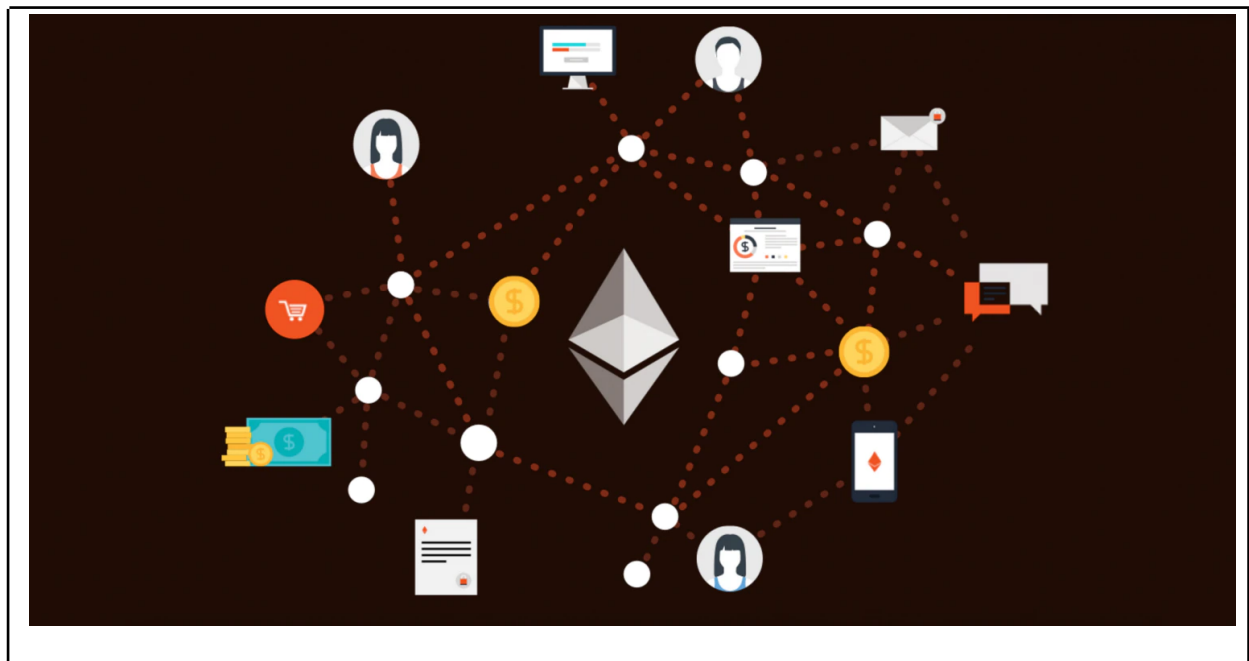


ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αποκεντρωμένες Εφαρμογές με Έξυπνα Συμβόλαια



**Του φοιτητή**

Γκαγκούτη Δημητρίου

**Αρ. Μητρώου:** it144183

**Επιβλέπων**

**Ονοματεπώνυμο**

Ελβίρα-Μαρια Αρβανίτου

**Ημερομηνία** 01/01/2023

**Τίτλος Δ.Ε** “Αποκεντρωμένες εφαρμογές με έξυπνα συμβόλαια (Decentralized applications with smart contracts)”

**Κωδικός Δ.Ε.** 22144

**Ονοματεπώνυμο φοιτητή** Γκαγκούτης Δημήτριος

**Ονοματεπώνυμο εισηγητή** Ελβίρα-Μαρια Αρβανίτου

**Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε** 06-04-2022

**Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.**

*Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.*

*Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Γκαγκούτη Δημητρίου που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.*

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητα και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

## Πρόλογος

Ο λόγος ανάληψης αυτής της πτυχιακής είναι κυρίως το ενδιαφέρον που εμφανίζει το κλάδος των αποκεντρωμένων εφαρμογών αλλά και οι προοπτικές που έχει. Οι αποκεντρωμένες εφαρμογές θα φέρουν μια επανάσταση σε πολλούς κλάδους. Με την βοήθεια της επιβλέπουσας καθηγήτριας ο φοιτητής εισήχθη στην μεθοδολογία των “Case Study” μελετών και εφαρμόζοντας μία αναλυτική μελέτη περίπτωσης έλαβε ποικίλες γνώσεις στο πεδίο των αποκεντρωμένων εφαρμογών. Κατά την διάρκεια της έρευνας μελετήθηκαν πολλά επιστημονικά άρθρα τα οποία αφορούν μια πολύ ανερχόμενη τεχνολογία η οποία ακόμα όμως δεν είναι ευρέως διαδεδομένη στην καθημερινή μας ζωή. Έτσι, στο μέλλον ο φοιτητής θα είναι σε θέση να “προλάβει” τις εξελίξεις και να επεκτείνει την έρευνα αυτή εξάγοντας ακόμη περισσότερα χρήσιμα συμπεράσματα.

## Περίληψη

Ένα blockchain αποτελείται από μια ταξινομημένη λίστα με κόμβους και συνδέσμους όπου οι κόμβοι αποθηκεύουν πληροφορίες και συνδέονται μέσω συνδέσμων που ονομάζονται αλυσίδες. Αυτή η τεχνολογία υποστηρίζει τη διαθεσιμότητα ενός δημοσίως συντηρούμενου συστήματος συναλλαγών. Η τεχνολογία αυτή έγινε αρχικά γνωστή μέσω των κρυπτονομισμάτων. Πάνω στην τεχνολογία αυτή του Blockchain μπορούν να δομηθούν οι ονομαζόμενες αποκεντρωμένες εφαρμογές. Οι αποκεντρωμένες εφαρμογές (dApps) είναι ψηφιακές εφαρμογές ή προγράμματα που υπάρχουν και εκτελούνται σε ένα δίκτυο υπολογιστών το οποίο υλοποιεί την αρχιτεκτονική blockchain αντί να ακολουθεί το κλασσικό μοντέλο Client-Server. Τα DApps είναι επομένως εκτός του πεδίου εφαρμογής και του ελέγχου μιας ενιαίας αρχής. Στην παρούσα εργασία μας χρησιμοποιούμε δεδομένα από την ιστοσελίδα “State of the DApps” ώστε να εξάγουμε χρήσιμα αποτελέσματα σχετικά με τις τάσεις στον τομέα των αποκεντρωμένων εφαρμογών. Συγκεκριμένα, αναλύουμε τα οικονομικά δεδομένα που συνδέονται με τις αποκεντρωμένες εφαρμογές αλλά και την προγραμματιστική δραστηριότητά τους. Έπειτα επισκεπτόμαστε την σελίδα της κάθε αποκεντρωμένης εφαρμογής που εμφανίζει προγραμματιστική δραστηριότητα και υλοποιούμε μια ανάλυση των δεδομένων μέσω Github.

# «Decentralized applications with smart contracts»

Dimitrios Gkagkoutis

## **Abstract**

A blockchain consists of an ordered list of nodes and links where the nodes store information and are connected by links called chains. This technology supports the availability of a publicly maintained trading system. This technology first became known through cryptocurrencies. So-called decentralized applications can be built on this Blockchain technology. Decentralized applications (dApps) are digital applications or programs that exist and run on a computer network that implements the blockchain architecture instead of following the classic Client-Server model. DApps are therefore outside the scope and control of a single authority. In our work, we use data from the “State of the DApps” website to derive useful results about trends in the field of decentralized applications. Specifically, we analyze the financial data associated with decentralized applications and their programming activity.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερωσ την οικογένεια μου για την στήριξη που μου παρέχει καθ'ολη την διάρκεια τον σπουδών μου και την κοπέλα μου για την ώθηση που μου έδωσε. Επίσης, τους καθηγητές Κ.Αρβανίτου και Κ.Αμπατζόγλου που αφιέρωσαν προσωπικό χρόνο και ενέργεια για να με βοηθήσουν να ολοκληρώσω τη συγκεκριμένη μελέτη αυτή.

# Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Abstract	5
Ευχαριστίες	6
Περιεχόμενα	7
Κατάλογος Σχημάτων	9
Κατάλογος Πινάκων	9
Συντομογραφίες	10
<b>Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
1.1 Εισαγωγή στο Blockchain	1
1.2 Εισαγωγή στα DApps	3
1.3 Κίνητρο Εργασίας	7
1.4 Δομή Εργασίας	9
<b>Κεφάλαιο 2ο: Σχετικές Εργασίες και Ερευνητικό Υπόβαθρο</b>	<b>10</b>
2.1 Σχετικές Εργασίες	10
2.2 Ερευνητικό Υπόβαθρο	20
2.2.1 Εξόρυξη δεδομένων από την ιστοσελίδα “State of Dapps”	20
2.2.2 Ανάλυση προγραμματιστικών δεδομένων	24
2.2.3 Μελέτες Περίπτωσης Τεχνολογίας Λογισμικού	26
<b>Κεφάλαιο 3ο: Μεθοδολογία Έρευνας</b>	<b>28</b>
<b>Κεφάλαιο 4ο: Αποτελέσματα και Συμπεράσματα</b>	<b>32</b>
4.1 Εισαγωγή	32
4.2 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων	33
4.2.1 Δημοτικότητα Αποκεντρωμένων Εφαρμογών	33
4.2.2 Οικονομική Απήχηση	36
4.2.3 Προγραμματιστικά Γεγονότα	41
4.2.4 Συσχέτιση μετρικών κατηγοριών με δεδομένα από το Github	44
4.2.5 Λέξεις-Κλειδιά ανά κατηγορία	46
4.2.5 Γλώσσες Προγραμματισμού	50
<b>Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα</b>	<b>52</b>
5.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων	52
5.2 Μελλοντική Έρευνα	53
5.3 Απειλές στην εγκυρότητα	54



## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.0 : Αρχιτεκτονική Blockchain

Σχήμα 1.1: Τα περιεχόμενα των Blocks.

Σχήμα 1.2 : Κλασικές εφαρμογές σε αντίθεση με τις αποκεντρωμένες εφαρμογές.

Σχήμα 2.0 : Επεξήγηση Gas Fee.

Σχήμα 4.0 : Γλώσσες προγραμματισμού στα Dapps.

Σχήμα 4.1: Οι ενεργοί χρήστες ανα κατηγορία κατα μέσο όρο.

Σχήμα 4.2: Ποσοστό εφαρμογών που εμφάνισαν συναλλαγές σε κάθε κατηγορία.

Σχήμα 4.3: Μέσος όρος χρημάτων που διακινήθηκαν.

Σχήμα 4.4: Ποσοστιαία ανάλυση.

Σχήμα 4.5: Ποσοστιαία ανάλυση.

Σχήμα 4.6: Το ποσοστό που έχει κάθε γλώσσα προγραμματισμού στον χώρο των αποκεντρωμένων εφαρμογών ως γλώσσα υλοποίησης.

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.0: Understanding the Blockchain Ecosystem with Analysis of Decentralized Applications: an Empirical Study

Πίνακας 3.0: Οι μεταβλητές που καταγράψαμε από τα repositories των αποκεντρωμένων εφαρμογών στο Github.

Πίνακας 4.0: Η στατιστικές μέθοδοι

Πίνακας 4.1: Ανω Τριγωνικός Στατιστικός Πίνακας

Πίνακας 4.2: Ανω Τριγωνικός Στατιστικός Πίνακας

Πίνακας 4.3: Ανω Τριγωνικός Στατιστικός Πίνακας

Πίνακας 4.4: Ανω Τριγωνικός Στατιστικός Πίνακας

Πίνακας 4.5: Ανω Τριγωνικός Στατιστικός Πίνακας

Πίνακας 4.6: Ανω Τριγωνικός Στατιστικός Πίνακας

Πίνακας 4.7: Πίνακας Σύσχέτισης

4

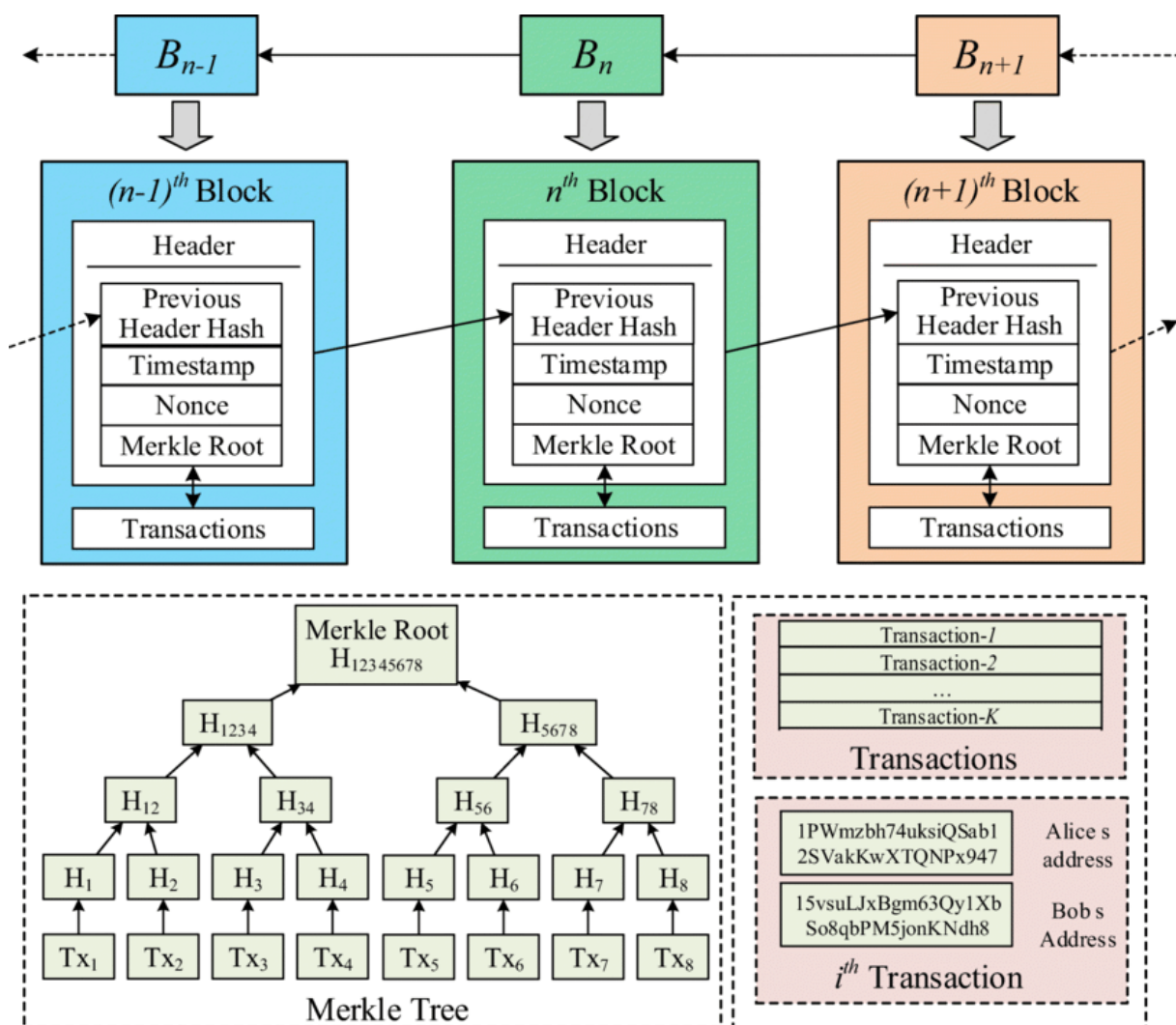
## Συντομογραφίες

Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΠΠΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
Π.Ε.	Πτυχιακή Εργασία
DApps	Decentralized Applications
RQ	Κρίσιμο Ερώτημα (Research Question)

## Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

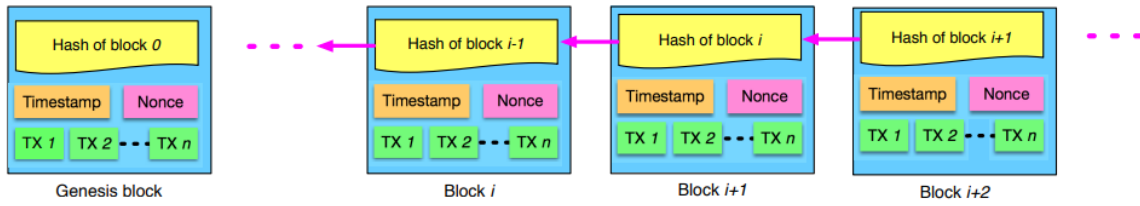
### 1.1 Εισαγωγή στο Blockchain

Το Blockchain είναι ένα αποκεντρωμένο και κατακευμαμένο ψηφιακό σύστημα που χρησιμοποιείται για την καταγραφή συναλλαγών σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Εισήχθη για πρώτη φορά ως η υποκείμενη τεχνολογία για το κρυπτονόμισμα, Bitcoin, το 2008 από τον Satoshi Nakamoto του οποίου η πραγματική ταυτότητα παραμένει άγνωστη μέχρι και σήμερα. Από τότε, έχει χρησιμοποιηθεί σε μια ποικιλία άλλων εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων των χρηματοοικονομικών υπηρεσιών, της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού και των συστημάτων ψηφοφορίας.



**Σχήμα 1.0** : Τα Blocks του Blockchain, και η διασύνδεση τους. Όπως αναφέρουμε στην εργασία μας το κάθε κόμβος συμπεριλαμβάνει μία αναφορά σε όλες τις συναλλαγές του Blockchain, η οποία βρίσκεται στο Merkle Root. Επίσης κάθε κόμβος συμπεριλαμβάνει τον κωδικό του προηγούμενου κόμβου έτσι ώστε να δημιουργηθεί η αλυσίδα.

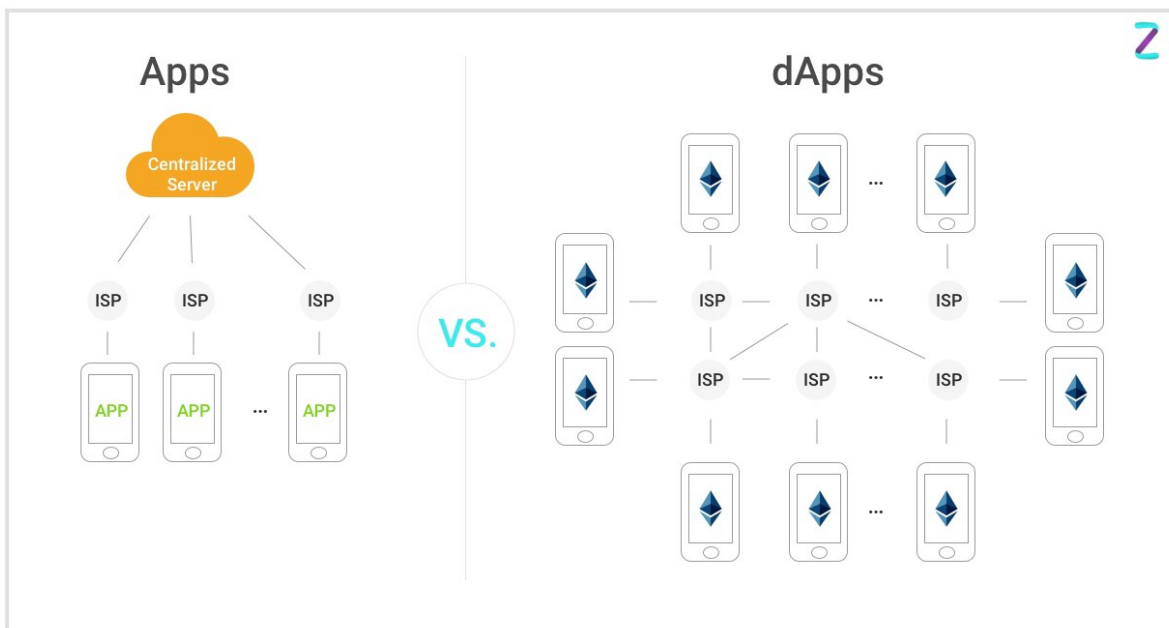
Ένα blockchain είναι ουσιαστικά μια αλυσίδα μπλοκ, όπου κάθε μπλοκ περιέχει ένα σύνολο συναλλαγών. Μόλις προστεθεί ένα μπλοκ στην αλυσίδα μπλοκ, δεν μπορεί να τροποποιηθεί ή να διαγραφεί. Αυτό δημιουργεί μια μόνιμη και αδιάψευστη λίστα όλων των συναλλαγών στο blockchain.



**Σχήμα 1.1:** Η γραφική απεικόνιση της διασύνδεσης των blocks μεταξύ τους σύμφωνα με τον Zheng & Dai [8].

Κάθε μπλοκ στο blockchain περιέχει ένα κρυπτογραφικό κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ, καθώς και μια χρονική σήμανση και δεδομένα συναλλαγής. Έτσι δημιουργείται μια αλυσίδα μπλοκ που τα συνδέει μεταξύ τους και δεν μπορεί να αλλάξει χωρίς να αλλάξουν όλα τα μπλοκ που ακολουθούν. Αυτό καθιστά το blockchain εξαιρετικά ασφαλές, καθώς είναι πολύ δύσκολο να αλλοιωθούν ή να παραβιαστούν τα δεδομένα.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain είναι η αποκεντρωμένη φύση της. Αντί να έχει μια κεντρική αρχή ή ενδιαμέσο, όπως μια τράπεζα, που ελέγχει το σύστημα, ένα blockchain διατηρείται από ένα δίκτυο υπολογιστών, που ονομάζονται κόμβοι. Κάθε κόμβος στο δίκτυο έχει ένα αντίγραφο του blockchain και βοηθά στην επικύρωση και την επεξεργασία των συναλλαγών. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει κανένα σημείο αστοχίας στο σύστημα, καθιστώντας το περισσότερο ανθεκτικό και ασφαλές.



Source : [www.intuz.com](http://www.intuz.com)

**Σχήμα 1.2 :** Η αρχιτεκτονική των κλασικών εφαρμογών σε αντίθεση με την αρχιτεκτονική των DApps, αποτελείται από ένα κεντρικό εξυπηρετητή. Στις αποκεντρωμένες εφαρμογές βλέπουμε πως ουσιαστικά αφαιρείται ο κεντρικός εξυπηρετητής και έχουμε απευθείας επικοινωνία.

