Characteristics and Benefits of a Database.

Web3.js, L., 2016. *Getting Started*. [Online]
Available at: <https://web3js.readthedocs.io/en/v1.8.2/getting-started.html>
[Accessed 11 02 2023].

Weston, G., 2022. *What Is Decentralization In Blockchain?*. [Online]
Available at: <https://101blockchains.com/decentralization-in-blockchain/>
[Accessed 30 01 2023].

Wikipedia, 2023. *Cataloging (library science)*. [Online]
Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cataloging_\(library_science\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Cataloging_(library_science))
[Accessed 01 02 2023].

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Έξυπνης Σύμβασης σε ένα δίκτυο Blockchain για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών σε ομάδες δεδομένων

Wikipedia, 2023. *Non-fungible token*. [Online]

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Non-fungible_token

[Accessed 02 02 2023].

Wolfson, R., 2018. *Understanding How IBM And Others Use Blockchain Technology To Track Global Food Supply Chain*. [Online]

Available at: <https://www.forbes.com/sites/rachelwolfson/2018/07/11/understanding-how-ibm-and-others-use-blockchain-technology-to-track-global-food-supply-chain/>

[Accessed 02 02 2023].

Yakovenko, A., 2018. *Proof of History Explained by a Water Clock*. [Online]

Available at: <https://medium.com/solana-labs/proof-of-history-explained-by-a-water-clock-e682183417b8>

[Accessed 12 02 2023].

Zapotochnyi, A., 2022. *What are Smart Contracts?*. [Online]

Available at: [https://blockgeeks.com/guides/smart-](https://blockgeeks.com/guides/smart-contracts/#:~:text=With%20smart%20contracts%2C%20you%20simply,simply%20drops%20into%20your%20account)

[contracts/#:~:text=With%20smart%20contracts%2C%20you%20simply,simply%20drops%20into%20your%20account](https://blockgeeks.com/guides/smart-contracts/#:~:text=With%20smart%20contracts%2C%20you%20simply,simply%20drops%20into%20your%20account)

[Accessed 30 01 2023].

Zapotochnyi, A., 2022. *What are Smart Contracts?*. [Online]

Available at: [https://blockgeeks.com/guides/smart-](https://blockgeeks.com/guides/smart-contracts/#:~:text=With%20smart%20contracts%2C%20you%20simply,simply%20drops%20into%20your%20account)

[contracts/#:~:text=With%20smart%20contracts%2C%20you%20simply,simply%20drops%20into%20your%20account](https://blockgeeks.com/guides/smart-contracts/#:~:text=With%20smart%20contracts%2C%20you%20simply,simply%20drops%20into%20your%20account)

[Accessed 02 02 2023].

Hardhat, 2022. *hardhat-ethers*. [Online]

Available at: <https://hardhat.org/hardhat-runner/plugins/nomiclabs-hardhat-ethers>

[Accessed 11 02 2023].