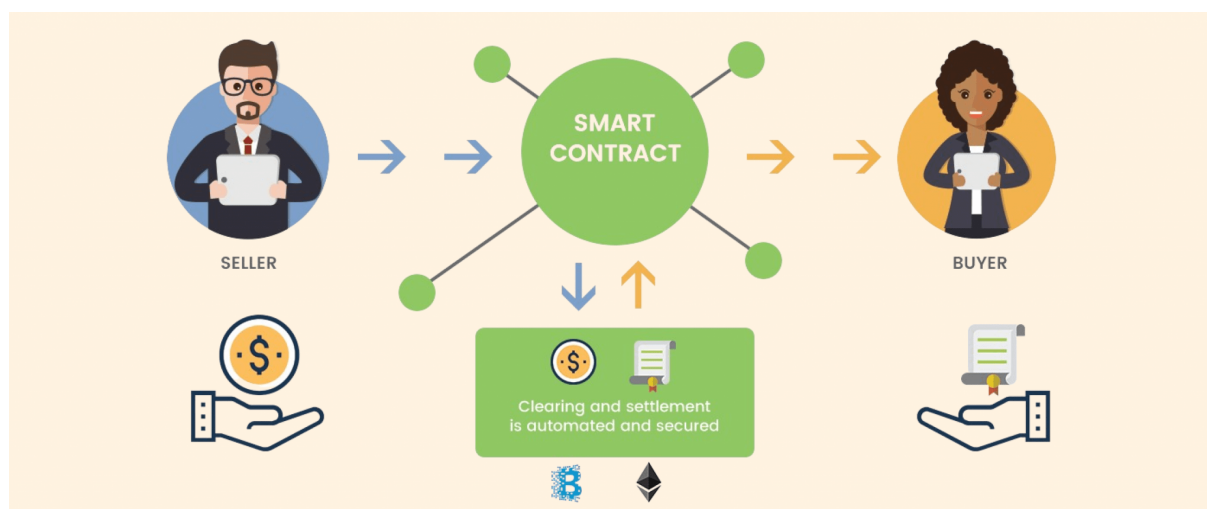
Τα έξυπνα συμβόλαια είναι συμβάσεις αυτοεκτελούμενες με τους όρους της συμβολαίου γραμμένους απευθείας σε γραμμές κώδικα. Αυτά τα συμβόλαια μπορούν να αποθηκευτούν και να αναπαραχθούν στο δίκτυο blockchain. Τα έξυπνα συμβόλαια επιτρέπουν την αυτοματοποίηση των ψηφιακών διαδικασιών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους κλάδους, όπως η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα συστήματα ψηφοφορίας και τα ακίνητα.

Συνοπτικά, η τεχνολογία blockchain είναι ένα αποκεντρωμένο και κατανεμημένο ψηφιακό σύστημα που χρησιμοποιείται για την καταγραφή συναλλαγών σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Δημιουργεί ένα μόνιμο και αδιάφυστο αρχείο όλων των συναλλαγών και διατηρείται από ένα δίκτυο κόμβων. Η χρήση συναινετικών αλγορίθμων και έξυπνων συμβολαίων, επιτρέπει ασφαλείς και αυτοματοποιημένες ψηφιακές συναλλαγές. Ενώ αρχικά χρησιμοποιήθηκε για το κρυπτονόμισμα, Bitcoin, έκτοτε έχει εφαρμοστεί σε μια ποικιλία άλλων βιομηχανιών

## 1.2 Εισαγωγή στα DApps

Οι αποκεντρωμένες εφαρμογές (DApps) είναι πλέον ευρέως διαδεδομένες και έχουν αποκτήσει μεγάλο φάσμα υλοποίησης από απλές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται ως εργαλεία μέχρι πολύ μεγάλου μεγέθους εφαρμογές οι οποίες έχουν γίνει ο πυρήνας πολλών επιχειρήσεων. Στην ουσία, είναι ψηφιακές εφαρμογές ή προγράμματα που είναι χτισμένα πάνω σε αποκεντρωμένες πλατφόρμες όπως η τεχνολογία blockchain. Αυτοί οι τύποι εφαρμογών έχουν σχεδιαστεί για να διανέμονται και να λειτουργούν σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο και όχι σε έναν κεντρικό δίκτυο.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των dApps είναι ότι κατασκευάζονται με χρήση τεχνολογίας έξυπνων συμβολαίων, η οποία τους επιτρέπει να εκτελούνται αυτόματα, χωρίς να χρειάζονται μεσάζοντες. Τα έξυπνα συμβόλαια είναι συμβάσεις αυτοεκτελούμενες με τους όρους της συμφωνίας μεταξύ αγοραστή και πωλητή να γράφονται απευθείας σε γραμμές κώδικα.



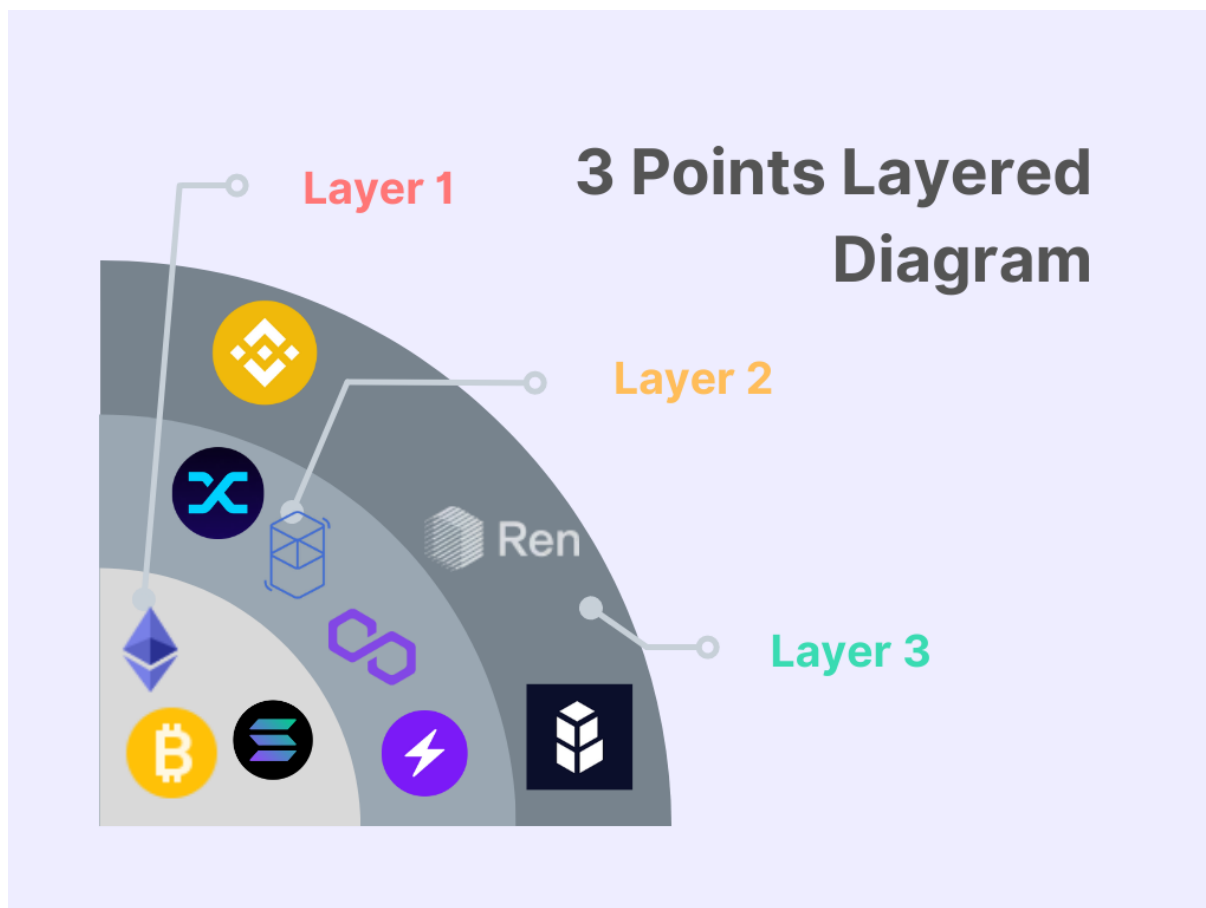
**Εικόνα 1:** Ο τρόπος επικοινωνίας ενός πωλητή και ενός αγοραστή στο Blockchain. Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα τα έξυπνα συμβόλαια αποτελούν τον ‘μεσάζοντα’ για την εκτέλεση των συναλλαγών στις αποκεντρωμένες εφαρμογές.

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα των dApps είναι ότι δεν ελέγχονται από καμία μεμονωμένη οντότητα, αυτό δηλαδή σημαίνει ότι δεν μπορούν να κλείσουν ή να λογοκριθούν από καμία κυβέρνηση ή οργανισμό. Για το λόγο αυτό καθίστανται ιδανικά για εφαρμογές όπως η ηλεκτρονική ψηφοφορία, οι αγορές και οι αποκεντρωμένες συναλλαγές.

Η άφιξη των dApps έχει δημιουργήσει έναν προβληματισμό στους ιδιοκτήτες εταιρειών καθώς φαίνεται πως υπάρχει μία απότομη και ευρεία υλοποίηση πολλών αποκεντρωμένων εφαρμογών οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις αντικαθιστούν τις κλασσικές εφαρμογές.

Ακόμη ένα πλεονέκτημα των dApps είναι πως είναι πιο ασφαλείς από τις παραδοσιακές κεντρικές εφαρμογές. Επειδή οι dApps χτίζονται πάνω σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο, δεν υπάρχει κεντρικό σημείο αποτυχίας (single point of failure), γεγονός που τις καθιστά πολύ πιο ανθεκτικές στο hacking και από άλλες μορφές επιθέσεων στον κυβερνοχώρο.

Εκτός από αυτά τα πλεονεκτήματα, οι dApps έχουν επίσης τη δυνατότητα να αυξήσουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα και να μειώσουν το κόστος μιας επιχείρησης. Για παράδειγμα, μια αποκεντρωμένη εφαρμογή κοινής χρήσης διαδρομής θα εξαλείψει την ανάγκη για έναν κεντρικό μεσάζοντα (Google Maps για παράδειγμα). Υπάρχουν διάφοροι τύποι dApps, οι οποίοι ταξινομούνται με βάση τη λειτουργικότητά τους και την πλατφόρμα blockchain πάνω στην οποία έχουν κατασκευαστεί.

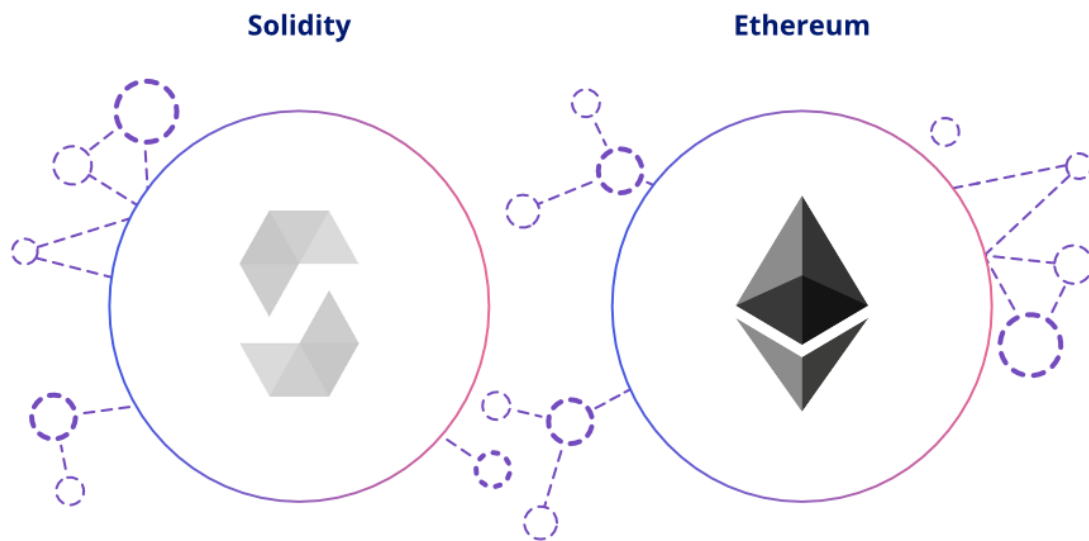


**Εικόνα 2:** Οι τρεις τύποι αποκεντρωμένων εφαρμογών. Παραπάνω βλέπουμε μερικά παραδείγματα αποκεντρωμένων εφαρμογών από κάθε τύπο. Στο Layer 1 , (παρακάτω το αναφέρουμε ως Τύπος I ) βρίσκουμε εφαρμογές που βρίσκονται στο δικό τους Blockchain όπως το Bitcoin και το Ethereum. Στο Layer 2 είναι οι εφαρμογές που χτίζονται πάνω από τις εφαρμογές τύπου I , όπως το BOBA Network. Τέλος στο Layer 3 βλέπουμε εφαρμογές που συνήθως χρησιμοποιούνται ως User Interface.

Παρακάτω θα αναλύσουμε τις αποκεντρωμένες εφαρμογές τις οποίες μπορούμε να διαχωρίσουμε σε τρεις (3) κατηγορίες απομόνωσης, με δεδομένα που συλλάξαμε από διάφορες πηγές και θα αναλύσουμε μία χρήσιμη εξήγηση που δίνει ο Nweke [11] :

**dApps Τύπου I:** Πρόκειται για πλήρως αποκεντρωμένες εφαρμογές που είναι χτισμένες στο δικό τους blockchain. Αυτές οι εφαρμογές έχουν τα δικά τους διακριτικά, τα οποία χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτήσουν το δίκτυο και να παρέχουν κίνητρα στους χρήστες να συμμετέχουν. Παραδείγματα dApps τύπου I περιλαμβάνουν το Bitcoin, το Ethereum και το Litecoin.

Αξίζει να αναφέρουμε σχετικά με τον τύπο αυτό πως μετά την αύξηση του Ethereum, μιας πλατφόρμας Blockchain η οποία υλοποιεί την ανάπτυξη λογισμικού μέσω της προγραμματιστής γλώσσας Solidity και των έξυπνων συμβολαίων τα οποία είναι κομμάτια κώδικα τα οποία χρησιμοποιούνται για την δημιουργία συναλλαγών με το Blockchain, οι αποκεντρωμένες εφαρμογές είναι πλέον ευρέως διαδεδομένες καθώς η δημιουργία τους έχει καταστεί πολύ πιο εύκολη από ότι πριν. Έκτοτε και με την μετέπειτα άφιξη των NFT (Non-Fungible-Token) ως «μόδα» έχει εκτοξεύσει την αγορά των αποκεντρωμένων εφαρμογών σε μία αγορά δισεκατομμυρίων. Τα NFT είναι στην ουσία ψηφιακή τέχνη η οποία μπορεί να πωληθεί από χρήστη σε χρήστη ανεβάζοντας την αξία της.



**Εικόνα 3:** Ένα πολύ χαρακτηριστικό παράδειγμα αποκεντρωμένης εφαρμογής που έχει το δικό της Blockchain είναι το Ethereum. Το Ethereum είναι το πρώτο που εισήγαγε την δική του γλώσσα προγραμματισμού (Solidity).

**dApps τύπου II:** Πρόκειται για αποκεντρωμένες εφαρμογές που είναι χτισμένες πάνω σε υπάρχουσες dApps Τύπου I, όπως το Ethereum. Αυτές οι εφαρμογές χρησιμοποιούν το υποκείμενο blockchain του dApp Type I και ονομάζονται συχνά εφαρμογές "έξυπνων συμβολαίων". Παράδειγμα ενός τέτοιου DApp είναι το Decentraland.

**dApps τύπου III:** Πρόκειται για αποκεντρωμένες εφαρμογές που είναι χτισμένες πάνω σε υπάρχουσες κεντρικές πλατφόρμες. Αυτές οι εφαρμογές χρησιμοποιούν μια κεντρική πλατφόρμα, όπως έναν ιστότοπο ή μια εφαρμογή για κινητά, αλλά χρησιμοποιούν και τεχνολογία blockchain για να παρέχουν αποκέντρωση, ασφάλεια και διαφάνεια. Παράδειγμα εδώ είναι το DApp.com.

Παρά τα πιθανά οφέλη των dApps, εξακολουθούν να υπάρχουν αρκετές προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν προκειμένου να μπορέσουν να υιοθετηθούν ευρέως. Μία από τις κύριες προκλήσεις είναι η επεκτασιμότητα, η οποία αναφέρεται στην ικανότητα μιας dApp να χειρίζεται μεγάλο αριθμό χρηστών και συναλλαγών. Μια άλλη πρόκληση είναι η υιοθέτηση από τον χρήστη, καθώς τα dApps εξακολουθούν να είναι σχετικά νέα και άγνωστα στους περισσότερους ανθρώπους.

Συμπερασματικά, τα dApps είναι ψηφιακές εφαρμογές που είναι χτισμένες πάνω σε αποκεντρωμένες πλατφόρμες όπως η τεχνολογία blockchain. Προσφέρουν πλεονεκτήματα όπως η αποκέντρωση, η ασφάλεια και η διαφάνεια και έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα και να μειώσουν το κόστος. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν αρκετές προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν προκειμένου οι dApps να υιοθετηθούν ευρέως. Καθώς η τεχνολογία και το οικοσύστημα συνεχίζουν να εξελίσσονται, οι dApps έχουν τη δυνατότητα να φέρουν επανάσταση σε πολλούς κλάδους και να φέρουν περισσότερη διαφάνεια, ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί πως τα DApps και γενικότερα το Blockchain, έχουν δεχθεί πολύ κριτική για την ενέργεια που καταναλώνουν για να λειτουργήσουν αν και δεν φαίνεται να υπάρχουν πολλές μελέτες, μετά από αναζήτηση που κάναμε, οι οποίες να υποστηρίζουν επιστημονικά την κριτική αυτή.

Στην εργασία μας έχουμε κάνει μία ανάλυση αποκεντρωμένων εφαρμογών ανά κατηγορία με βάση την κατηγορία που έχουν επιλέξει οι ιδιοκτήτες της εφαρμογής, να περιγράψει την εφαρμογή τους στην πλατφόρμα State of the DApps.

Η έρευνα διεξήχθη κατά το χρονικό διάστημα Απριλίου 2022 με Σεπτεμβρίου 2022 και τα δεδομένα αφορούν το χρονικό διάστημα αυτό.

### 1.3 Κίνητρο Εργασίας

Στην σημερινή εποχή όπου έχουμε ζήσει τρομερές αλλαγές σε πολύ γρήγορους ρυθμούς, εκτιμούμε πως η αποκεντρωμένες εφαρμογές θα έχουν πολύ ευρεία εφαρμογή και σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

Για το λόγο αυτό στη συγκεκριμένη πτυχιακή μελετήσαμε το φαινόμενο ώστε να είμαστε προετοιμασμένοι ως προς τις επερχόμενες αλλαγές αλλά καθώς επίσης και να εκμεταλλευτούμε την γνώση που αποκτήσαμε κάνοντας την εργασία αυτή σε μελλοντικές έρευνες. Μερικά χαρακτηριστικά που μας ώθησαν στην έρευνα αυτή:

**Τεχνολογική καινοτομία:** Τα Dapps αντιπροσωπεύουν ένα νέο και ταχέως εξελισσόμενο πεδίο τεχνολογίας που έχει τη δυνατότητα να αλλάξει τον τρόπο που αλληλεπιδρούμε με τον ψηφιακό κόσμο. Η έρευνα για το Dapps μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της υποκείμενης τεχνολογίας, των πιθανών χρήσεων και των περιορισμών της.

**Οικονομικός αντίκτυπος:** Τα Dapps έχουν τη δυνατότητα να διαταράζουν τα παραδοσιακά επιχειρηματικά μοντέλα και να δημιουργήσουν νέες μορφές οικονομικής δραστηριότητας. Η έρευνα για τα Dapps μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση του πιθανού οικονομικού αντίκτυπου αυτής της τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων νέων μορφών δημιουργίας αξίας και ανταγωνισμού.

**Κοινωνικός αντίκτυπος:** Τα Dapps έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν την πρόσβαση σε αγαθά και υπηρεσίες, να δημιουργήσουν νέες μορφές κοινωνικής αλληλεπίδρασης και να αυξήσουν την ατομική αυτονομία. Η έρευνα για το Dapps μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση του κοινωνικού αντίκτυπου αυτής της τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητάς της να προωθήσει μεγαλύτερη ισότητα και συμπερίληψη.

**Νομικές και ρυθμιστικές προκλήσεις:** Το νομικό και ρυθμιστικό περιβάλλον για το Dapps εξακολουθεί να εξελίσσεται και η έρευνα σε αυτόν τον τομέα μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση των επιπτώσεων διαφορετικών ρυθμιστικών προσεγγίσεων, συμπεριλαμβανομένων ζητημάτων που σχετίζονται με το απόρρητο δεδομένων, την πνευματική ιδιοκτησία και την προστασία των καταναλωτών.

**Ασφάλεια:** Τα Dapps λειτουργούν με τεχνολογία blockchain, η οποία γενικά θεωρείται πιο ασφαλής από τα παραδοσιακά κεντρικά συστήματα, αλλά τα Dapps εξακολουθούν να είναι ευάλωτα σε απειλές ασφαλείας, όπως σφάλματα έξυπνων συμβολαίων και άλλους κακόβουλους παράγοντες. Η έρευνα για τα Dapps μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση των προκλήσεων ασφαλείας που σχετίζονται με αυτήν την τεχνολογία και στην εύρεση πιθανών λύσεων για τον ελάττωση τους.

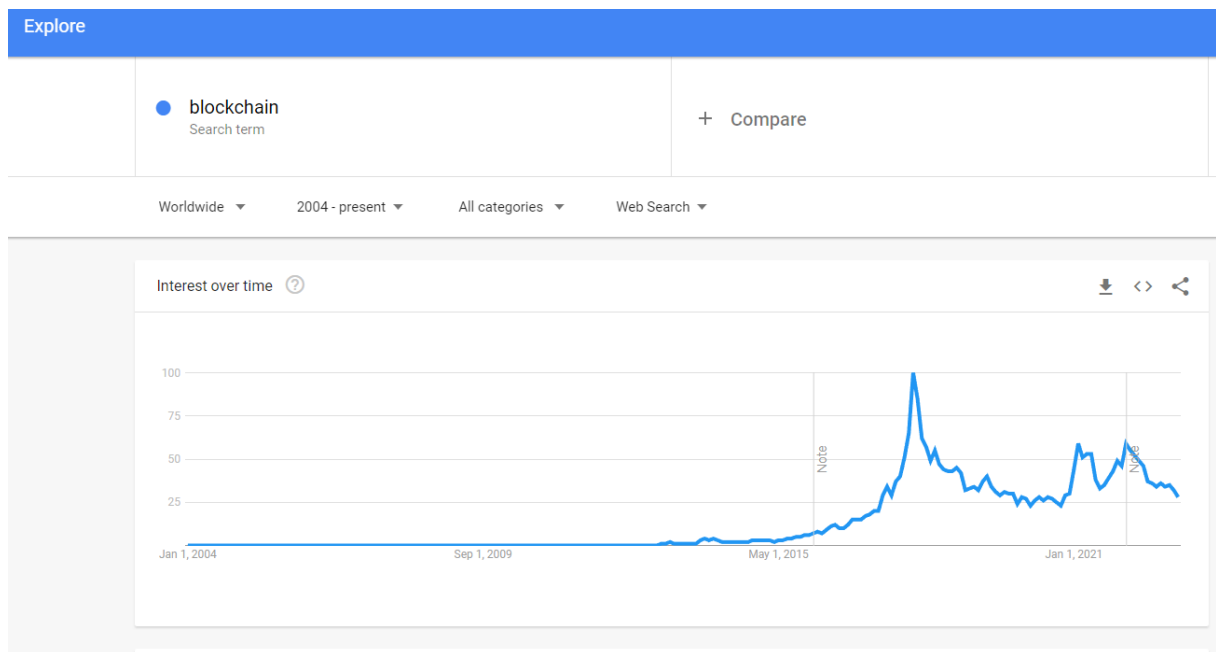
**Επεκτασιμότητα:** Καθώς ο αριθμός των χρηστών και των συναλλαγών σε ένα Dapp αυξάνεται, η επεκτασιμότητα της υποκείμενης υποδομής blockchain γίνεται όλο και πιο σημαντική. Η έρευνα για

## Κεφάλαιο 1

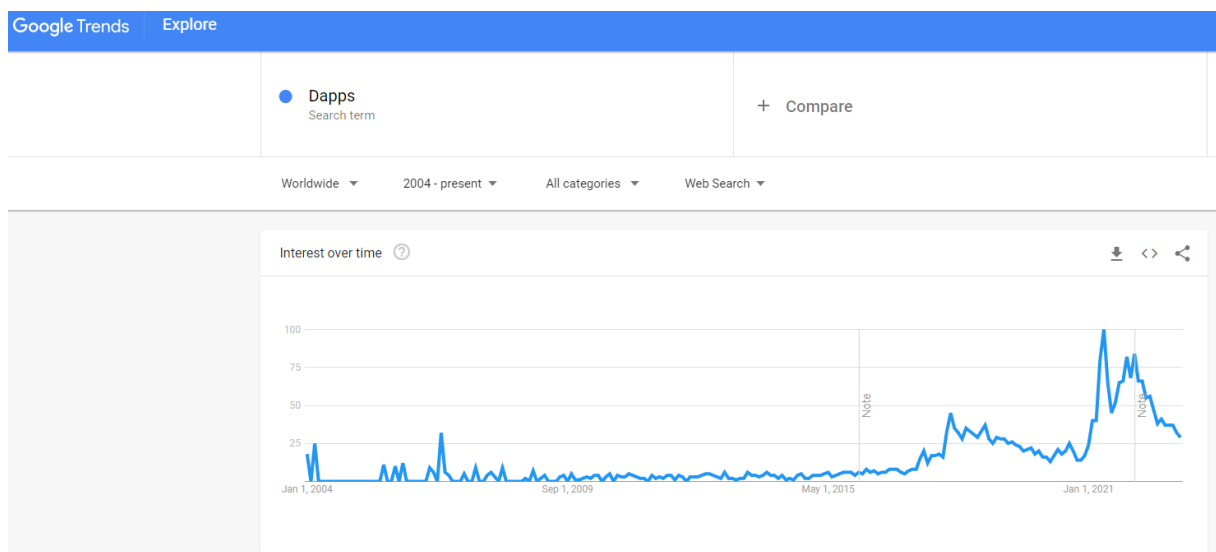
το Dapps μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση των προκλήσεων επεκτασιμότητας και πιθανών λύσεων για τη βελτίωσή του.

**Αποκεντρωμένη χρηματοδότηση (DeFi):** Η αποκεντρωμένη χρηματοδότηση είναι ένας ταχέως αναπτυσσόμενος τομέας που χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain για τη δημιουργία αποκεντρωμένων χρηματοοικονομικών μέσων και αγορών. Η έρευνα των Dapps σε αυτόν τον τομέα μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της δυνατότητας αυτής της τεχνολογίας να διαταράξει τα παραδοσιακά χρηματοπιστωτικά συστήματα, καθώς και τους πιθανούς κινδύνους και τους περιορισμούς της.

Με βάση την ψηφιακή μηχανή αναζήτησης Google, οι αναζητήσεις σχετικά με το Blockchain και τις αποκεντρωμένες εφαρμογές τα τελευταία χρόνια έχουν εκτοξευθεί όπως θα δούμε και στα παρακάτω γραφήματα:



**Εικόνα 4:** Χρήση του 'Όρου' Blockchain για αναζητήσεις στο Google από το 2004 και μετά.



**Εικόνα 5:** Χρήση του Όρου Dapps για αναζητήσεις στο Google από το 2004 και μετά.

Τα παραπάνω γραφήματα απεικονίζουν τις σχετικές αναζητήσεις σχετικά με τους όρους ‘Dapps’ και ‘Blockchain’ τα τελευταία χρόνια. Πραγματοποιήσαμε μία εμπειρική μελέτη στον τομέα των αποκεντρωμένων εφαρμογών θέτοντας μερικά κρίσιμα ερωτήματα προς απάντηση και διενεργώντας τις κατάλληλες στατιστικές αναλύσεις ώστε να μπορέσουμε να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για την δημοτικότητα, την οικονομική απήχηση και την προγραμματιστική δραστηριότητα στον τομέα των αποκεντρωμένων εφαρμογών.

## 1.4 Δομή Εργασίας

Η συνέχεια της εργασίας αυτής οργανώνεται με τον παρακάτω τρόπο. Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται οι σχετικές εργασίες και επιστημονικές μελέτες καθώς και το ερευνητικό υπόβαθρο συνολικά στον τομέα των αποκεντρωμένων εφαρμογών.

Το τρίτο (3) κεφάλαιο αναλύει την μεθοδολογία της έρευνας που ακολουθήσαμε και τα βήματα αυτής. Στο τέταρτο (4) κεφάλαιο βρίσκεται η ανάλυση των δεδομένων και η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της έρευνάς μας. Τέλος, στο κεφάλαιο 5 καταλήγουμε σε χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τις αποκεντρωμένες εφαρμογές και θέτουμε θέματα προς μελλοντική έρευνα.

## Κεφάλαιο 2ο: Σχετικές Εργασίες και Ερευνητικό Υπόβαθρο

### 2.1 Σχετικές Εργασίες

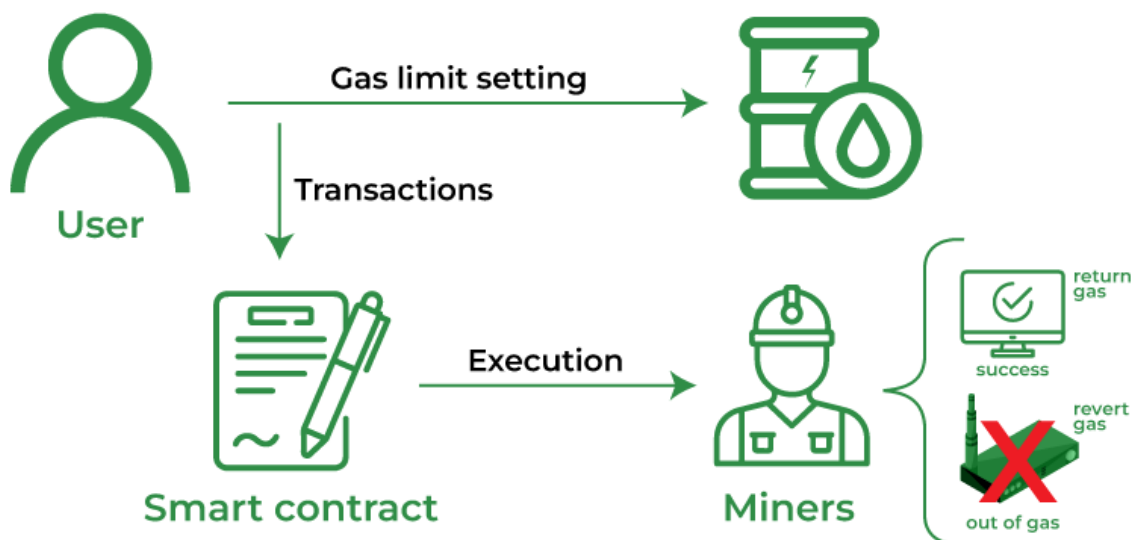
Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε κάποιες σχετικές εργασίες/μελέτες οι οποίες καταλήγουν σε χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία είναι παρεμφερή με την έρευνα και τα αποτελέσματά μας και βοήθησαν στην περάτωση της πτυχιακής αυτής εργασίας.

Ο Wu [1] διενήργησε μια εμπειρική μελέτη στο χώρο των αποκεντρωμένων εφαρμογών η οποία μεταξύ άλλων αναφέρει πως με τον όρο αποκεντρωμένη εφαρμογή, εννοούμε μία εφαρμογή που εκτελείται από πολλαπλούς χρήστες σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο. Με πρώτα αποκεντρωμένα δίκτυα να είναι το Bitcoin και το Ethereum, οι αποκεντρωμένες εφαρμογές έχουν πλέον καταστεί αγορές με δισεκατομμύρια σε εισροές.

Η έρευνα αυτή αποσκοπεί στην ανάλυση και την γεφύρωση του κενού γνώσεων που υπάρχει σχετικά με τις αποκεντρωμένες εφαρμογές χρησιμοποιώντας στατιστικά στοιχεία από διάφορες δημοφιλείς πλατφόρμες. Τελικός στόχος είναι η ανάλυση ως προς την δημοτικότητα, το κατά πόσο η χρήση Open Source τεχνολογιών επηρεάζει τις αποκεντρωμένες εφαρμογές και το εάν αν οι εφαρμογές αυτές επαναχρησιμοποιούνται.

Για να προχωρήσει στην ανάλυση η έρευνα πρώτα αναφέρει τι ορίζεται ως ‘Blockchain’, δηλαδή ένα αποκεντροποιημένο σύστημα αποθήκευσης δεδομένων με μηχανισμό FIFO (First In First Out) το οποίο εκμεταλλεύεται την αμεταβλητότητα, την δυνατότητα ελέγχου, την επιμονή και αποκέντρωση, ώστε να παρέχει ασφαλείς, επίμονες και ανώνυμες υπηρεσίες. Επίσης, ως ‘Έξυπνο συμβόλαιο’ ορίζει ένα σετ από ψηφιακά ορισμένες ‘υποσχέσεις’ καθώς επίσης και την διαδικασία εκτέλεσης τους. Στην πραγματικότητα, τα έξυπνα συμβόλαια είναι ένα σύνολο από προγράμματα που δέχονται αιτήσεις, καλούν προκαθορισμένες συναρτήσεις και σώζουν τα αποτελέσματα στο Blockchain.

Επειδή οι προγραμματιστές έχουν την δυνατότητα να δημιουργήσουν απεριόριστα προγράμματα με έξυπνα συμβόλαια πράγμα το οποίο μπορεί να επιβαρύνει το Blockchain, έχει εφευρεθεί το λεγόμενο ‘Gas Fee’ το οποίο στην ουσία είναι ένα αντίτιμο που πρέπει να πληρωθεί (μέσω κρυπτονομισμάτων) για να εκτελεστούν οι συναρτήσεις κάθε έξυπνου συμβολαίου.



**Σχήμα 2.0:** Η χρήση Gas Fee για την εκτέλεση συναλλαγών έτσι ώστε να μην υπερ τροφοδοτείται το Blockchain με αμέτρητες συναλλαγές. Ο χρήστης μέσω ενός έξυπνου συμβολαίου αιτεί την εκτέλεση μιας συναλλαγής, και οι Miners εκτελούν την συναλλαγή.

Στην συγκεκριμένη μελέτη συγκεντρώνονται δεδομένα από τις πηγές που ακολουθούν: State of DApps μια ιδιωτικά χρηματοδοτούμενη πλατφόρμα όπως και το DAppRadar. Επίσης χρησιμοποιούνται δεδομένα από το Etherscan το οποίο είναι μια εφαρμογή εξερεύνησης έξυπνων συμβολαίων στην Blockchain αλυσίδα του Ethereum.

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν πως οι κατηγορίες αποκεντρωποιημένων εφαρμογών με τους περισσότερους μοναδικούς χρήστες και τις περισσότερες συναλλαγές είναι τα Exchanges, τα Wallets και τα Games. Οι δύο πρώτες κατηγορίες έχουν δεχθεί μεγάλη επιρροή από την ύπαρξη του Ethereum το οποίο είναι μία πολύ διάσημη αλυσίδα Blockchain.

Επίσης, η μελέτη έδειξε πως υπήρξε ραγδαία αύξηση στην δημοτικότητα των αποκεντρωμένων εφαρμογών από τις αρχές του 2018 με το 80% των συναλλαγών να περιορίζονται μονάχα σε περιορισμένο αριθμό αποκεντρωμένων εφαρμογών.

Όσον αφορά την δημοσιοποίηση του πηγαίου κώδικα των έξυπνων συμβολαίων το οποίο αυτόματα μετατρέπει την εφαρμογή σε Open Source, η μελέτη δείχνει καθαρά πως αυτό βοηθά στο να αποκτήσει η εφαρμογή κοινό. Παρόλα αυτά δεν φαίνεται οι μεγαλύτερες σε απήχηση εφαρμογές να είναι open source.

Τέλος η επαναχρησιμοποίηση των έξυπνων συμβολαίων είναι εφικτή το οποίο στην ουσία είναι απλά η επαναχρησιμοποίηση ενός έξυπνου συμβολαίου για παραπάνω από μία αποκεντρωμένη εφαρμογή. Επίσης, ο κώδικας των αποκεντρωποιημένων εφαρμογών που έχει δημοσιευθεί, φαίνεται να μπορεί (και να έχει) να επαναχρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό ιδιαίτερα στις κατηγορίες του τζόγου και των παιχνιδιών όπου κάποιες λειτουργίες παραμένουν ίδιες μεταξύ εφαρμογών.

Η μελέτη καταλήγει στο γεγονός πως το μέγεθος της αγοράς των αποκεντρωποιημένων εφαρμογών μεγαλώνει συστηματικά καθώς επίσης στο ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της δημοτικότητας των εφαρμογών με διάφορους παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω όπως η δημοσιοποίηση του πηγαίου κώδικα και η κατηγορία της εφαρμογής.

Στην επόμενη μελέτη, [2] ο Cui ορίζει μία αποκεντροποιημένη εφαρμογή ως μια εφαρμογή Blockchain εφαρμοσμένη στην πλατφόρμα του Ethereum Blockchain με σκοπό την δημιουργία και αξιοποίηση έξυπνων συμβολαίων. Οι εφαρμογές αυτές έχουν φέρει μια επανάσταση στο παγκόσμιο επιχειρείν με πολλές εταιρίες πλέον να τα συμπεριλαμβάνουν ως μία αξιόπιστη λύση.

Ο σκοπός της μελέτης αυτής είναι να μεταφέρει την γνώση πάνω στην τεχνολογία του Blockchain αναλύοντας αποκεντρωμένες εφαρμογές στην πλατφόρμα του Ethereum.

Αρχικά, το Bitcoin, το οποίο εφευρέθηκε το 2008 από τον Satoshi Nakamoto, ήταν η πρώτη μορφή Blockchain τεχνολογίας η οποία όμως είχε πολλούς περιορισμούς όσον αφορά την προγραμματιστική γλώσσα Scripting που χρησιμοποιούσε. Έτσι δημιουργήθηκε το Ethereum το οποίο ήταν η πρώτη πλατφόρμα που έκανε την ανάπτυξη αποκεντρωμένων εφαρμογών εύκολη.

## Κεφάλαιο 2

Τα έξυπνα συμβόλαια είναι ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται η σύνδεση με το εκάστοτε Blockchain όπως αναφέρει. Έτσι οι περισσότερες εφαρμογές συνδυάζουν συνήθως μία κλασική (UI) εφαρμογή με την χρήση των έξυπνων συμβολαίων για να επιτευχθεί η σύνδεση και επικοινωνία με το Blockchain. Το Ethereum καθιστά εύκολη την δημιουργία εφαρμογών από τους προγραμματιστές κυρίως με την προγραμματιστική γλώσσα Solidity η οποία είναι μια Object Oriented (Javascript-like) γλώσσα προγραμματισμού.

```
20 contract("ERC20Regular Contract Test Suite", async accounts => {
21
22   "use strict";
23
24   if(accounts.length > 8) accounts = (new Chance()).pickset(accounts, 8); // avoid too many accounts
25   const EventNames = { Transfer: 'Transfer', Approval: 'Approval' };
26
27   before(async() => {
36   });
37
38   describe("Initial State", () => {
74   });
75
76   describe("Minting", () => {
148   });
149
150   describe("Transfer", () => {
151
152     it("Can transfer decreasing sender's balance and increasing recipient's balance as much.", async() => {
153       const chance = new Chance();
154       const admin = chance.pickone(accounts);
155       const token = await Token.new('Color Token', 'RGB', {from: admin});
156       console.debug(`New token contract deployed - address: ${token.address}`);
157
158       let balance = 0;
159       for(const acct of accounts){
160         balance = toBN(1E19).muln(chance.natural({min: 1, max: 100}));
161         await token.mint(acct, balance, {from: admin});
162       }
163
164       const loops = 20;
165       let sender = null, recipient = null, delta = 0;
166       let senderBal1 = 0, senderBal2 = 0, recipientBal1 = 0, recipientBal2 = 0;
167       for(let i = 0; i < loops; i++){
168         [sender, recipient] = chance.pickset(accounts, 2);
169         senderBal1 = await token.balanceOf(sender);
170         recipientBal1 = await token.balanceOf(recipient);
171
172         delta = chance.bool({likelihood: 10}) ? toBN(0) : toBN(1E10).muln(chance.natural({min: 1, max: 100000}));
173         await token.transfer(recipient, delta, {from: sender});
```

**Εικόνα 6:** Η γλώσσα προγραμματισμού, Solidity. Η γλώσσα αυτή είναι μία αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού που εμφανίζει ομοιότητες με την Javascript.

Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιούνται δεδομένα από πλατφόρμες συλλογής δεδομένων όπως το State of Dapps ώστε να μπορέσουν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις αποκεντρωμένες εφαρμογές στο Ethereum Blockchain.

**Πίνακας 2.0:** Understanding the Blockchain Ecosystem with Analysis of Decentralized Applications: an Empirical Study

Πλατφόρμα	Κατηγορία Αποκεντρωμένης Εφαρμογής	Πλατφόρμα Ανάπτυξης	Ιστοσελίδα
State of DApps	Finance. Marketplaces. Social. Security. Games. Wallet. Exchanges. Media. Health. Development, Gambling, Governance, Property, Storage, Identity, Insurance, Energy, High	ETH. Klaytn. EOS. Steem. POA. NEO. xDai. GoChain.	<a href="https://www.stateofthedapps.com">https://www.stateofthedapps.com</a>

	risk		
DApps	Games. Gambling. Exchanges. high-risk marketplaces. collectibles. other	Loom	<a href="https://DAPPradar.com">https://DAPPradar.com</a>
TopDAPP	Games. Exchanges. Entertainment. Social. High risk, Other	LOS, IRON, ETH, ONT. IOST. LOOM. ThunderCore Em. EOS. IRON. IOST. stoom, TomoChain, ONT, Nobulas, WICC, NEO	<a href="https://www.topDAPP.com/">https://www.topDAPP.com/</a>
CoinPlay	Deft IPFS. Exchanges. Wallet. News, Browsers. Content community. market	Em EOS. IRON. Steem, etc	<a href="https://coinplayshop/">https://coinplayshop/</a>

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα της μελέτης, οι αποκεντρωμένες εφαρμογές χαρακτηρίζονται πάντα από τουλάχιστον μία κατηγορία και την πλατφόρμα που δημιουργήθηκαν.

Σε κάθε κατηγορία έχουν εντοπιστεί στην μελέτη αυτή τα αντίστοιχα keywords, το οποίο σημαίνει πως υπάρχει ένας ‘κοινός άξονας’ για τις εφαρμογές αυτές. Για παράδειγμα στην κατηγορία ‘Finance’ υπάρχει έντονη χρήση της λέξης ‘Token’ η οποία συνήθως αναφέρεται σε ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία των χρηστών.

Επίσης η μελέτη αναφέρει πως οι κάθε κατηγορία αποκεντρωμένης εφαρμογής, δείχνει να έχει και διαφορετική εστίαση. Για παράδειγμα η κατηγορία Games εστιάζει στην ψυχαγωγία και την συναλλαγή.

Τέλος η μελέτη προσπαθεί να αναλύσει τις διάφορες μεταβλητές μιας αποκεντρωμένης εφαρμογής όπως ο αριθμός των ενεργών χρηστών σε σχέση με τις συναλλαγές που εκτελούνται για παράδειγμα.

Έτσι καταλήγει στο συμπέρασμα πως όσο περισσότερη ενεργός είναι οι αποκεντρωμένες εφαρμογές, τόσες περισσότερες συναλλαγές θα έχουν. Στο να θεωρηθεί μια αποκεντρωμένη εφαρμογή ως ενεργή, θα πρέπει οι προγραμματιστές που συμμετέχουν να είναι ενεργοί στις πλατφόρμες προγραμματισμού και να ανανεώνουν / επεκτείνουν συνεχώς τον κώδικα, εάν θέλουν να τραβήξουν την προσοχή περισσότερων χρηστών.

Ο Wu, διενήργησε την επόμενη μελέτη [3] στην οποία βλέπουμε μία συνολική εμπειρική μελέτη των βασισμένων σε blockchain αποκεντρωμένων εφαρμογών (DApps) μέχρι σήμερα. Βασίστηκε σε ένα σύνολο δεδομένων 995 αποκεντρωμένων εφαρμογών βασισμένα στην πλατφόρμα του Ethereum και 29.846.075 καταγραφές συναλλαγών πάνω σε αυτές.

## Κεφάλαιο 2

Η μελέτη σκοπεύει να κατανοήσει την δημοτικότητα των DApps, τον τρόπο που χρησιμοποιούν τα smart contracts για να αποκτήσουν πρόσβαση στο υποβάθριο blockchain και τα προβλήματα που μπορούν να επιλυθούν κατά την δημιουργία και τη λειτουργία των αποκεντρωμένων εφαρμογών.

Τα αποτελέσματα της μελέτης χρησιμοποιούνται για να προτείνονται εφαρμογές για τους χρήστες αποκεντρωμένων εφαρμογών και ώστε να επιλέξουν τις κατάλληλες αποκεντρωμένες εφαρμογές, για τους προγραμματιστές αποκεντρωμένων εφαρμογών να βελτιώσουν την αποδοτικότητα των εφαρμογών τους και για τους πωλητές blockchain τεχνολογιών ώστε να βελτιώσουν την υποστήριξη των αποκεντρωμένων εφαρμογών τους.

Μελετήθηκαν λεπτομερώς αποκεντρωμένες εφαρμογές που “τρέχουν” στην πλατφόρμα Ethereum. Ο κύριος σκοπός είναι η μελέτη της δημοτικότητας των αποκεντρωμένων εφαρμογών, τις κοινές πρακτικές ανάπτυξης τέτοιων εφαρμογών και το κόστος συντήρησης των εφαρμογών αυτών.

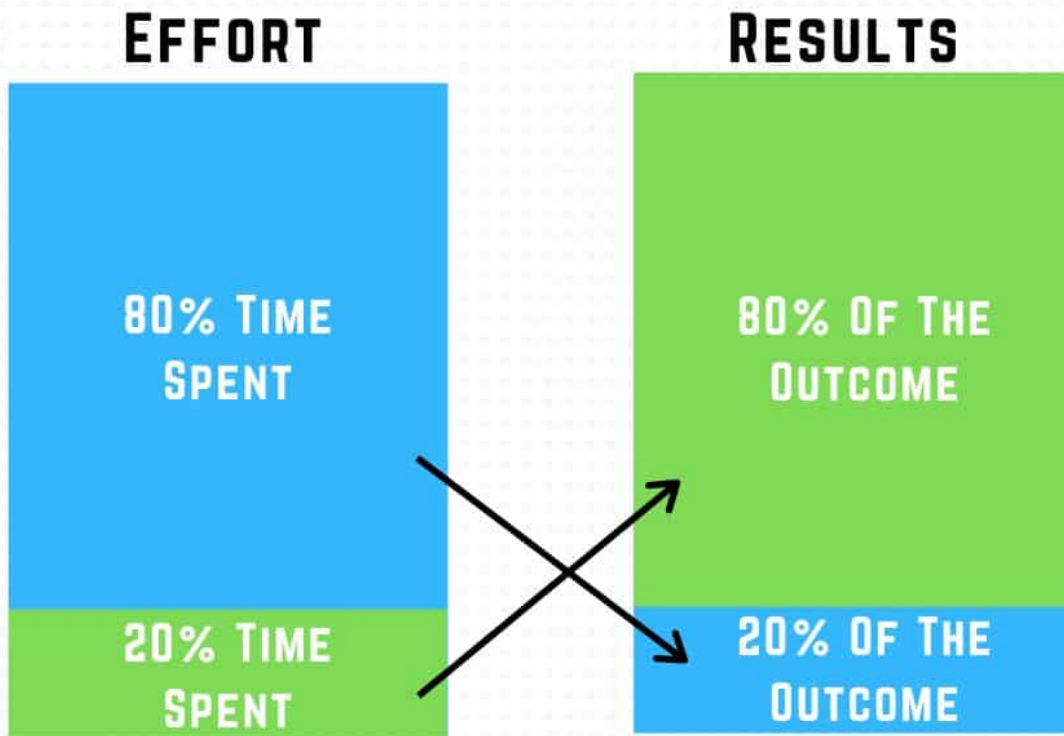
Το Ethereum είναι μία Open-Source πλατφόρμα που επιτρέπει την ανάπτυξη έξυπνων συμβολαίων τα οποία ανέλυσαν και όρισαν και οι προαναφερθείσες εργασίες. Οι συναλλαγές στην πλατφόρμα αυτή μπορεί να είναι δύο ειδών:

- Συναλλαγές Ether , δηλαδή συναλλαγές κρυπτονομίσματος ETH μεταξύ δύο χρηστών.
- Εκτελέσεις έξυπνων συμβολαίων.

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται στην πλατφόρμα αυτή είναι η Solidity.

Τα αποτελέσματα δείχνουν πως η δημοτικότητα των εφαρμογών αυτών ακολουθούν το “Pareto Principle” που πρακτικά σημαίνει ότι το 80% των εφαρμογών συνολικά είναι λιγότερο δημοφιλή από το υπόλοιπο 20%. Οι εφαρμογές με πολύ μεγάλη αύξηση σε χρήστες και συναλλαγές εντοπίζονται κυρίως στις κατηγορίες των παιχνιδιών και του τζόγου και των οικονομικών στην μελέτη αυτή.

## THE PARETO PRINCIPLE



**Εικόνα 7:** Μία όψη της λογικής του Pareto Principle.

Ο πηγαίος κώδικας των εφαρμογών που αναλύθηκαν φαίνεται να είναι κατά 15% μόνο Open Source με τα Open Source Project να έχουν περισσότερες συναλλαγές. Το 75% των εφαρμογών αποτελούνται από μονάχα ένα έξυπνο συμβόλαιο. Το κόστος συντήρησης μιας εφαρμογής με περισσότερα από ένα έξυπνα συμβόλαια είναι μεγαλύτερο από το κόστος μιας εφαρμογής με μονάχα ένα συμβόλαιο.

Ο Gustavo αναφέρει στην [4] μελέτη του σχετικά με τα έξυπνα συμβόλαια στην πλατφόρμα Ethereum, πως χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τέσσερις διαφορετικές πηγές δεδομένων (Google Big Query, Etherscan, State of Dapps, CoinMarketCap) για να εξεταστεί το επίπεδο της δραστηριότητας, η κατηγορία και η πολυπλοκότητα των έξυπνων συμβολαίων στην πλατφόρμα αυτή στο χρονικό διάστημα μεταξύ του 2015 και 2018.

Όπως και οι προηγούμενες εργασίες, η εργασία αυτή αναφέρει πως οι περισσότερες συναλλαγές στην πλατφόρμα αυτή γίνεται από μία πολύ μικρή πλειοψηφία εφαρμογών καθώς επίσης πως ο πηγαίος κώδικας των εφαρμογών αυτών τείνει να είναι μικρός.

Πολλές εφαρμογές στην πλατφόρμα αυτή δεν μπόρεσαν ποτέ να αξιοποιηθούν με ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των έξυπνων συμβολαίων, περίπου τα  $\frac{2}{3}$  να μην έχουν εκτελέσει ούτε μία συναλλαγή.

Όπως προαναφέρθηκε οι περισσότερες συναλλαγές εκτελέστηκαν από έναν πολύ μικρό αριθμό εφαρμογών, οι οποίες κατά μεγάλο ποσοστό παραμένουν ενεργές για μεγάλο χρονικό διάστημα, καθώς επίσης βρέθηκε πως τα παλαιότερα συμβόλαια δεν είναι αναγκαίο να δέχονται περισσότερες συναλλαγές.

Η πλατφόρμα Ethereum όπως είναι αναμενόμενο έχει και κάποιες δυσλειτουργίες. Η μελέτη αναφέρει πως στην συγκεκριμένη πλατφόρμα είναι δύσκολο να καταλάβει κάποιος και να παρακολουθήσει τον φόρτο εργασίας ενός έξυπνου συμβολαίου καθώς επίσης και πως δεν υπάρχει κάποιος τρόπος να διαπιστώσουμε εάν η υπολογιστική δύναμη της Blockchain πλατφόρμας του Ethereum είναι δίκαια κατανεμημένη μιας και δεν υπάρχουν δεδομένα που να στηρίζουν αυτή την θεωρία.

Επίσης, η υψηλή απόκλιση σε δραστηριότητα μεταξύ των δημοφιλών και μη δημοφιλών εφαρμογών και κατ'επέκταση, έξυπνων συμβολαίων δημιουργεί ερωτήματα στο κατά πόσο η πλατφόρμα θα είναι σε θέση να ανταπεξέλθει σε κυβερνοεπιθέσεις, όπως για παράδειγμα μια DoS (Denial of Service) κυβερνοεπίθεση.

Όσον αφορά την δημοτικότητα των αποκεντρωμένων εφαρμογών και έξυπνων συμβολαίων στην πλατφόρμα του Ethereum, φαίνεται πως οι περισσότερες συναλλαγές σε αξία έχουν πραγματοποιηθεί στην κατηγορία "Exchanges" με συνολικό ποσό συναλλαγών περίπου στα 2 δις. Δολάρια (\$).

Από τα έξυπνα αυτά συμβόλαια με τις περισσότερες συναλλαγές, φαίνεται πως τα περισσότερα εκτελούν κάποια απλή συναλλαγή token ο οποίος είναι ένας τύπος συναλλαγής που εκτελείται συχνά στο Ethereum blockchain όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη μελέτη. Επιπροσθέτως, όπως και οι προηγούμενες μελέτες, έτσι και αυτή, τοποθετεί τις κατηγορίες Gaming, Gambling, Exchanges στις περισσότερο δημοφιλείς και τις περισσότερες συναλλαγές.

Παρατηρείται βέβαια πως το μοντέλο ανάπτυξης των εφαρμογών έξυπνων συμβολαίων σε δημοφιλείς και μη εφαρμογές οδηγεί στην δημιουργία πολύ βασικών αποκεντρωμένων εφαρμογών στο χρονικό διάστημα της μελέτης αυτής.

Τέλος, αναλύθηκαν επίσης δεδομένα από την πλατφόρμα Github όσον αφορά τον πηγαίο κώδικα των έξυπνων συμβολαίων από την οποία ανάλυση προέκυψε πως οι περισσότερο δημοφιλείς εφαρμογές χρησιμοποιούν ελάχιστα πιο περίπλοκα έξυπνα συμβόλαια από τις υπόλοιπες με τον αριθμό των γραμμών κώδικα να παραμένει σταθερός ανα περιόδους, πράγμα που οδηγεί στο συμπέρασμα πως κατά την διάρκεια της μελέτης αυτής ο προγραμματισμός στην πλατφόρμα αυτή δεν είναι ακόμη αρκετά διαδεδομένος και με αρκετές δυνατότητες.

Στην 5η εργασία η Anjee et al [5] αναφέρει πως το Blockchain είναι ένας τύπος κατανεμημένης βάσης δεδομένων που περιέχει μια σειρά εγγραφών που συνδέονται μέσω συνδέσμων γνωστών ως αλυσίδες.

Επιτρέπει τη δημιουργία ενός αποκεντρωμένου υπολογιστικού περιβάλλοντος και χρησιμοποιείται συχνά για αποθήκευση και ανταλλαγή πληροφοριών σε οργανισμούς. Αρχικά έγινε δημοφιλής με την άνοδο του Bitcoin ως κρυπτονομίσματος, αλλά έκτοτε έχει εφαρμοστεί σε διάφορες άλλες χρήσεις. Αυτό το άρθρο εξετάζει 76 δημοσιεύσεις περιοδικών σχετικά με το blockchain από το 2016 έως το 2018 και τις ομαδοποιεί σε 14 ερευνητικές κατηγορίες: γενικό blockchain, απόρρητο και ασφάλεια δεδομένων, πλαίσιο blockchain, εξόρυξη, υπολογιστικό νέφος, αλγόριθμοι, κατανεμημένος υπολογισμός, επεκτασιμότητα, μεθοδολογία, Internet of Things, δομή peer-to-peer, τεχνολογία δικτύωσης, μοντελοποίηση και εφαρμογές. Οι συγγραφείς προτείνουν ότι η μελλοντική έρευνα για το blockchain θα πρέπει να επικεντρωθεί στο απόρρητο και την ασφάλεια των δεδομένων, την επεκτασιμότητα και τις εφαρμογές.

Οι αλγόριθμοι blockchain χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση της επαληθευσσιμότητας και της αποκεντρωμένης φύσης των δικτύων blockchain. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αλγορίθμων blockchain, συμπεριλαμβανομένων αυτών που βασίζονται σε ολοκληρωμένο παράγοντα πολλαπλών συνδέσμων, Post-Quantum και ομαδοποίηση. Αυτοί οι αλγόριθμοι στοχεύουν στη βελτίωση της επικοινωνίας και της ασφάλειας εντός του δικτύου και στη μείωση της επιρροής των κακόβουλων κόμβων. Ένα άρθρο της μελέτης συζητά επίσης ζητήματα που σχετίζονται με την εξόρυξη blockchain, συμπεριλαμβανομένης της υιοθέτησης διαφορετικών αυθαίρετων στρατηγικών εξόρυξης μπλοκ από μεμονωμένους εξορύκτες με γνώμονα το κέρδος και τη χρήση της εξελικτικής θεωρίας παιγνίων για τη μοντελοποίηση της συμπεριφοράς τους. Ένα άλλο άρθρο εξετάζει τη χρήση της τεχνολογίας κατακευματισμένου καθολικού και της αλυσίδας μπλοκ στην εφοδιαστική αλυσίδα, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης έξυπνων συμβολαίων για την αυτοματοποίηση των διαδικασιών και την αύξηση της διαφάνειας και της εμπιστοσύνης. Τέλος, ένα άρθρο συζητά τη χρήση του blockchain για τη διαχείριση δεδομένων υγείας, συμπεριλαμβανομένων των πλεονεκτημάτων από τη χρήση του blockchain για ασφάλεια και διαλειτουργικότητα δεδομένων, καθώς και τις προκλήσεις και τους περιορισμούς της υιοθέτησής του στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης.

Το Blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση του απορρήτου και της ασφάλειας των δεδομένων σε πλατφόρμες υπολογιστικού νέφους. Για το σκοπό αυτό έχουν προταθεί αρκετοί αλγόριθμοι, συμπεριλαμβανομένων αυτών που χρησιμοποιούν μεθόδους κρυπτογράφησης-αποκρυπτογράφησης και χρονοδιαγράμματα δεσμεύσεων. Το Blockchain μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη διευκόλυνση της ασφαλούς κοινής χρήσης δεδομένων σε περιβάλλοντα υπολογιστικού νέφους, καθώς και για τη βελτίωση των μέτρων ασφάλειας στον κυβερνοχώρο και τη δημιουργία δίκαιων πλαισίων πληρωμής. Άλλες εφαρμογές του blockchain στο cloud computing περιλαμβάνουν τη βελτίωση της διαδικασίας κατανομής πόρων και την ασφαλή εκτέλεση έξυπνων συμβολαίων. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης προκλήσεις και περιορισμοί στην υιοθέτηση του blockchain στο cloud computing, συμπεριλαμβανομένων ζητημάτων που σχετίζονται με την επεκτασιμότητα, την κατανάλωση ενέργειας και την ανάγκη για τυποποίηση.

Το Blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της ασφάλειας και της απόδοσης του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήσης αποκεντρωμένων διακομιστών και πρωτοκόλλων που επιτρέπουν τον αυτοέλεγχο των συναλλαγών σε ένα μοντέλο ηλεκτρονικού επιχειρείν. Ένα παράδειγμα τέτοιου πρωτοκόλλου είναι το BeeKeeper, ένα πρωτόκολλο πολλαπλών μερών υπολογιστών Time Synchronized Mesh που βασίζεται στην τεχνολογία blockchain. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης προκλήσεις για την υιοθέτηση του blockchain στο IoT, συμπεριλαμβανομένων ζητημάτων που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας και την ανάγκη για τυποποίηση. Επιπλέον, υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με την επεκτασιμότητα των συστημάτων IoT που βασίζονται σε blockchain, καθώς και την ανάγκη αντιμετώπισης του προβλήματος των εξωτερικών κακόβουλων συσκευών που παρεμβαίνουν στη μεταφορά δεδομένων.

Οι συγγραφείς αυτής της ερευνητικής εργασίας ερεύνησαν και συνόμισαν διάφορα άρθρα σε περιοδικά SCI και SSCI που συζητούσαν τη χρήση της τεχνολογίας blockchain σε διαφορετικά πλαίσια. Βρήκαν άρθρα που συζητούσαν τη χρήση αλγορίθμων blockchain για διάφορους σκοπούς, όπως η διατήρηση της επαληθευσσιμότητας ενός δικτύου blockchain και η βελτίωση της αξιοπιστίας της επικοινωνίας σε ένα δίκτυο blockchain. Βρήκαν επίσης άρθρα που συζητούσαν τη χρήση του blockchain στο cloud computing, το Internet of Things (IoT) και την τεχνολογία δικτύωσης. Οι συγγραφείς βρήκαν επίσης άρθρα που συζητούν τη χρήση του blockchain σε δομές peer-to-peer (P2P) και τη σημασία του απορρήτου και της ασφάλειας των δεδομένων στην τεχνολογία blockchain. Συνολικά, η έρευνα υποδηλώνει ότι η τεχνολογία blockchain έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την

αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια σε διάφορους τομείς, αλλά υπάρχουν επίσης περιορισμοί και προκλήσεις στην υιοθέτηση και χρήση της.

Το Blockchain είναι μια αποκεντρωμένη τεχνολογία που έχει κερδίσει δημοτικότητα λόγω της ικανότητάς της να μεταδίδει και να επαληθεύει ψηφιακά στοιχεία στο διαδίκτυο χωρίς την ανάγκη κεντρικής διαχείρισης. Έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της διαδικτυακής διαφήμισης, του χρηματοοικονομικού τομέα, των ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης, του ηλεκτρονικού εμπορίου και της κατασκευής συστημάτων κινητής τηλεφωνίας. Έχει επίσης προταθεί ως εργαλείο για την υποστήριξη στοιχείων τεχνητής νοημοσύνης και ως μέσο ασφαλούς αποθήκευσης και κοινής χρήσης ιατρικών δεδομένων. Μερικά από τα μοναδικά χαρακτηριστικά του blockchain περιλαμβάνουν αποκεντρωμένη και διαφανή συναίνεση, ασφάλεια και αμετάβλητο, αυτοματισμό και μεταδεδομένα. Ωστόσο, είναι σημαντικό να διεξαχθεί έρευνα σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης του blockchain πριν από την εφαρμογή του.

Αυτή η μελέτη ανέλυσε την τρέχουσα κατάσταση της έρευνας για την τεχνολογία blockchain, συμπεριλαμβανομένου του ιστορικού, του πλαισίου, των εφαρμογών και των επιπτώσεών της σε διάφορους τομείς. Η μελέτη διαπίστωσε ότι ο αριθμός των εργασιών που δημοσιεύθηκαν για την τεχνολογία blockchain έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια, υποδεικνύοντας ότι η έρευνα σε αυτόν τον τομέα είναι πιθανό να συνεχίσει να επιταχύνεται. Η μελέτη εντόπισε επίσης πολλούς τομείς εστίασης στην τρέχουσα έρευνα, συμπεριλαμβανομένου του απορρήτου και της ασφάλειας δεδομένων, των εφαρμογών blockchain και του καταναλωμένου υπολογισμού. Η μελέτη εντόπισε επίσης ορισμένους περιορισμούς, συμπεριλαμβανομένου του αποκλεισμού της γκρίζας βιβλιογραφίας και της πιθανότητας μεροληψίας δημοσίευσης, και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την πλήρη κατανόηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών της τεχνολογίας blockchain.

Ο Fran et al [6] στην εργασία του αναφέρει πως το Blockchain είναι μια κατακεντρωμένη βάση δεδομένων που διατηρεί μια λίστα με διατεταγμένα μπλοκ, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και περιέχουν τους αναφορές των προηγούμενων μπλοκ, δημιουργώντας μια αλυσίδα από μπλοκ. Αυτό επιτρέπει την δημιουργία ενός ισχυρού και ελεγχόμενου αρχείου όλων των συναλλαγών. Η αποκέντρωση και η διαφάνεια της τεχνολογίας blockchain έχουν οδηγήσει στην υιοθέτησή της σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών, της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας και των συστημάτων ψηφοφορίας. Η χρήση έξυπνων συμβολαίων, τα οποία είναι συμβόλαια αυτοεκτελούμενα με τους όρους της συμφωνίας μεταξύ αγοραστή και πωλητή να γράφονται απευθείας σε γραμμές κώδικα, έχει επεκτείνει περαιτέρω τις πιθανές εφαρμογές του blockchain. Ωστόσο, υπάρχουν προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν, όπως η διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συστημάτων blockchain και οι περιορισμοί επεκτασιμότητας.

Αυτό το άρθρο παρουσιάζει μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση εφαρμογών που βασίζονται σε κάποιο blockchain. Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στη βάση δεδομένων Scopus με χρήση του όρου «blockchain» στους τίτλους των άρθρων, καθώς και πρόσθετες αναζητήσεις με τη χρήση παραπομπών σχετικών άρθρων. Η βιβλιογραφία, συμπεριλαμβανομένης της αδημοσίευτης έρευνας που ανατέθηκε από κυβερνήσεις ή ιδιωτικούς/δημόσιους οργανισμούς, εντοπίστηκε επίσης μέσω ηλεκτρονικών αναζητήσεων και με αξιολόγηση των πρώτων 200 επισκέψεων στο Google. Η καταλληλότητα της βιβλιογραφίας που ανακτήθηκε αξιολογήθηκε με βάση προκαθορισμένα κριτήρια συμπερίληψης και αποκλεισμού και πραγματοποιήθηκε θεματική ανάλυση περιεχομένου στα άρθρα που πληρούσαν τα κριτήρια. Η ανασκόπηση επικεντρώθηκε σε εφαρμογές της τεχνολογίας blockchain σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών, της διαχείρισης της εφοδιαστικής

αλυσίδας, των συστημάτων ψηφοφορίας και της υγειονομικής περίθαλψης. Η ανασκόπηση συζήτησε επίσης τις προκλήσεις και τους περιορισμούς της εφαρμογής συστημάτων που βασίζονται σε blockchain.

Αυτό το άρθρο παρουσιάζει μια ταξινόμηση εφαρμογών που βασίζονται σε blockchain, εστιάζοντας σε οικονομικές και μη οικονομικές εφαρμογές. Οι οικονομικές εφαρμογές περιλαμβάνουν τον διακανονισμό χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων, τις ψηφιακές πληρωμές, τη διαχείριση δανείων, τις γενικές τραπεζικές υπηρεσίες, τον οικονομικό έλεγχο και την ανταλλαγή κρυπτονομισμάτων. Οι μη οικονομικές εφαρμογές περιλαμβάνουν τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα συστήματα ψηφοφορίας, την υγειονομική περίθαλψη, τη διαχείριση ταυτότητας και πρόσβασης, την αποθήκευση cloud και το Διαδίκτυο των πραγμάτων. Το άρθρο εξετάζει επίσης τις προκλήσεις και τους περιορισμούς της εφαρμογής συστημάτων που βασίζονται σε blockchain, συμπεριλαμβανομένης της επεκτασιμότητας, της ασφάλειας και των κανονιστικών θεμάτων.

Εξετάζει επίσης, τη χρήση της τεχνολογίας blockchain σε διάφορες μη οικονομικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, των συστημάτων ψηφοφορίας, της υγειονομικής περίθαλψης, της διαχείρισης ταυτότητας και πρόσβασης, της αποθήκευσης cloud και του Διαδικτύου των πραγμάτων. Στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της ιχνηλασιμότητας, της διαφάνειας και της αποτελεσματικότητας στη διακίνηση αγαθών. Στα συστήματα ψηφοφορίας, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία πιο ασφαλών και διαφανών συστημάτων που μπορούν να επαληθευτούν ανεξάρτητα. Στην υγειονομική περίθαλψη, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ασφαλή αποθήκευση και κοινή χρήση ιατρικών αρχείων και τη βελτίωση της διαλειτουργικότητας των δεδομένων. Στη διαχείριση ταυτότητας και πρόσβασης, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία πιο ασφαλών και αποκεντρωμένων συστημάτων για τη διαχείριση ψηφιακών ταυτοτήτων. Στο χώρο αποθήκευσης cloud, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της ασφάλειας, της αξιοπιστίας και της αποκέντρωσης στην αποθήκευση δεδομένων. Στο Internet of Things, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ασφαλή ανταλλαγή και παρακολούθηση δεδομένων από συνδεδεμένες συσκευές. Το άρθρο εξετάζει επίσης τις προκλήσεις και τους περιορισμούς της εφαρμογής συστημάτων που βασίζονται σε blockchain σε αυτές τις εφαρμογές.

Γίνεται μια ανασκόπηση και ταξινόμηση των εφαρμογών που βασίζονται σε blockchain σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών, των χρηματοοικονομικών, του Διαδικτύου των πραγμάτων, της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, της ηλεκτρονικής ψηφοφορίας, της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού, του ενεργειακού τομέα, της εκπαίδευσης και της υγειονομικής περίθαλψης. Οι συγγραφείς διεξήγαγαν μια συστηματική αναζήτηση βιβλιογραφίας και χρησιμοποίησαν ένα λογισμικό ποιοτικής ανάλυσης για τον εντοπισμό αναδυόμενων θεμάτων. Διαπίστωσαν ότι οι χρηματοοικονομικές εφαρμογές είναι επί του παρόντος η πιο δημοφιλής χρήση της τεχνολογίας blockchain, αλλά υπάρχει επίσης σημαντική δυνατότητα για μη χρηματοοικονομικές εφαρμογές, ιδιαίτερα στους τομείς της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας και του ενεργειακού τομέα. Οι συγγραφείς σημείωσαν επίσης τη δυνατότητα χρήσης του blockchain στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση, την ηλεκτρονική ψηφοφορία, την εκπαίδευση και την υγειονομική περίθαλψη, αν και αυτές οι εφαρμογές είναι λιγότερο ανεπτυγμένες.

Η τεχνολογία blockchain έχει περιορισμούς, και για το λόγο αυτό δεν είναι κατάλληλη για κάθε περίπτωση. Είναι σημαντικό να αξιολογηθεί προσεκτικά εάν η τεχνολογία είναι κατάλληλη για μια δεδομένη περίπτωση χρήσης, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως το επίπεδο εμπιστοσύνης που απαιτείται, το πλαίσιο στο οποίο θα χρησιμοποιηθεί, τα χαρακτηριστικά απόδοσης και τους

απαραίτητους μηχανισμούς συναίνεσης. Ωστόσο, η τεχνολογία μπορεί να μην είναι τόσο κατάλληλη σε περιπτώσεις όπου υπάρχει μόνο ένας συγγραφέας ή δεν χρειάζεται να αποθηκεύονται δεδομένα ή όταν οι παραδοσιακές βάσεις δεδομένων μπορεί να προσφέρουν καλύτερη απόδοση. Υπάρχουν διάφορα πλαίσια διαθέσιμα στη βιβλιογραφία που βοηθούν στην αξιολόγηση της καταλληλότητας των εφαρμογών που βασίζονται σε blockchain. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την αντιμετώπιση των περιορισμών της τεχνολογίας και για τη διερεύνηση των δυνατοτήτων της σε διάφορους τομείς.

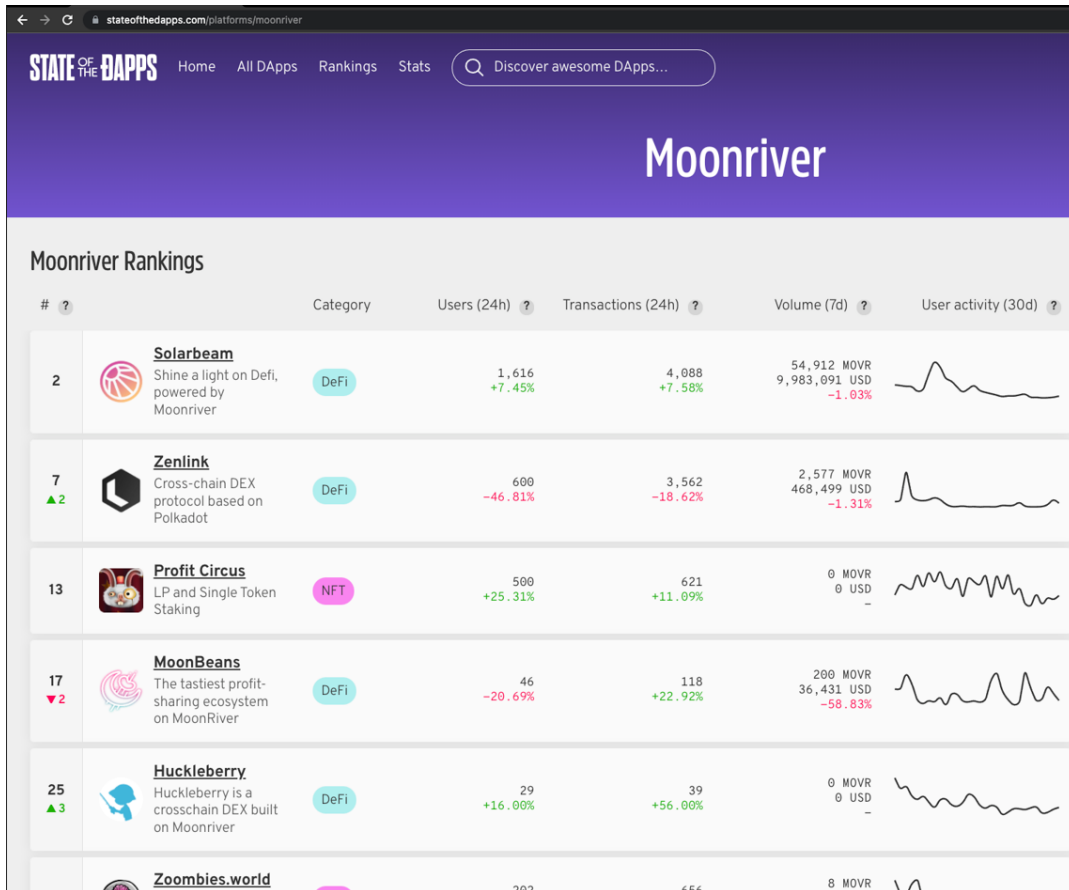
Η τεχνολογία Blockchain έχει απασχολήσει καθώς διαφαίνεται πως έχει αρκετή κατανάλωση ενέργειας. Αυτό αποτελεί μεγάλη ανησυχία, ειδικά στην περίπτωση των δημόσιων blockchain, τα οποία μπορούν να καταναλώσουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από ορισμένες (ολόκληρες) χώρες. Υπάρχουν αρκετοί μηχανισμοί και διαδικασίες που έχουν προταθεί για τη μείωση της σπατάλης ενέργειας, αλλά το ζήτημα παραμένει μια σημαντική πρόκληση. Επιπλέον, ορισμένοι αλγόριθμοι, μπορεί να είναι ευάλωτοι στο φαινόμενο «οι πλούσιοι γίνονται πλουσιότεροι». Ωστόσο, οι πόροι του blockchain μπορούν να χρησιμοποιηθούν σωστά σε έργα τα οποία ανταμείβουν τους συμμετέχοντες με κρυπτονομίσματα. Μια άλλη πιθανή χρήση των πόρων blockchain είναι σε εφαρμογές επεξεργασίας μεγάλων δεδομένων, όπως η γονιδιωματική αλληλουχία και η εξατομικευμένη γονιδιωματική. Είναι επίσης σημαντικό η τεχνολογία να μπορεί να αντέχει σε κβαντικές επιθέσεις, καθώς οι τρέχοντες αλγόριθμοι κρυπτογράφησης δημόσιου κλειδιού είναι πιθανό να είναι ευάλωτοι όταν αναπτυχθούν αρκετά μεγάλοι κβαντικοί υπολογιστές.

Η τεχνολογία Blockchain έχει ένα ευρύ φάσμα πιθανών εφαρμογών και υιοθετείται ευρέως σε διάφορους κλάδους. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν πολλά ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν προκειμένου να γίνει η τεχνολογία πιο επεκτάσιμη, αποτελεσματική και ανθεκτική. Είναι σημαντικό να εξετάσετε προσεκτικά εάν ένα blockchain είναι η κατάλληλη λύση για μια δεδομένη περίπτωση χρήσης, καθώς μπορεί να μην είναι πάντα η καλύτερη επιλογή σε σύγκριση με τις παραδοσιακές βάσεις δεδομένων. Υπάρχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για διαφορετικούς τομείς εφαρμογών και είναι σημαντικό να επιλέξετε το κατάλληλο blockchain και τους κατάλληλους μηχανισμούς που ταιριάζουν στις ανάγκες μιας συγκεκριμένης εφαρμογής.

## 2.2 Ερευνητικό Υπόβαθρο

### 2.2.1 Εξόρυξη δεδομένων από την ιστοσελίδα “State of Dapps”

Η συγκεκριμένη εργασία συλλέγει δεδομένα από διάφορες αποκεντρωμένες εφαρμογές κάνοντας χρήση της πλατφόρμας State of the Dapps (<http://stateofthedapps.com/>).

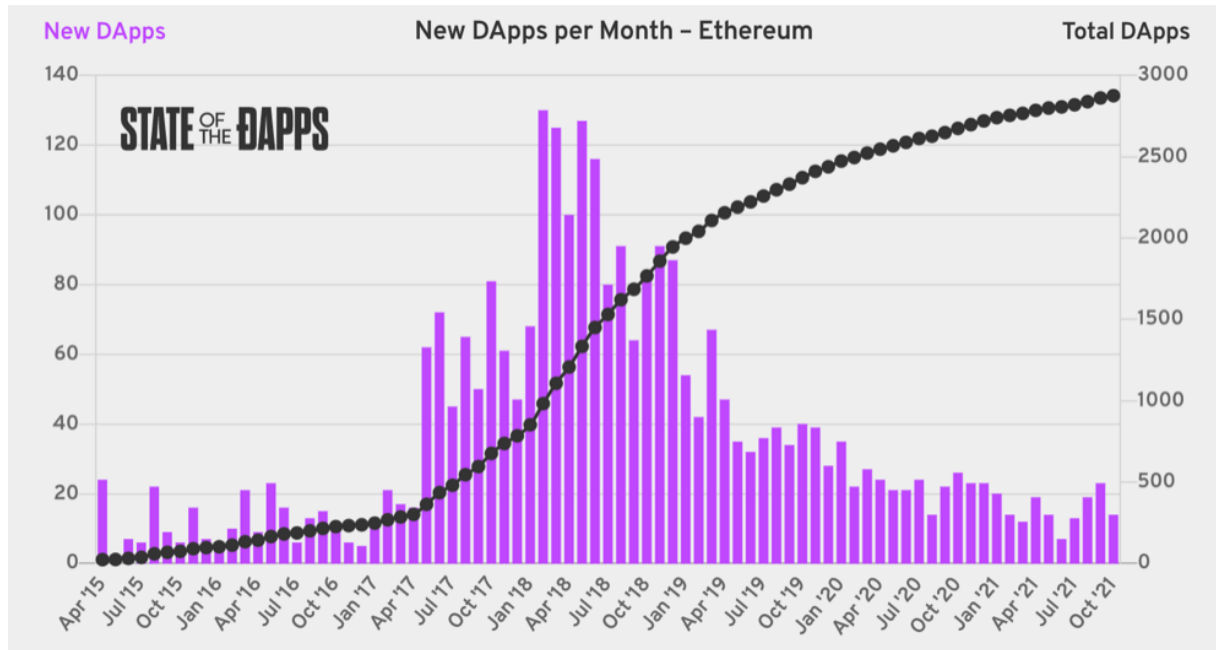


**Εικόνα 8:** Απεικόνιση της ιστοσελίδας “State of the DApps”

Οι ιδρυτές, ιδιοκτήτες των αποκεντρωμένων εφαρμογών με σκοπό την προβολή των εφαρμογών τους, μπορούν να απευθυνθούν στους διαχειριστές της ιστοσελίδας αυτής και αφού συμπληρώσουν κάποια βασικά στοιχεία, να γίνουν αποδεκτοί και η εφαρμογή τους να προβληθεί στο State of the Dapps.

Υπάρχουν και άλλες παρόμοιες ιστοσελίδες όπως για παράδειγμα το DappRadar. Έχουμε επιλέξει το State of Dapps για την συλλογή δεδομένων μας, μιας και φαίνεται να είναι η περισσότερο διαδεδομένη πλατφόρμα και να διαθέτει τα κατάλληλα δεδομένα για την εργασία μας. Εξάλλου, υπάρχουν και διάφορα άλλα επιστημονικά άρθρα που χρησιμοποιούν την ίδια ιστοσελίδα..

Η ιστοσελίδα διαθέτει διάφορα γραφήματα και απεικονίσεις που βοηθούν τον χρήστη να καταλάβει περισσότερα σχετικά με τις τάσεις στις αποκεντρωμένες εφαρμογές, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 9: Απεικόνιση γραφήματος από την ιστοσελίδα “State of the DApps”

Η πλατφόρμα αυτή συλλέγει δεδομένα από εφαρμογές τις οποίες έχει κατηγοριοποιήσει στις παρακάτω κατηγορίες:

### Games

Στην κατηγορία αυτή βρίσκουμε αποκεντρωμένες εφαρμογές οι οποίες είναι παιχνίδια. Οι χρήστες μπορούν να συνδεθούν στις εφαρμογές αυτές για ψυχαγωγία.

### Gambling

Η κατηγορία αυτή περιέχει αποκεντρωμένες εφαρμογές οι οποίες περιέχουν στοιχεία τζόγου. Οι χρήστες μπορούν να «ποντάρουν» πραγματικά ή μη χρήματα στις εφαρμογές αυτές με σκοπό την απόκτηση κερδών. Δεν φαίνεται να υπάρχει κάποιος αρμόδιος ρυθμιστής για τις εφαρμογές αυτές όπως εντοπίζεται συνήθως στις κλασικές εφαρμογές που προσφέρονται για τζόγο.

### Social

Πολλές αποκεντρωμένες εφαρμογές έχουν ως σκοπό απλά την αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών. Έτσι, όπως παρατηρούμε στην κατηγορία Social, πολλές εφαρμογές επιχειρούν να αντικαταστήσουν τα κλασικά social media, προωθώντας την ασφάλεια και διαφάνεια που προσφέρει η αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική των εφαρμογών τους.

### Exchanges

Τα κρυπτονομίσματα έχουν πλέον γίνει γνωστά ως ένα ψηφιακό περιουσιακό στοιχείο το οποίο χρησιμοποιείται ώστε οι χρήστες να μπορούν να ανταλλάξουν πραγματικά χρήματα πάνω στο Blockchain μέσω των αποκεντρωμένων εφαρμογών. Τα Exchanges ή αλλιώς «Ανταλλακτήρια» είναι εφαρμογές στις οποίες ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ανταλλάξει fiat currency δηλαδή, νομίσματα που χρησιμοποιούνται στις καθημερινές μας συναλλαγές (π.χ Ευρώ, Δολάριο) για

κρυπτονομίσματα. Είναι επίσης εφικτό να ανταλλαχθούν κρυπτονομίσματα με άλλα κρυπτονομίσματα.

### **DeFi & Finance**

Οι δύο αυτές κατηγορίες είναι παρόμοιες και αφορούν εφαρμογές οικονομικού χαρακτήρα. Φαίνεται να είναι οι πιο διαδεδομένες κατηγορίες αποκεντρωμένων εφαρμογών.

### **NFT**

Όπως αναφέραμε και παραπάνω τα NFT (Non-Fungible-Token) είναι ψηφιακή τέχνη. Πολλές αποκεντρωμένες εφαρμογές αφορούν τα NFTs.

### **Development**

Μερικές αποκεντρωμένες εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βοηθητικές ώστε οι προγραμματιστές να επωφεληθούν από αυτές για να φτάσουν ευκολότερα στον στόχο τους. Οι αποκεντρωμένες εφαρμογές αυτές εντάσσονται στην κατηγορία Development.

### **Media**

Η ενημέρωση μέσω ιστοσελίδων που «τρέχουν» πάνω στο Blockchain είναι επίσης εφικτή. Έτσι εντοπίζουμε αποκεντρωμένες εφαρμογές να διαδραματίζουν τον ρόλο των ενημερωτικών μέσων μαζικής ενημέρωσης.

### **Wallet**

Για να μπορέσουν οι χρήστες να αξιοποιήσουν μία Exchange εφαρμογή και να ανταλλάξουν χρήματα ή κρυπτονομίσματα, είναι απαραίτητο να έχουν ένα ψηφιακό πορτοφόλι που υποστηρίζει τις συναλλαγές με το εκάστοτε Blockchain. Οι αποκεντρωμένες εφαρμογές που παίζουν τον ρόλο των ψηφιακών πορτοφολιών εντάσσονται στην κατηγορία αυτή.

### **Marketplaces**

Όπως και στις κλασικές εφαρμογές, έτσι και στις αποκεντρωμένες οι χρήστες έχουν την δυνατότητα αγοράς ψηφιακών (κυρίως) αγαθών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των αποκεντρωμένων εφαρμογών στην κατηγορία αυτή. Στις αποκεντρωμένες εφαρμογές κατηγορίας Marketplaces ο χρήστης μπορεί να αγοράσει μεταξύ άλλων και NFT.

### **Governance**

Η ψηφιακή διακυβέρνηση παρουσιάζει ένα ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Έτσι στην κατηγορία αυτή μπορούμε να βρούμε αποκεντρωμένες εφαρμογές οι οποίες επικροτούν την λήψη αποφάσεων ως σύνολο και με την μορφή της δημοκρατίας όπου η πλειοψηφία αποφασίζει. Τέτοιες εφαρμογές έχουν χρησιμοποιηθεί για παράδειγμα σε αθλητικούς συλλόγους ώστε να αποφασίσουν οι επόμενες μεταγραφικές κινήσεις.

### **Yield Farming**

Είναι μια μέθοδος απόκτησης ανταμοιβών ή τόκων με την κατάθεση του κρυπτονομίσματος σε μια ομάδα με άλλους χρήστες. Τα συγκεντρωμένα κεφάλαια χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση έξυπνων συμβολαίων. Επίσης, ο δανεισμός κρυπτονομισμάτων που δημιουργεί τόκο σε αντάλλαγμα. Πολλές αποκεντρωμένες εφαρμογές εστιάζουν στην υλοποίηση λοιπόν αυτής της ιδέας.

### **Security**

Η κυβερνοασφάλεια είναι κάτι το οποίο έχει απασχολήσει πολύ τους επιστήμονες τα τελευταία χρόνια. Έτσι, στην κατηγορία αυτή βλέπουμε αποκεντρωμένες εφαρμογές οι οποίες επιδιώκουν να προσθέσετε περισσότερη ασφάλεια στο Blockchain.

### **Property**

Με το Real Estate να είναι μία από τις κορυφαίες αγορές παγκοσμίως, η κατηγορία αυτή είναι αρκετά διαδομένη. Στην κατηγορία αυτή εντοπίσαμε αποκεντρωμένες εφαρμογές που εκτελούν αγοραπωλησίες ψηφιακών ακινήτων ή εφαρμογές οι οποίες βοηθούν στην εκμάθηση της αγοράς των ακινήτων.

### **Tools**

Υπάρχουν επίσης κάποιες – αν και όχι πολλές – αποκεντρωμένες εφαρμογές οι οποίες χρησιμοποιούνται ως εργαλεία για να εκτελεστούν καθημερινές εργασίες.

### **Identity**

Τέλος, στην κατηγορία Identity βρίσκουμε εφαρμογές οι οποίες βοηθούν στην αυθεντικοποίηση του χρήστη στο εκάστοτε Blockchain οι οποίες δρουν ως ψηφιακές ταυτότητες των χρηστών στο Blockchain.

Η κάθε κατηγορία περιέχει μία λίστα από τις πιο δημοφιλείς αποκεντρωμένες εφαρμογές το οποίο προκύπτει από έναν συνδυασμό του αριθμού χρηστών και συναλλαγών.

Η ιστολίδα State of Dapps, είναι ευρέως διαδεδομένη και έχει χρησιμοποιηθεί και σε αντίστοιχες μελέτες όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 2.2.1, όπου αναλύσαμε κάποιες μελέτες οι οποίες μας βοήθησαν στην συγγραφή της πτυχιακής αυτής εργασίας.

### **2.2.2 Ανάλυση προγραμματιστικών δεδομένων**

Το επόμενο στάδιο της έρευνάς μας συμπεριλάμβανε την συλλογή / εξόρυξη δεδομένων από το Github. Το Github είναι μία πλατφόρμα ιδιοκτησίας της Microsoft, στην οποία οι προγραμματιστές έχουν την δυνατότητα μεταξύ άλλων να δημοσιεύσουν τον πηγαίο κώδικα των εφαρμογών τους.

Εκτός αυτού, το Github είναι ένα πλήρες source control management σύστημα στο οποίο οι προγραμματιστές μπορούν να αλληλεπιδράσουν και να συνεισφέρουν στον συνολικό κώδικα ενός Project το οποίο μπορεί να είναι open-source και διαθέσιμο προς το κοινό ή ιδιωτικό το οποίο είναι πνευματική ιδιοκτησία ιδιώτη/εταιρίας.

Στην έρευνα που κάναμε στην εργασία μας, έχουμε αναλύσει τα πιο δημοφιλή repositories για κάθε αποκεντρωμένη εφαρμογή η οποία εμφάνισε προγραμματιστικά δεδομένα κατά την διάρκεια της συλλογής των δεδομένων μας. Συγκεκριμένα, βρήκαμε πως από τις αποκεντρωμένες εφαρμογές μας, οι 204 εμφανίζουν προγραμματιστικά δεδομένα.

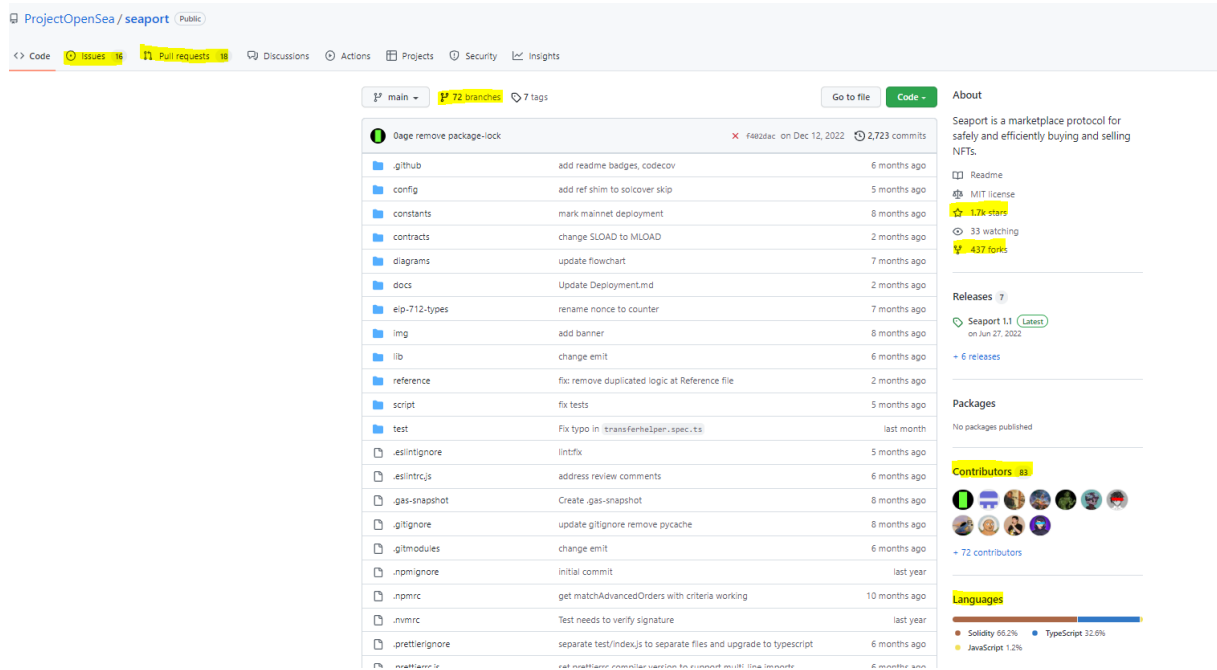
Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα ένα τυπικό project του Github, μπορεί να περιλαμβάνει πολλά repositories:

The screenshot shows the GitHub profile for OpenSea. At the top, there are navigation links for Product, Solutions, Open Source, and Pricing, along with a search bar and Sign in/Sign up buttons. The profile header includes the OpenSea logo, name, and a description: "A marketplace for the decentralized web". It also shows 514 followers, location (New York City), and contact information. Below the header, there are tabs for Overview, Repositories (53), Projects, Packages, and People (4). The main content area is divided into two columns. The left column has a "Pinned" section with two repositories: "opensea-js" (JavaScript SDK) and "opensea-creatures" (Example non-fungible collectible). Below this is a "Repositories" section with a search bar and filters for Type, Language, and Sort. The right column has a "People" section with four avatars and a "Top languages" section with a legend for JavaScript, TypeScript, Python, Solidity, and HCL. The repository list includes "seaport" (Solidity, 1,736 stars), "stream-js" (TypeScript, 130 stars), "seaport-gossip" (TypeScript, 84 stars), and "opensea-ik" (TypeScript, 0 stars).

**Εικόνα 10** : Τυπική απεικόνιση ενός Github Project με πολλά repositories.

Η παραπάνω εικόνα απεικονίζει την αποκεντρωμένη εφαρμογή “Open Sea” η οποία εντάσσεται στην κατηγορία “Marketplaces”. Όπως φαίνεται, υπάρχουν πολλά repositories σχετικά με την αποκεντρωμένη αυτή εφαρμογή. Ως μέρος της εργασίας μας έχουμε διαλέξει το πιο δημοφιλές repository, ως αυτό το οποίο είχε τα περισσότερα “Stars”, δηλαδή είχε επισημανθεί ως αγαπημένο από τους περισσότερους χρήστες.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση και με βάση το κριτήριο που θέσαμε παραπάνω, ανοίγοντας το πιο δημοφιλές repository, καταγράψαμε τις παρακάτω μετρικές που φαίνονται στην εικόνα:



**Εικόνα 11:** Παραπάνω, με κίτρινο χρώμα έχουμε τονίσει τα στοιχεία τα οποία καταγράψαμε στην πτυχιακή εργασία.

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την φύση των παραπάνω μετρικών θα αναλύσουμε στο κεφάλαιο 3 όπου μιλάμε για την ανάλυση των δεδομένων.

### 2.2.3 Μελέτες Περίπτωσης Τεχνολογίας Λογισμικού

Με τον ορισμό ‘Μελέτες Περίπτωσης’ εννοούμε μια εμπειρική μέθοδο που στοχεύει στην διερεύνηση των σύγχρονων φαινομένων και του πλαισίου τους. Πρόκειται λοιπόν για μία μεθοδολογία έρευνας την οποία έχουμε ακολουθήσει και εμείς για να εκτελέσουμε την εργασία μας.

Οι μελέτες αυτές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επεξηγηματικούς σκοπούς και συχνά υιοθετούν μία προσέγγιση βελτίωσης. Εξ ορισμού διεξάγονται σε πραγματικές συνθήκες και επομένως έχουν υψηλό βαθμό του ρεαλισμού συνδυάζοντας πολλά διαφορετικά είδη αποδεικτικών στοιχείων, αριθμών, δηλώσεων εγγράφων που συνδέονται όλα μεταξύ τους για να υποστηρίξουν ένα σχετικό συμπέρασμα.

Οι Peggy et al, [7] αναφέρουν πως μία μελέτη περίπτωσης τεχνολογίας λογισμικού έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Έχει ερευνητικά ερωτήματα που τίθενται στην αρχή της μελέτης. Στην περίπτωση μας τα ονομάσαμε **RQ**.
- Τα δεδομένα συλλέγονται με πανομοιότυπο τρόπο, όπως στην περίπτωση της εργασίας μας όπου η συλλογή δεδομένων έγινε με “χειροκίνητο” τρόπο, δηλαδή με την επίσκεψη και καταγραφή αποκεντρωμένων εφαρμογών.
- Εξάγονται συμπεράσματα που απαντούν στα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν (RQs).
- Εξερευνεί το φαινόμενο και αντιμετωπίζει τις απειλές για την εγκυρότητα με συστηματικό τρόπο.

Η Τεχνολογία Λογισμικού, είναι ένας πολυεπιστημονικός τομέας που έχει μελετηθεί από τους επιστήμονες και έτσι οι μελέτες περίπτωσης είναι ιδανικές για το πεδίο αυτό

Όπως αναφέραμε παραπάνω η μελέτη περίπτωσης είναι μεθοδολογία που ακολουθήσαμε στην εργασία μας. Κατα την διεξαγωγή μιας μελέτης περίπτωσης υπάρχουν πέντε (5) βασικά βήματα που πρέπει να ακολουθήσουμε όπως σύμφωνα με τις οδηγίες του **Runenson [7]**. Τα βήματα αυτά είναι:

- 1) Σχεδιασμός: Όπου ορίζονται οι στόχοι και σχεδιάζεται η μελέτη.
- 2) Προετοιμασία για την συλλογή δεδομένων: Όπου ορίζονται οι διαδικασίες και τα πρωτόκολλα συλλογής δεδομένων.
- 3) Συλλογή αποδεικτικών στοιχείων, όπου γίνεται η συλλογή των δεδομένων.
- 4) Ανάλυση δεδομένων, όπου χρησιμοποιούνται διάφορα στατιστικά εργαλεία.
- 5) Αναφορές και μετρικές όπου συνήθως βρίσκουμε απεικονίσεις και γραφήματα και την ευκολότερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.

Ο παραπάνω σχεδιασμός θα πρέπει να περιλαμβάνει σκέψεις σχετικά με τις μεθόδους συλλογής δεδομένων, τους οργανισμούς και τις πηγές δεδομένων που πρέπει να επισκεφθούμε, τα έγγραφα που θα πρέπει να αναγνωσθούν και προαιρετικά, τους ανθρώπους από τους οποίους θα πρέπει να πάρουμε συνεντεύξεις. Ο σχεδιασμός - κατ ελάχιστον- , θα πρέπει να περιλαμβάνει επίσης οπωσδήποτε στόχους, την περίπτωση υπό μελέτη, τα ερευνητικά ερωτήματα και τις μεθόδους συλλογής και προβολής δεδομένων.

## Κεφάλαιο 3ο: Μεθοδολογία Έρευνας

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε την μεθοδολογία της έρευνας που ακολουθήσαμε, καθώς επίσης και τα βήματα που ακολουθούμε με βάση τις οδηγίες του Runenson et al [7] τα οποία αναλύσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

### *Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα:*

Η εργασία αποσκοπεί στην έρευνα του τομέα αποκεντρωμένων εφαρμογών και πιο συγκεκριμένα την μελέτη της δημοτικότητας των εφαρμογών μέσω την καταγραφή των μοναδικών ενεργών χρηστών, το πλήθος και το χρηματικό ποσό των συναλλαγών που εκτελούνται πάνω σε αποκεντρωμένες εφαρμογές, την δραστηριότητα προγραμματιστών και την συμμετοχή τους στις εφαρμογές αλλά και γενικότερα να ερευνήσει τις τάσεις των αποκεντρωμένων εφαρμογών.

**RQ1:** Ποιές κατηγορίες αποκεντρωμένων εφαρμογών εμφανίζουν περισσότερη δραστηριότητα σε χρήστες, συναλλαγές και προγραμματιστική κοινότητα;

**RQ2:** Μπορεί να υπάρξει συσχέτιση μεταξύ των προγραμματιστικής δραστηριότητας και δημοτικότητας της αποκεντρωμένης εφαρμογής;

**RQ3:** Ποιές είναι οι περισσότερο εμφανιζόμενες γλώσσες προγραμματισμού στα repositories αποκεντρωμένων εφαρμογών;

**RQ4:** Ποιές είναι οι πιο συχνά εμφανιζόμενες λέξεις κλειδιά στις εγγεγραμμένες αποκεντρωμένες εφαρμογές στο State of the DApps?

### *Συλλογή Δεδομένων:*

Τα δεδομένα έχουν συλλεχθεί από τις ιστοσελίδες “The State of DApps” και “Github” χωρίς την χρήση κάποιας αυτοματοποιημένης διαδικασίας και κατα κύριο λόγο με χειροκίνητη έρευνα, συλλογή και αξιολόγηση των δεδομένων.

Έχουν συλλεχθεί συνολικά δεδομένα σχετικά με (περίπου) 680 αποκεντρωμένες εφαρμογές που έχουν εγκριθεί και προβληθεί στην ιστοσελίδα “State of DApps”. Επίσης έχουν συλλεχθεί δεδομένα από 200 Github Repositories τα οποία είναι άμεσα συνδεδεμένα με κάποιες από τις προαναφερθείσες 680 εφαρμογές που εμφάνισαν προγραμματιστική δραστηριότητα.

Ως μέρος την πτυχιακής εργασίας, έχουμε συλλέξει δεδομένα για τις 50 πιο δημοφιλείς αποκεντρωμένες εφαρμογές για κάθε κατηγορία ή για όλες τις αποκεντρωμένες εφαρμογές σε περίπτωση που υπήρξαν λιγότερες από 50 σε κάποια κατηγορία από την ιστοσελίδα State of the DApps.

#		Platform	Category	Users (24h)	Volume (7d)	Dev activity (30d)	User activity (30d)
1	<b>Solarbeam</b> Shine a light on Defi, powered by Moonriver	Moonriver	Exchanges	2,397 -4.58%	90,094 MOVR 31,079,643 USD +30.61%	83 -51.46%	
3	<b>Zenlink</b> Cross-chain DEX protocol based on Polkadot	Moonriver	Exchanges	5,394 +64.70%	9,381 MOVR 3,236,134 USD +41.07%	43 +186.67%	
12	<b>Profit.Circus</b> LP and Single Token Staking	Moonriver	Games	469 +20.88%	0 MOVR 0 USD -100.00%	47 +42.42%	
18	<b>Huckleberry</b> Huckleberry is a crosschain DEX built on Moonriver	Moonriver	Exchanges	39 -37.10%	6 MOVR 2,070 USD -	19 +90.00%	
52	<b>MoonBeans</b> The fastest profit-sharing ecosystem on MoonRiver	Moonriver	Marketplaces	28 +27.27%	0 MOVR 0 USD -	0 -	

**Εικόνα 12:** Η ιστοσελίδα State of The Dapps και η κατηγοριοποίηση των αποκεντρωμένων εφαρμογών.

Αρχικά έγινε η καταγραφή των παρακάτω στοιχείων ανα αποκεντρωμένη εφαρμογή:

- **Όνομα (Name)**, που δηλώνει το όνομα της αποκεντρωμένης εφαρμογής.
- **Status**, που δηλώνει το εάν η εφαρμογή είναι πλέον σε παραγωγή ή βρίσκεται ακόμα σε δοκιμή.
- **Πλατφόρμα (Platform)**, που δηλώνει σε ποια πλατφόρμα είναι χτισμένη η εφαρμογή.
- **Ημερομηνία καταχώρησης (Submitted)**, που δηλώνει το πότε έχει κατοχυρωθεί η εφαρμογή στην ιστοσελίδα State of the Dapps.
- **Γεγονότα Κώδικα (Dev Events)**, που δηλώνει πόσα γεγονότα κώδικα (commits, pulls κτλ), συνέβησαν τις τελευταίες 90 ημέρες από την συλλογή των δεδομένων.
- **Ενεργοί χρήστες (Active Users)**, που δηλώνει πόσοι ήταν οι μοναδικοί ενεργοί χρήστες σε μηνιαία βάση.
- **Αξία Συναλλαγών (Volume)**, που δηλώνει την αξία των συναλλαγών σε αμερικάνικα δολάρια (\$).
- **Ετικέτες (Tags)**, που δηλώνει τις ετικέτες που διάλεξαν για να περιγράψουν την εφαρμογή τους οι ιδιοκτήτες την στιγμή που την καταχώρησαν στο State of the Dapps.

Όσον αφορά την συλλογή δεδομένων από το Github, στην έρευνα που κάναμε στην εργασία μας, έχουμε αναλύσει τα πιο δημοφιλή repositories για κάθε αποκεντρωμένη εφαρμογή η οποία εμφάνισε προγραμματιστικά δεδομένα κατά την διάρκεια της συλλογής των δεδομένων μας. Συγκεκριμένα, βρήκαμε πως από τις αποκεντρωμένες εφαρμογές μας, οι 204 εμφανίζουν προγραμματιστικά δεδομένα.

Από τα προγραμματιστικά δεδομένα έχουμε συλλέξει αυτά τα οποία θα μας οδηγήσουν σε χρήσιμα συμπεράσματα όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 3.0:** Οι μεταβλητές που καταγράψαμε από τα repositories των αποκεντρωμένων εφαρμογών στο Github.

Ορισμός τύπου δεδομένου	Περιγραφή
Issues	Ανοιχτά προβλήματα του κώδικα που έχουν αναφερθεί στους διαχειριστές του repository.
Pull Requests	Αιτήματα προώθησης κώδικα στον κύριο κορμό του κώδικα πάνω στον οποίο “τρέχει” η εφαρμογή.
Commits	Καταχωρήσεις νέου κώδικα στον κορμό του κυρίου κώδικα.
Stars	Αριθμός των χρηστών του Github ο οποίος έχει χαρακτηρίσει την εφαρμογή αυτή ως μία από τις αγαπημένες του.
Forks	Ο αριθμός των αντιγράφων του κυρίου κώδικα που αποσκοπούν στην βελτίωση και ένταξη του κώδικά τους στον κύριο κωδικά.
Branches	Οι διάφορες εκδόσεις που έχει ο πηγαίος κώδικας.
Contributors	Ο αριθμός των χρηστών που έχει συνδράμει στην ανάπτυξη της εφαρμογής με οποιονδήποτε τρόπο.
Languages	Οι προγραμματιστικές γλώσσες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής.
Documentation	Η ύπαρξη ή μη αξιόπιστων οδηγιών χρήσης της εφαρμογής. Ως αξιόπιστες οδηγίες χρήσης ορίζονται οι οδηγίες οι οποίες έχουν διατυπωμένα βήματα χρήσης της εφαρμογής.

Οι παραπάνω τύποι δεδομένων σε συσχέτιση με τα δεδομένα που συλλέξαμε από την πλατφόρμα State of DApps μας βοήθησαν να φτάσουμε σε χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με την δραστηριότητα των προγραμματιστών στις αποκεντρωμένες εφαρμογές.

Η συλλογή των δεδομένων αυτών μας βοηθάει να καταλάβουμε περισσότερα σχετικά με την κοινότητα που υπάρχει στην εκάστοτε εφαρμογή η οποία αποδείχθηκε πως παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στην εξέλιξη και υγιή συνέχιση της αποκεντρωμένης εφαρμογής όπως θα αναλυθεί και αργότερα στα

συμπεράσματα της εργασίας μας μιας και αυτή είναι μία από τις κρίσιμες ερωτήσεις που θέτει η εργασία ως στόχο έρευνας.

## Κεφάλαιο 4ο: Αποτελέσματα και Συμπεράσματα

### 4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τα αποτελέσματα της έρευνας μας και θα καταλήξουμε σε χρήσιμα συμπεράσματα.

Για τα αποτελέσματα, έχουμε χρησιμοποιήσει κάποια γραφήματα τα οποία θα βοηθήσουν τον αναγνώστη να καταλάβει εις βάθος τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από την ανάλυση.

Τα αποτελέσματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Αποτελέσματα μελέτης δεδομένων σχετικά με τις μετρικές οικονομικής απήχησης.
2. Αποτελέσματα μελέτης δεδομένων σχετικά με τις μετρικές ανάπτυξης σε συνάρτηση με τις μετρικές οικονομικής απήχησης.

Για την έγκυρη ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήσαμε διάφορες τεχνικές όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 4.0:** Η στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε και η γραφική απεικόνιση που επιλέξαμε για να εμφανίσουμε τα δεδομένα σε μορφή κατανοητή για τον αναγνώστη.

Όνομα Dataset	Συνάρτηση Στατιστικής Ανάλυσης SPSS	Γραφική Απεικόνιση
Χρήστες (Παράρτημα Α)	Μη παραμετρικό Test (Kruskall-Wallis)	Barchart & Άνω τριγωνικός πίνακας
Προγραμματιστικά Γεγονότα (Παράρτημα Β)	Μη παραμετρικό Test (Kruskall-Wallis)	Barchart & Άνω τριγωνικός πίνακας
Συναλλαγές (Παράρτημα Γ)	Μη παραμετρικό Test (Kruskall-Wallis)	Barchart & Άνω τριγωνικός πίνακας
Μετρικές & Github (Παράρτημα Δ)	Spearman Correlation	Πίνακας Συσχετισμού

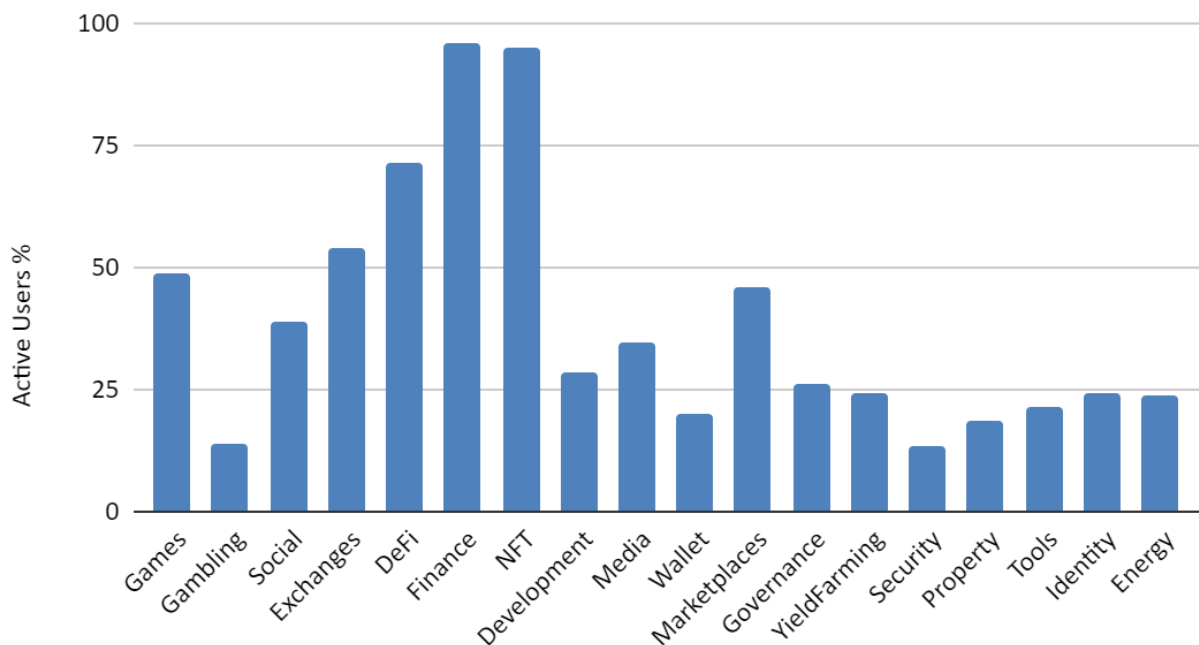
Έχουμε προχωρήσει στα μη παραμετρικά Test κάνοντας την χρήση του προγράμματος στατιστικής ανάλυσης SPSS. Οι άνω τριγωνικοί πίνακες που δημιουργήσαμε περιέχουν την στατιστική σημαντικότητα της διαφοράς μεταξύ δύο κατηγοριών ανά φορά, δηλαδή το “Sig.”.

## 4.2 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

### 4.2.1 Δημοτικότητα Αποκεντρωμένων Εφαρμογών

Αρχικά, και για να απαντήσουμε στα κρίσιμα ερωτήματα που θέσαμε στην εργασία μας, έχουμε αναλύσει τα δεδομένα που συλλέξαμε για την δημοτικότητα των αποκεντρωμένων εφαρμογών. Για να μετρήσουμε την δημοτικότητα έχουμε λάβει τον αριθμό των ενεργών χρηστών τις τελευταίες 90 ημέρες για κάθε κατηγορία αποκεντρωμένης εφαρμογής. Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, αρχικά μετρήσαμε το ποσοστό των εφαρμογών ανα κατηγορία που εμφάνισαν ενεργούς χρήστες και έπειτα τον μέσο όρο ενεργών χρηστών ανα κατηγορία.

Active Users % vs.



**Σχήμα 4.0:** Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε το ποσοστό των εφαρμογών ανα κατηγορία που είχαν ενεργούς χρήστες τις τελευταίες 90 ημέρες. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι αποκεντρωμένες εφαρμογές κατηγορίας DeFi, Finance, NFT εμφάνισαν σε ποσοστό τους περισσότερους ενεργούς χρήστες.

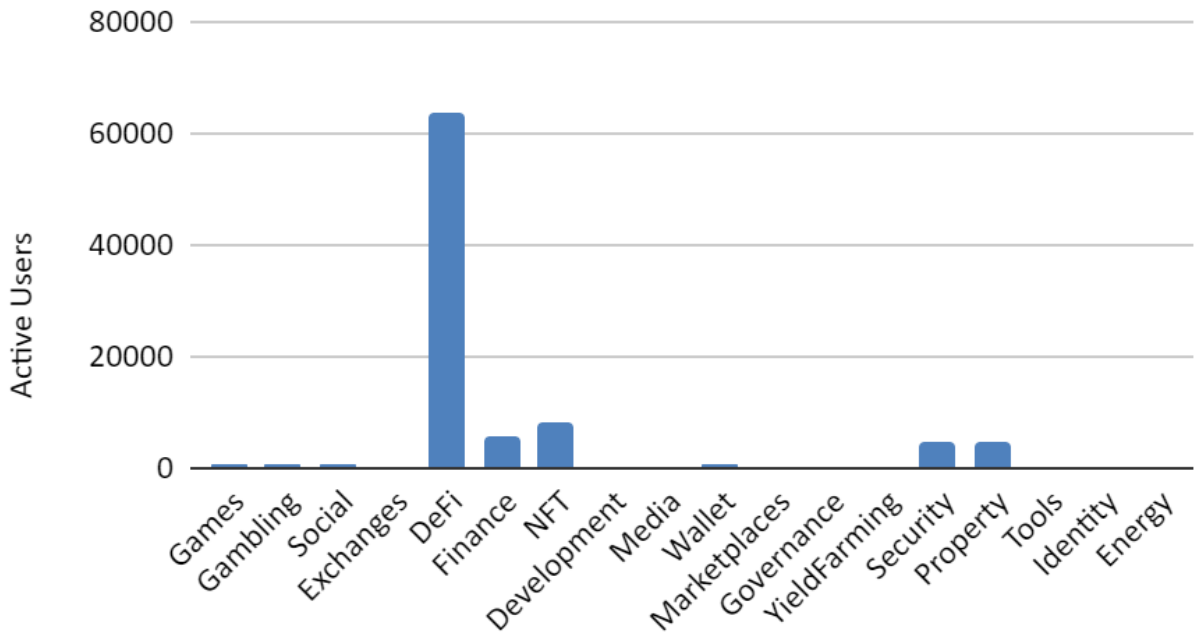
**Πίνακας 4.1:** Στον παρακάτω άνω τριγωνικό πίνακα, όπως και σε όλους τους υπόλοιπους άνω τριγωνικούς πίνακες, με πράσινο έχουμε τονίσει την διαφορές που είναι στατιστικά σημαντικές.

	Games	Gambling	Social	Exchanges	DeFi	Finance	NFT	Development	Media	Wallet	Marketplaces	Governance	YieldFarming	Security	Property	Tools	Identity
Games		0.12	0.791	0.895	0.791	0.596	0.691	0.596	0.691	0.185	0.895	0.508	0.354	0.085	0.145	0.233	0.427
Gambling			0.185	0.085	0.064	0.034	0.047	0.289	0.233	0.791	0.145	0.354	0.508	0.895	0.895	0.691	0.427
Social				0.6	0.5	0.4	0.5	0.7	0.2	0.8	0.8	0.6	0.5	0.1	0.2	0.3	0.5

				91	96	27	08	91	89	95	95	91	08	45	33	54	96
Exchanges					0.8 95	0.6 91	0.7 91	0.5 08	0.5 96	0.1 45	0.7 91	0.4 27	0.2 89	0.0 64	0.1 12	0.1 85	0.3 54
DeFi						0.7 91	0.8 95	0.4 27	0.5 08	0.1 12	0.6 91	0.3 54	0.2 33	0.0 47	0.0 85	0.1 45	0.2 89
Finance							0.8 95	0.2 89	0.3 54	0.0 64	0.5 08	0.2 33	0.1 45	0.0 24	0.0 47	0.0 85	0.1 85
NFT								0.3 54	0.4 27	0.0 85	0.5 96	0.2 89	0.1 85	0.0 34	0.0 64	0.1 12	0.2 33
Development								0.8 95	0.4 27	0.6 91	0.8 95	0.6 91	0.2 33	0.3 54	0.5 08	0.7 91	
Media									0.3 54	0.7 91	0.7 91	0.5 96	0.1 85	0.2 89	0.4 27	0.6 91	
Wallet										0.2 33	0.5 08	0.6 91	0.6 91	0.8 95	0.8 95	0.5 96	
Marketplaces											0.5 96	0.4 27	0.1 12	0.1 85	0.2 89	0.5 08	
Governance												0.7 91	0.2 89	0.4 27	0.5 96	0.8 95	
Yield Farming													0.4 27	0.5 96	0.7 91	0.8 95	
Security														0.7 91	0.5 96	0.3 54	
Property															0.7 91	0.5 08	
Tools																0.6 91	
Identity																	

Με βάση τον μέσο όρο των χρηστών βέβαια, η εικόνα διαφοροποιείται καθώς εντοπίσαμε στο σύνολο των δεδομένων μας πως η κατηγορία DeFi, φαίνεται να έχει μακράν και με διαφορά τον μεγαλύτερο μέσο όρο χρηστών από οποιαδήποτε άλλη κατηγορία. Την διαφορά κάνουν βέβαια και οι κατηγορίες Finance, NFT.

### Active Users vs.



Σχήμα 4.1: Οι ενεργοί χρήστες ανα κατηγορία κατα μέσο όρο

Πίνακας 4.2: Ο παρακάτω άνω τριγωνικός πίνακας επιβεβαιώνει το παραπάνω γράφημα με την στατιστική σημαντικότητα των διαφορών των υπόλοιπων κατηγοριών με την κατηγορία DeFi, να είναι εμφανής.

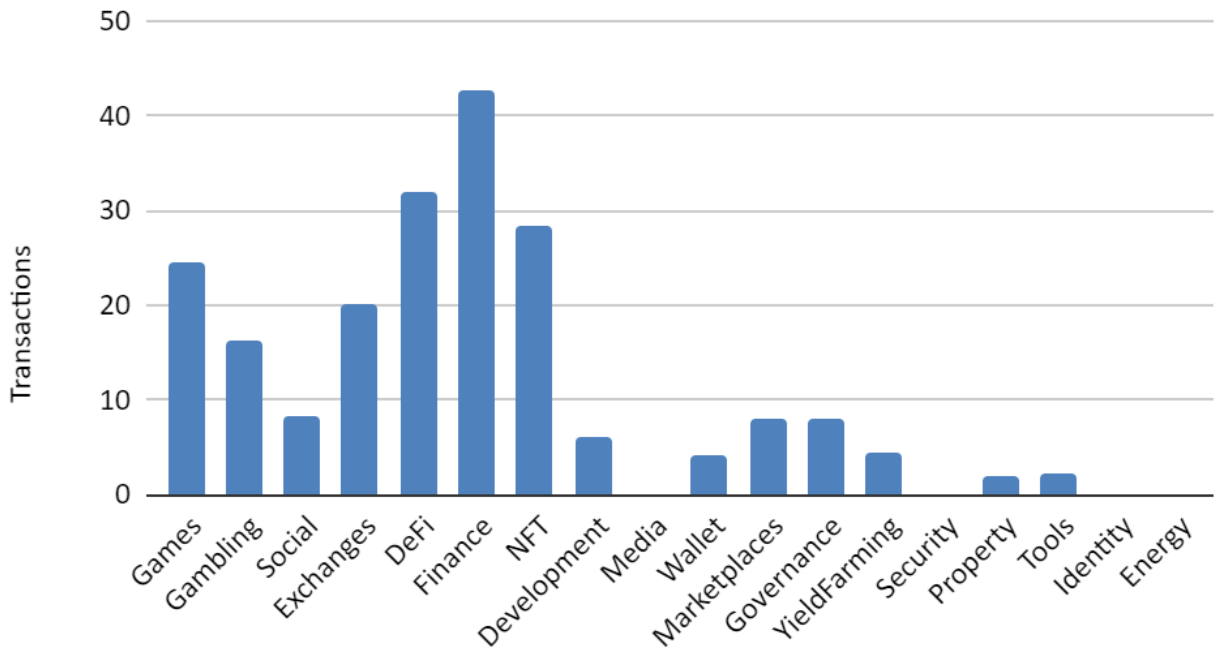
	Games	Gambling	Social	Exchanges	DeFi	Finance	NFT	Development	Media	Wallets	Marketplaces	Governance	YieldFarming	Security	Property	Tools	Identity
Games		0.895	0.691	0.596	0.508	0.691	0.596	0.289	0.112	0.791	0.508	0.145	0.354	0.791	0.895	0.427	0.185
Gambling			0.791	0.691	0.427	0.596	0.508	0.354	0.145	0.895	0.596	0.185	0.427	0.691	0.791	0.508	0.233
Social				0.895	0.289	0.427	0.354	0.508	0.233	0.895	0.791	0.233	0.596	0.508	0.596	0.691	0.354
Exchanges					0.233	0.354	0.289	0.596	0.233	0.791	0.895	0.354	0.691	0.427	0.596	0.791	0.427
DeFi						0.791	0.895	0.024	0.054	0.385	0.185	0.034	0.121	0.691	0.596	0.145	0.047
Finance							0.845	0.147	0.008	0.589	0.289	0.064	0.185	0.895	0.791	0.233	0.085
NFT								0.112	0.034	0.427	0.233	0.047	0.145	0.791	0.691	0.185	0.064
Development									0.504	0.406	0.606	0.608	0.101	0.202	0.607	0.707	0.707

nt										96	27	91	91	95	85	33	91	91
Media											0.1 85	0.3 54	0.8 95	0.5 08	0.0 64	0.0 85	0.4 27	0.7 91
Wallet											0.6 91	0.2 33	0.5 08	0.5 96	0.6 91	0.5 96	0.2 89	
Markets												0.4 27	0.7 91	0.3 54	0.4 27	0.8 95	0.5 08	
Governance													0.5 96	0.0 85	0.1 12	0.5 08	0.8 95	
Yield Farming														0.2 33	0.2 89	0.8 95	0.6 91	
Security															0.8 95	0.2 89	0.1 12	
Property																0.3 54	0.1 45	
Tools																	0.5 96	
Identity																		

#### 4.2.2 Οικονομική Απήχηση

Παρακάτω, παρουσιάζονται τα γραφήματα που αφορούν την οικονομική απήχηση της κάθε κατηγορίας αποκεντρωμένης εφαρμογής. Όπως βλέπουμε στο πρώτο γράφημα, το οποίο παρουσιάζει το ποσοστό των αποκεντρωμένων εφαρμογών ανα κατηγορία που εμφανίζουν ενεργές συναλλαγές τις τελευταίες 90 ημέρες, οι κατηγορίες Finance, NFT , DeFi κυριαρχούν και πάλι όπως είναι αναμενόμενο εξάλλου γιατί είναι οι κύριες κατηγορίες εφαρμογών που εκτελούν οικονομικές συναλλαγές.

### Transactions vs.



**Σχήμα 4.2:** Ποσοστό εφαρμογών που εμφάνισαν συναλλαγές σε κάθε κατηγορία.

**Πίνακας 4.3:** Ο αντίστοιχος άνω τριγωνικός πίνακας φαίνεται παρακάτω, οποίος και πάλι με πράσινες τιμές δείχνει τις αξιοσημείωτες στατιστικά σημαντικές διαφορές.

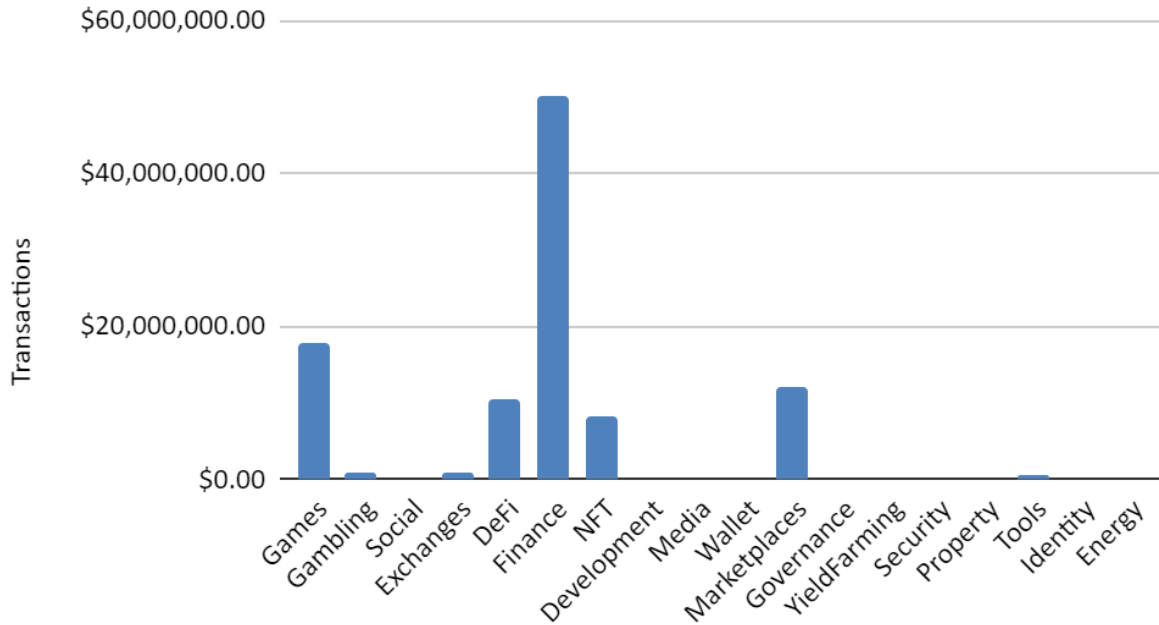
	Games	Gambling	Social	Exchanges	DeFi	Finance	NFT	Development	Media	Wallet	Marketplaces	Governance	YieldFarming	Security	Property	Tools	Identity
Games		0.79	0.689	0.894	0.79	0.689	0.894	0.424	0.096	0.287	0.549	0.549	0.351	0.096	0.183	0.231	0.096
Gambling			0.894	0.894	0.594	0.505	0.689	0.594	0.162	0.424	0.739	0.739	0.505	0.162	0.287	0.351	0.162
Social				0.79	0.505	0.424	0.594	0.689	0.206	0.505	0.842	0.842	0.594	0.206	0.351	0.424	0.206
Exchanges					0.689	0.594	0.79	0.505	0.126	0.351	0.641	0.641	0.424	0.126	0.231	0.287	0.126
DeFi						0.894	0.894	0.287	0.053	0.183	0.387	0.387	0.231	0.053	0.143	0.143	0.053
Finance							0.79	0.231	0.039	0.143	0.318	0.318	0.183	0.039	0.083	0.143	0.039
NFT								0.351	0.072	0.231	0.464	0.464	0.287	0.072	0.143	0.183	0.072
Development									0.387	0.79	0.842	0.842	0.894	0.387	0.594	0.689	0.387

Media										0.5 49	0.2 87	0.2 87	0.4 64	1	0.7 39	0.6 41	1
Wallet											0.6 41	0.6 41	0.8 94	0.5 49	0.7 9	0.8 94	0.5 49
Markets												1	0.7 39	0.2 87	0.4 64	0.5 49	0.2 87
Governance													0.7 39	0.2 87	0.4 64	0.5 49	0.2 87
Yield Farming														0.4 64	0.6 89	0.7 9	0.4 64
Security															0.7 39	0.6 41	1
Property																0.8 94	0.7 39
Tools																	0.6 41
Identity																	

Βλέπουμε εδώ λοιπόν πως η κατηγορία “Media” είναι αυτή που εμφανίζεται ως η πλέον “ανίσχυρη” στην ανάλυση μας αυτή με όλες τις υπόλοιπες σχεδόν κατηγορίες να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από αυτήν.

**Σχήμα 4.3:** Στο επόμενο γράφημα βλέπουμε τον μέσο όρο χρημάτων που διακινήθηκαν μέσω των αποκεντρωμένων εφαρμογών της κάθε κατηγορίας. Η κατηγορία Finance έχει διακινήσει μακράν το μεγαλύτερο χρηματικό ποσό φτάνοντας περίπου τα 60 εκ. δολάρια.

### Transactions vs.



**Πίνακας 4.4:** Στον άνω τριγωνικό πίνακα που δημιουργήσαμε για το γράφημα αυτό, βλέπουμε πως η κατηγορία Finance έχει αρκετές στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις υπόλοιπες.

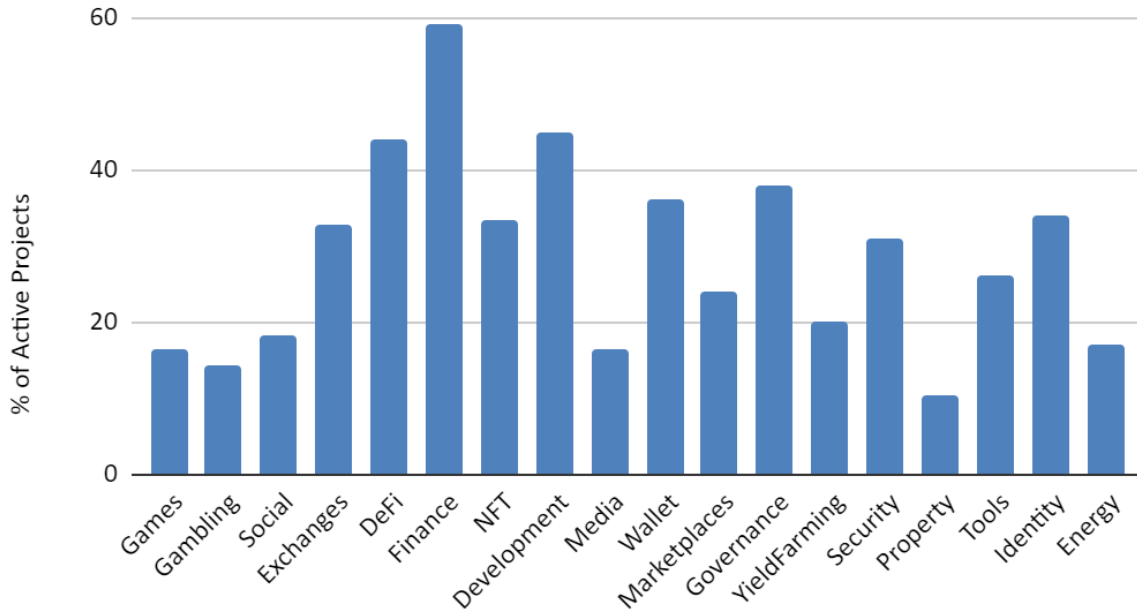
	Games	Gambling	Social	Exchanges	DeFi	Finance	NFT	Development	Media	Wallet	Marketplaces	Governance	YieldFarming	Security	Property	Tools	Identity
Games		0.594	0.231	0.506	0.709	0.894	0.609	0.183	0.054	0.351	0.894	0.101	0.143	0.054	0.287	0.424	0.054
Gambling			0.506	0.894	0.709	0.506	0.894	0.424	0.162	0.609	0.609	0.287	0.351	0.162	0.594	0.709	0.162
Social				0.594	0.351	0.183	0.424	0.894	0.464	0.709	0.287	0.609	0.709	0.464	0.894	0.609	0.464
Exchanges					0.609	0.424	0.709	0.506	0.206	0.709	0.594	0.351	0.424	0.206	0.609	0.894	0.206
DeFi						0.609	0.894	0.287	0.096	0.506	0.894	0.183	0.231	0.096	0.424	0.594	0.096
Finance							0.594	0.143	0.039	0.287	0.709	0.083	0.139	0.039	0.231	0.351	0.039
NFT								0.351	0.126	0.594	0.709	0.231	0.287	0.126	0.594	0.609	0.126
Development									0.549	0.609	0.231	0.709	0.894	0.549	0.709	0.594	0.549
Media										0.303	0.087	0.709	0.609	1.000	0.303	0.200	1.000

										18	72	39	41		87	58	
Wallet											0.4 24	0.5 06	0.5 94	0.3 18	0.8 94	0.8 94	0.3 18
Mark tplace s												0.1 43	0.1 83	0.0 72	0.3 51	0.5 06	0.0 72
Gover nance													0.8 94	0.7 39	0.5 94	0.4 24	0.7 39
YieldF armin g														0.6 41	0.6 9	0.5 06	0.6 41
Securi ty															0.3 87	0.2 58	1
Prope rty																0.7 9	0.3 87
Tools																	0.2 58
Identi ty																	

### 4.2.3 Προγραμματιστικά Γεγονότα

Στην υποενότητα αυτή αναλύουμε τα προγραμματιστικά γεγονότα που συνέβησαν τις τελευταίες 90 ημέρες ανά κατηγορία. Στο πρώτο γράφημα, βλέπουμε το ποσοστό των αποκεντρωμένων εφαρμογών που παρουσίασαν προγραμματιστικά γεγονότα ανα κατηγορία.

% of Active Projects vs.



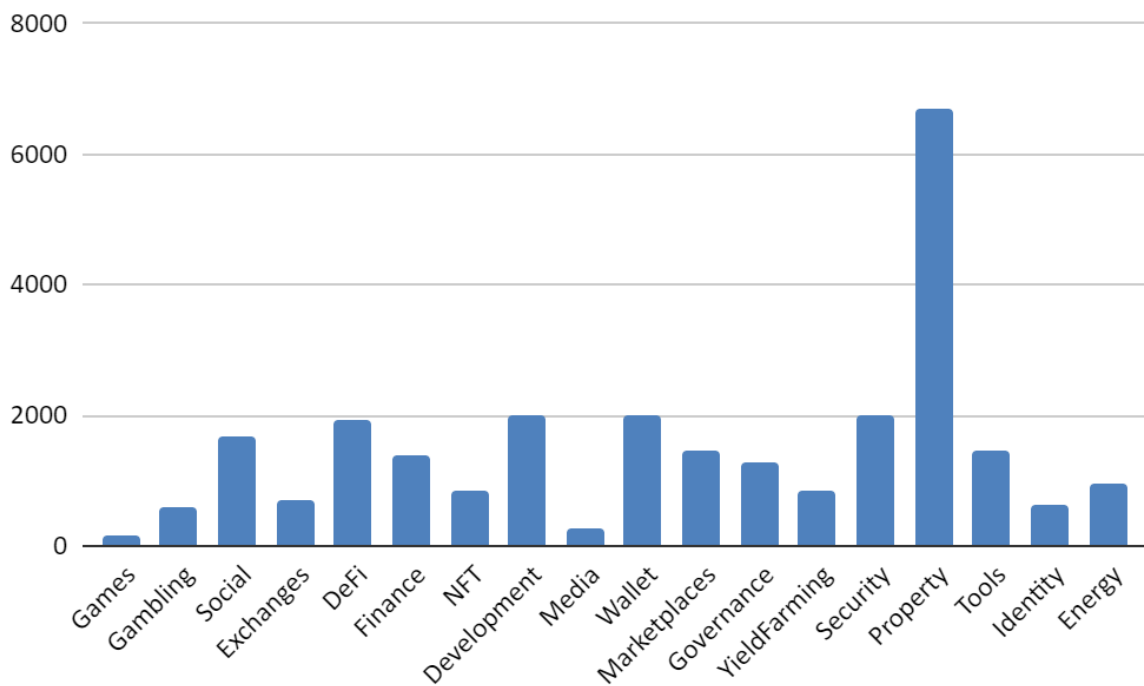
**Σχήμα 4.4:** Βλέπουμε πως το ανώτατο όριο είναι το 60% και στην πρώτη θέση βρίσκουμε για ακόμη μία φορά τις οικονομικές εφαρμογές, οι οποίες εμφανίζεται ως τώρα να υπερέχουν στατιστικά σημαντικά σε πολλές παραμέτρους από τις υπόλοιπες κατηγορίες.

**Πίνακας 4.5:** Ο παρακάτω άνω τριγωνικός πίνακας μας βοηθάει στην περαιτέρω κατανόηση των δεδομένων.

	Games	Gambling	Social	Exchanges	DeFi	Finance	NFT	Development	Media	Wallet	Marketplaces	Governance	YieldFarming	Security	Property	Tools	Identity
Games		0.12	0.791	0.895	0.791	0.596	0.691	0.596	0.691	0.185	0.895	0.508	0.354	0.085	0.145	0.233	0.427
Gambling			0.185	0.085	0.064	0.034	0.047	0.289	0.233	0.791	0.145	0.354	0.508	0.895	0.895	0.691	0.427
Social				0.691	0.596	0.491	0.591	0.791	0.895	0.289	0.895	0.691	0.508	0.145	0.233	0.354	0.596
Exchanges					0.895	0.691	0.791	0.596	0.596	0.145	0.791	0.427	0.289	0.064	0.112	0.185	0.354
DeFi						0.791	0.895	0.491	0.596	0.112	0.691	0.354	0.289	0.047	0.085	0.145	0.289
Finance							0.895	0.289	0.354	0.064	0.508	0.233	0.145	0.085	0.047	0.085	0.145

								0.3	0.4	0.0	0.5	0.2	0.1	0.03	0.0	0.1	0.2
NFT								54	27	85	96	89	85	4	64	12	33
Development									95	27	91	95	91	3	54	08	91
Media										54	91	91	96	5	89	27	91
Wallet											33	08	1	1	95	95	96
Marketplaces												96	27	2	85	89	08
Governance													91	9	27	96	95
YieldFarming														0.42	0.5	0.7	0.8
Security															1	6	4
Property																91	08
Tools																	91
Identity																	

Τέλος, στο παρακάτω γράφημα βλέπουμε τον μέσο όρο των προγραμματιστικών γεγονότων ανα κατηγορία αποκεντρωμένης εφαρμογής για το ίδιο χρονικό διάστημα:



**Σχήμα 4.5:** Μέσος όρος προγραμματιστικών γεγονότων ανα κατηγορία.

Εδώ, απρόσμενα βλέπουμε την κατηγορία Property να υπερέχει από τις υπόλοιπες. Έπειτα από έρευνα που έγινε στο Dataset, το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται λόγω μιας συγκεκριμένης αποκεντρωμένης εφαρμογής στην κατηγορία αυτή ονόματι “Decentraland” η οποία βρίσκεται σε παραγωγική μορφή, που σημαίνει πως έχει υλοποιηθεί και χρησιμοποιείται από εκατοντάδες χιλιάδες χρήστες ανά τον κόσμο. Έτσι, η κοινότητα της είναι ενεργή καθώς επίσης και οι βελτιώσεις σε επίπεδο κώδικα που απαιτούνται.

**Πίνακας 4.6:** Παρακάτω ο άνω τριγωνικός πίνακας για το παραπάνω γράφημα:

	Games	Gambling	Social	Exchanges	DeFi	Finance	NFT	Development	Media	Wallet	Marketplaces	Governance	YieldFarming	Security	Property	Tools	Identity
Games		0.791	0.112	0.596	0.085	0.233	0.508	0.034	0.895	0.064	0.145	0.289	0.427	0.047	0.024	0.185	0.691
Gambling			0.185	0.791	0.145	0.354	0.691	0.064	0.895	0.112	0.233	0.427	0.596	0.085	0.047	0.289	0.895
Social				0.289	0.895	0.691	0.354	0.596	0.145	0.791	0.895	0.596	0.427	0.691	0.508	0.791	0.233
Exchanges					0.233	0.508	0.895	0.112	0.691	0.145	0.354	0.596	0.791	0.145	0.085	0.427	0.895
DeFi						0.508	0.233	0.691	0.112	0.895	0.791	0.596	0.354	0.791	0.508	0.691	0.112
Finance							0.596	0.354	0.233	0.508	0.791	0.895	0.691	0.427	0.289	0.895	0.427
NFT								0.112	0.508	0.233	0.427	0.691	0.895	0.145	0.112	0.508	0.791
Development									0.047	0.791	0.508	0.233	0.112	0.895	0.895	0.427	0.085
Media										0.085	0.145	0.354	0.508	0.085	0.034	0.233	0.791
Wallet											0.691	0.427	0.289	0.895	0.691	0.508	0.145
Marketplaces												0.691	0.508	0.596	0.427	0.895	0.233
Governance													0.791	0.354	0.233	0.791	0.508
YieldFarming														0.233	0.145	0.508	0.691
Security															0.791	0.508	0.112
Property																0.3	0.0



**Πίνακας 4.8:** Τα αποτελέσματα ανάλυσης του παραπάνω πίνακα με την μέθοδο Spearman Correlation απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

		ActiveUsers	Transactions
Issues	Correlation Coefficient	,334**	,238**
	Sig. (2-tailed)	<,001	9
	N	121	121
Pull Requests	Correlation Coefficient	,398**	,324**
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001
	N	121	121
Commits	Correlation Coefficient	,212*	130
	Sig. (2-tailed)	19	154
	N	122	122
Starts	Correlation Coefficient	,500**	,382**
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001
	N	122	122
Forks	Correlation Coefficient	,528**	,400**
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001
	N	122	122
Branches	Correlation Coefficient	,246**	,208*
	Sig. (2-tailed)	6	22
	N	122	122
Contributors	Correlation Coefficient	,394**	,347**
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001
	N	105	105
Dev Events	Correlation Coefficient	,441**	,362**
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001
	N	122	122
ActiveUsers	Correlation Coefficient	1,000	,855**
	Sig. (2-tailed)	.	<,001
	N	122	122
Transactions	Correlation Coefficient	,855**	1,000
	Sig. (2-tailed)	<,001	.
	N	122	122



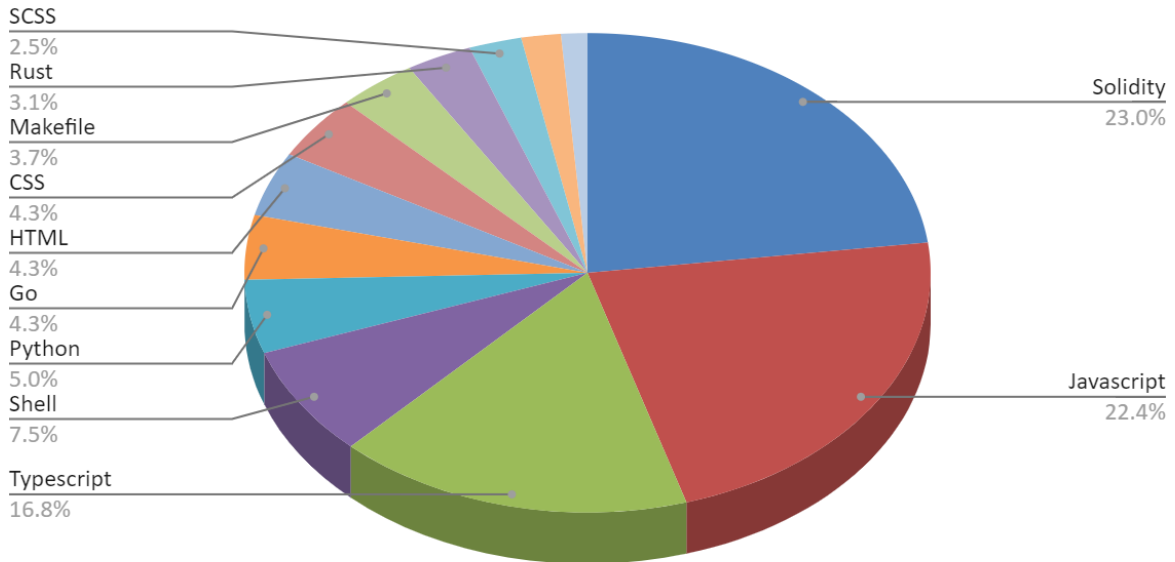








Όπως φαίνεται παραπάνω η Javascript μια client-based scripting γλώσσα φαίνεται να επικρατεί μαζί με την Solidity η οποία είναι η No.1 γλώσσα προγραμματισμού για την δημιουργία έξυπνων συμβολαίων στις αποκεντρωμένες εφαρμογές. Η απεικόνιση δείχνει καλύτερη στο παρακάτω διάγραμμα:



**Σχήμα 4.6:** Το ποσοστό που έχει κάθε γλώσσα προγραμματισμού στον χώρο των αποκεντρωμένων εφαρμογών ως γλώσσα υλοποίησης.

Στο παραπάνω διάγραμμα προσθέσαμε μόνο τις γλώσσες οι οποίες εμφανίστηκαν στο σύνολο δεδομένων μας παραπάνω από μία φορά.

## Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα

### 5.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Αρχικά, για να απαντήσουμε στα αρχικά κρίσιμα ερωτήματα που είχαν τεθεί στην αρχή της εργασίας μας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα που συλλέξαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο:

#### **RQ1: Ποιές κατηγορίες αποκεντρωμένων εφαρμογών εμφανίζουν περισσότερη δραστηριότητα σε χρήστες, συναλλαγές και προγραμματιστική κοινότητα;**

Όπως μπορέσαμε να διακρίνουμε μέσω των διαγραμμάτων του προηγούμενου κεφαλαίου, φαίνεται πως συνολικά και ανά μετρική οι παρακάτω κατηγορίες αποκεντρωμένων εφαρμογών υπερσχύουν των υπολοίπων:

- **Χρήστες (Δημοτικότητα)** : Η κατηγορία DeFi, βρέθηκε να είναι πιο δημοφιλής κατηγορία αποκεντρωμένων εφαρμογών.
- **Συναλλαγές** : Η κατηγορία Finance, είχε τις περισσότερες συναλλαγές κατά μέσο όρο με πολύ μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες.
- **Προγραμματιστική Κοινότητα**: Η κατηγορία Property είχε την μεγαλύτερη προγραμματιστική δραστηριότητα κατά μέσο όρο.

#### **RQ2: Μπορεί να υπάρξει συσχέτιση μεταξύ των προγραμματιστικής δραστηριότητας και δημοτικότητας της αποκεντρωμένης εφαρμογής;**

Όπως είδαμε στον πίνακα 4.8, η ανάλυση αυτή μας δείχνει καθαρά πως υπάρχει άμεση συσχέτιση μεταξύ των μετρικών οικονομικής απήχησης και των μετρικών ανάπτυξης. Με πράσινο έχουμε μορφοποιήσει τα κελιά τα οποία δείχνουν συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών.

Για παράδειγμα μία ανάγνωση του παραπάνω πίνακα πως ο αριθμός των ενεργών χρηστών έχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τον αριθμό των προβλημάτων (bugs,issues) που δηλώνονται στο Github.

Ταυτόχρονα, δεν φαίνεται να παίζει κάποιο ρόλο ο αριθμός των commits που έχουν γίνει σε κάθε project μιας και μικρά project που εμφάνισαν απλά πολλά commits, δεν έχουν απαραίτητα και την αναμενόμενη απήχηση.

#### **RQ3: Ποιές είναι οι περισσότερο εμφανιζόμενες γλώσσες προγραμματισμού στα repositories αποκεντρωμένων εφαρμογών;**

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο οι περισσότερο εμφανιζόμενες γλώσσες είναι οι : Solidity, Javascript & Typescript. Οι χρήστες προτιμούν την γλώσσα Solidity καθώς είναι ο μοναδικός τρόπος συγγραφής έξυπνων συμβολαίων στο Ethereum Blockchain το οποίο είναι από τα περισσότερο διαδεδομένα Blockchains μίας και είναι το πρώτο που επέτρεψε την ανάπτυξη αποκεντρωμένων εφαρμογών.

#### **RQ4: Ποιές είναι οι πιο συχνά εμφανιζόμενες λέξεις κλειδιά στις εγγεγραμμένες αποκεντρωμένες εφαρμογές στο State of the DApps?**

Όπως αναλύσαμε παραπάνω η κύρια λέξη κλειδί που φαίνεται να υπάρχει στην περιγραφή των περισσότερων αποκεντρωμένων εφαρμογών είναι η 'Metamask'. Φαίνεται πως να υπάρχει υποστήριξη για την εφαρμογή Metamask είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για τις αποκεντρωμένες εφαρμογές.

## 5.2 Μελλοντική Έρευνα

Στον τομέα των αποκεντρωμένων εφαρμογών υπάρχουν πολλές πληροφορίες οι οποίες είναι ακόμη νέες καθώς η τεχνολογία ακόμη ωριμαζει. Το γεγονός αυτό αποτελεί μία ευκαιρία περαιτέρω έρευνας του κλάδου μιας και νέες ιδέες και μελέτες εμφανίζονται καθημερινά. Μερικά πολύ ενδιαφέροντα θέματα που θα μπορούσαν να μελετηθούν στο μέλλον σχετικά με τις αποκεντρωμένες εφαρμογές είναι:

- *Εξέταση της ασφάλειας των αποκεντρωμένων εφαρμογών και των πιθανών τρωτών σημείων.*

Οι αποκεντρωμένες εφαρμογές παρ'ότι φαίνεται να είναι ασφαλέστερες, όπως όλες οι εφαρμογές που είναι διαθέσιμες στο διαδίκτυο διατρέχουν κινδύνους από κυβερνοεπιθέσεις. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να έχει ακολουθηθεί μία λάθος τεχνική υλοποίησης στο έξυπνο συμβόλαιο το οποίο εκθέτει την εφαρμογή και τα δεδομένα της απέναντι σε hackers. Ένα άλλο παράδειγμα είναι τα κενά ασφαλείας στο Front-End, που μπορούν να καταστήσουν την αποκεντρωμένη εφαρμογή σε κίνδυνο για Cross Site Scripting (XSS) επιθέσεις. Ακόμη, μιας και οι αποκεντρωμένες εφαρμογές πολλές φορές είναι Open-Source, μπορεί ο κώδικας που δημοσιοποιείται να μην έχει ελεγχθεί πολύ καλά.

- *Δημιουργία ερωτηματολογίου για τους χρήστες των DApps με στόχο την βελτίωση της εμπειρίας χρήστη.*

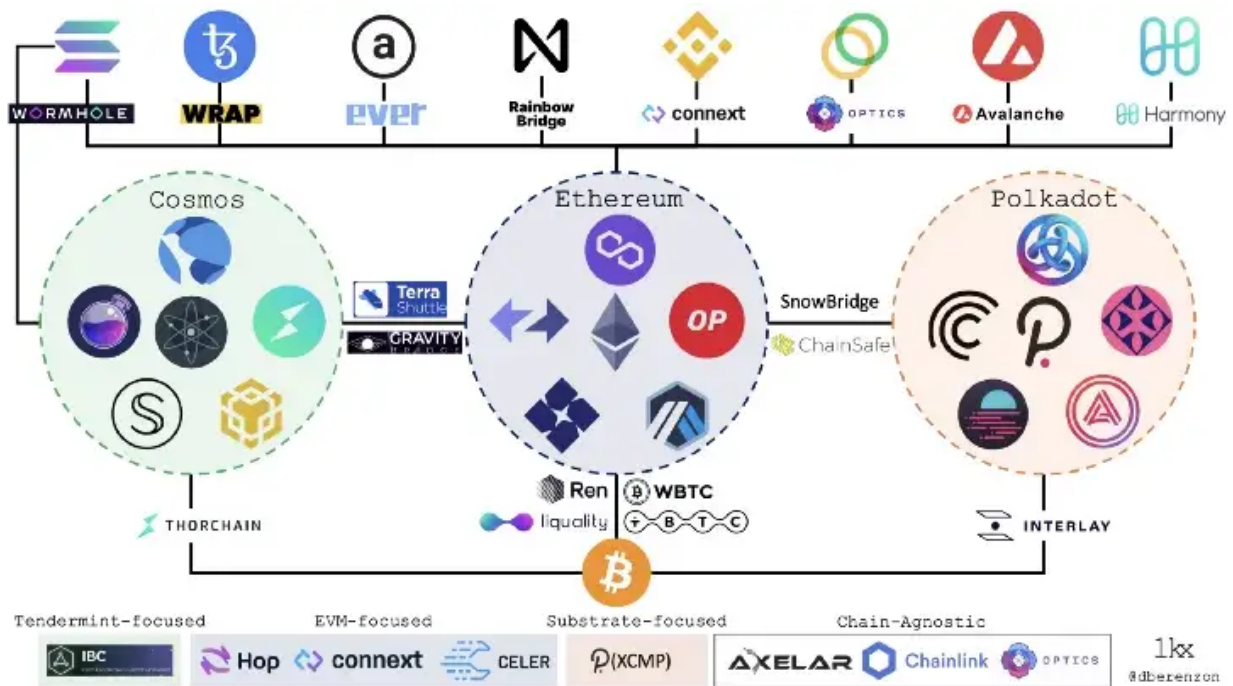
Εφόσον μιλάμε για μία πολύ νέα τεχνολογία, ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα για την εμπειρία χρήσης των εφαρμογών αυτών και εξαγωγή αποτελεσμάτων με στόχο την δημιουργία προτάσεων βελτίωσης του User Interface, των αποκεντρωμένων εφαρμογών που βρίσκονται συνήθως στο Layer 3, όπως αναλύσαμε στην εισαγωγή της εργασίας μας.

- *Σύγκριση διαφόρων πλατφόρμων που υποστηρίζουν την ανάπτυξη αποκεντρωμένων εφαρμογών.*

Οι αποκεντρωμένες εφαρμογές που ορίσαμε ως εφαρμογές τύπου I, είναι αυτές που υλοποιούν ένα blockchain από μόνες τους. Μπορούμε μελλοντικά να ερευνήσουμε την αποδοτικότητα της κάθε πλατφόρμας και να τις συγκρίνουμε μεταξύ τους ως προς την οικονομία, οικολογία και επεκτασιμότητα που προσφέρουν.

- *Μελέτη μηχανισμών σύνδεσης διαφορετικών Blockchain.*

Μία ακόμη μελέτη που θα μπορούσε να γίνει είναι αυτή που μελετά των πως είναι εφικτή η διασύνδεση μεταξύ δύο Blockchain. Είναι γνωστό πως για τον σκοπό αυτό υπάρχουν οι αποκεντρωμένες εφαρμογές “γέφυρες”, οι οποίες έχουν την δυνατότητα σύνδεσης, μεταφοράς δεδομένων και εκτέλεσης συναλλαγών μεταξύ δύο διαφορετικών DApp που βρίσκονται σε διαφορετικά Blockchain.



**Εικόνα 20:** Οι λεγόμενες ‘γέφυρες’.

Όπως βλέπουμε στην παραπάνω εικόνα, υπάρχουν DApp οι οποίες λειτουργούν ως γέφυρες μεταφοράς δεδομένων μεταξύ διαφορετικών Blockchain. Για παράδειγμα η DApp Snowbridge μπορεί να συνδεθεί και να εκτελέσει cross-platform συναλλαγές μεταξύ του Ethereum και Polkadot Blockchain.

### 5.3 Απειλές στην εγκυρότητα

Η παρούσα μελέτη στοχεύει να εξετάσει αποκεντρωμένες εφαρμογές (dApps) χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον ιστότοπο του State of the Dapps. Ενώ η μελέτη παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη χρήση των dApps, υπάρχουν αρκετές πιθανές απειλές για την εγκυρότητα των ευρημάτων που πρέπει να αναγνωριστούν. Αυτά περιλαμβάνουν περιορισμούς της πηγής δεδομένων, τη μεταβαλλόμενη φύση των δεδομένων και την πιθανότητα σφάλματος μέτρησης.

**Περιορισμοί της πηγής δεδομένων:** Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν τη μελέτη ελήφθησαν από τον ιστότοπο State of the Dapps, ο οποίος είναι ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος πόρος για δεδομένα dApp. Ωστόσο, αυτή η πηγή δεδομένων έχει αρκετούς περιορισμούς που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Πρώτον, τα δεδομένα εισάγονται από τους ίδιους τους προγραμματιστές dApp και επομένως υπόκεινται σε προκαταλήψεις και ανακρίβειες. Ακόμη, ο ιστότοπος State of the Dapps δεν περιλαμβάνει δεδομένα για όλα τα dApps, μόνο εκείνα που έχουν υποβληθεί στον ιστότοπο από προγραμματιστές των εφαρμογών. Επομένως, το δείγμα των dApps που χρησιμοποιείται σε αυτήν τη μελέτη ενδέχεται να μην είναι αντιπροσωπευτικό ολόκληρου του πληθυσμού των dApps.

**Αλλαγή της φύσης των δεδομένων:** Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν τη μελέτη συλλέχθηκαν σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και ενδέχεται να μην αντικατοπτρίζουν την τρέχουσα κατάσταση του οικοσυστήματος dApp. Τα δεδομένα αλλάζουν συνεχώς και νέες dApps αναπτύσσονται και υπάρχουσες dApps τροποποιούνται, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα της μελέτης. Επιπλέον, ο αριθμός των χρηστών και των συναλλαγών σε dApps

ενδέχεται να παρουσιάζει διακυμάνσεις με την πάροδο του χρόνου, γεγονός που θα μπορούσε επίσης να επηρεάσει τα αποτελέσματα. Ως εκ τούτου, τα ευρήματα αυτής της μελέτης θα πρέπει να ερμηνεύονται με προσοχή και θα πρέπει να θεωρούνται ως ένα στιγμιότυπο του οικοσυστήματος dApp τη στιγμή της συλλογής δεδομένων.

Σφάλμα μέτρησης: Η μελέτη βασίζεται στα δεδομένα που παρέχονται από τον ιστότοπο της κατάστασης του Dapps, τα οποία ενδέχεται να μην αποτελούν ακριβή αναπαράσταση του αριθμού των χρηστών και των συναλλαγών στο dApps. Τα δεδομένα που παρέχονται από τον ιστότοπο ενδέχεται να υπόκεινται σε σφάλματα μέτρησης, τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της μελέτης. Επιπλέον, είναι πιθανό ορισμένες dApps να μην αναφέρουν με ακρίβεια τα δεδομένα χρήστη και συναλλαγών τους, γεγονός που θα μπορούσε να εισάγει σφάλματα στα αποτελέσματα. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εξετάσει το ενδεχόμενο χρήσης πολλαπλών πηγών δεδομένων για την επικύρωση των ευρημάτων ή τη χρήση εναλλακτικών μεθόδων για τη μέτρηση δεδομένων χρηστών και συναλλαγών.

Συμπερασματικά, ενώ η παρούσα μελέτη παρέχει πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τη χρήση των dApps, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι πιθανές απειλές για την εγκυρότητα των ευρημάτων. Κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι περιορισμοί της πηγής δεδομένων, η μεταβαλλόμενη φύση των δεδομένων και η πιθανότητα σφάλματος μέτρησης. Αυτοί οι περιορισμοί θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη γενίκευση των ευρημάτων και κατά το σχεδιασμό μελλοντικών μελετών.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Επιστημονικά Άρθρα

- [1] Kaidong Wu (Peking University), An Empirical Study of Blockchain-based Decentralized Applications , 2019.
- [2] Weiping Cui , Understanding the Blockchain Ecosystem with Analysis of Decentralized Applications: an Empirical Study
- [3] Kaidong Wu (Peking University) , A First Look at Blockchain-based Decentralized Application, 2019
- [4] Gustavo Ansaldi Oliva, An Exploratory Study of Smart Contracts in the Ethereum Blockchain Platform, 2020
- [5] Anjee Gorkhali , Ling Li & Asim Shrestha, Blockchain: a literature review, 2020
- [6] Fran Casino, Thomas K. Dasaklis, Constantinos Patsakis, A systematic literature review of blockchain-based applications:Current status, classification and open issues , 2019
- [7] Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering ,Runeson, Per; Höst, Martin
- [8] Blockchain challenges and opportunities: a survey, Zibin Zheng, Hong-Ning Dai, 2018
- [9] Decentralized Applications (dApps): Definition, Uses, Pros and Cons  
<https://www.investopedia.com/terms/d/decentralized-applications-dapps.asp>
- [10]  
<https://medium.com/hackernoon/what-are-decentralized-applications-dapps-explained-with-examples-7ff8f2c4a460>
- [11]  
[https://www.linkedin.com/pulse/layer-1-vs-2-3-blockchain-scaling-solution-innocent-c-nweke/?trk=public\\_profile\\_article\\_view](https://www.linkedin.com/pulse/layer-1-vs-2-3-blockchain-scaling-solution-innocent-c-nweke/?trk=public_profile_article_view)
- [12] <https://medium.com/1kxnetwork/blockchain-bridges-5db6afac44f8>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Χρήστες

	Active Users %
Games	48.9
Gambling	14
Social	38.7
Exchanges	54
DeFi	71.4
Finance	95.9
NFT	94.8
Development	28.5
Media	34.6
Wallet	20
Marketplaces	46
Governance	26
YieldFarming	24
Security	13.3
Property	18.3
Tools	21.4
Identity	24.1
Energy	23.5

	Active Users %
Games	48.9
Gambling	14
Social	38.7
Exchanges	54
DeFi	71.4
Finance	95.9
NFT	94.8
Development	28.5
Media	34.6
Wallet	20
Marketplaces	46
Governance	26
YieldFarming	24
Security	13.3
Property	18.3
Tools	21.4
Identity	24.1
Energy	23.5

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : ΣΥΝΑΛΛΑΓΕΣ

	Transactions
Games	\$17,744,682.00
Gambling	\$1,009,624.04
Social	\$2,585.00
Exchanges	\$704,714.00
DeFi	\$10,334,415.00
Finance	\$50,153,281.00
NFT	\$8,071,475.00
Development	\$570.00
Media	\$0.00
Wallet	\$24,740.00
Marketplaces	\$12,088,836.00
Governance	\$215.00
YieldFarming	\$375.00
Security	\$0.00
Property	\$16,338.00
Tools	\$480,804.00
Identity	\$0.00
Energy	\$0.00

	Transactions
Games	24.4
Gambling	16.3
Social	8.16
Exchanges	20
DeFi	32
Finance	42.8
NFT	28.5
Development	6.12
Media	0
Wallet	4
Marketplaces	8
Governance	8
YieldFarming	4.4
Security	0
Property	2
Tools	2.3
Identity	0
Energy	0

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

	% of Active Projects
Games	16.32
Gambling	14.2
Social	18.30
Exchanges	32.6
DeFi	44
Finance	59.1
NFT	33.3
Development	44.8
Media	16.3
Wallet	36
Marketplaces	24
Governance	38
YieldFarming	20
Security	31
Property	10.2
Tools	26.19
Identity	34
Energy	17

	Development Activity
Games	150
Gambling	601
Social	1684
Exchanges	697
DeFi	1929
Finance	1371
NFT	833
Development	2020
Media	259
Wallet	2001
Marketplaces	1468
Governance	1295
YieldFarming	844
Security	2017
Property	6686
Tools	1449
Identity	644
Energy	966

