

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τμήμα Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών

www.eee.uniwa.gr

Θηβών 250, Αθήνα-Αιγάλεω 12241

Τηλ. +30 210 538-1225, Fax. +30 210 538-1226



UNIVERSITY of WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING

Department of Electrical & Electronics Engineering

www.eee.uniwa.gr

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

Tel:+30 210 538-1225, Fax:+30 210 538-1226

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Ηλεκτρικές & Ηλεκτρονικές Επιστήμες μέσω Έρευνας

Master of Science By Research in
Electrical & Electronics Engineering

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εφαρμογή Τεχνολογιών Κατανομμένου Καθολικού Κατάστιχου σε συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου



Μεταπτυχιακός Φοιτητής : Ιωάννης Χρηστίδης, AM MSCRES-64

Επιβλέπων: Παπαδόπουλος Περικλής, Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, 08/06/2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Τμήμα Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών
www.eee.uniwa.gr

Θηβών 250, Αθήνα-Αιγάλεω 12241
Τηλ. +30 210 538-1225, Fax. +30 210 538-1226

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Ηλεκτρικές & Ηλεκτρονικές Επιστήμες μέσω Έρευνας

UNIVERSITY of WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
Department of Electrical & Electronics Engineering
www.eee.uniwa.gr

250, Thivon Str., Athens, GR-12241, Greece
Tel:+30 210 538-1225, Fax:+30 210 538-1226

Master of Science By Research in
Electrical & Electronics Engineering

MSc Thesis

Use of Distributed Ledger Technologies in Real Time Monitoring Systems



Student: Christidis Ioannis, Registration Number MSCRES-64

MSc Thesis Supervisor: Papadopoulos Perikles, Professor

ATHENS-EGALEO, 08/06/2023

Η Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή, εξετάστηκε και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή εξεταστική επιτροπή:

Επιβλέπων/ουσα	Μέλος	Μέλος
Παπαδόπουλος Περικλής	Ελένη Αικατερίνη Λελίκου	Κουλούρας Γρηγόριος
Καθηγητής	Αναπληρωτής Καθηγητής	Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών	Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής	Τμήμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής	Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής	Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ιωάννης Χρηστίδης του Σπυρίδων, με αριθμό μητρώου MSCRES-64 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Ηλεκτρικές και Ηλεκτρονικές Επιστήμες μέσω Έρευνας» του Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

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

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

Ο/Η Δηλών/ούσα

(Υπογραφή)

Χρηστίδης Ιωάννης

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και (ΧΡΗΣΤΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ),

Ιούνιος, 2023

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

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτήν την διπλωματική εργασία προτείνεται η ανάπτυξη ενός προηγμένου συστήματος καταγγελιών που ενημερώνει σε πραγματικό χρόνο όλους τους ενδιαφερόμενους για καταγγελίες που γίνονται σε επιχειρήσεις που εμπλέκονται σε αθέμιτο ανταγωνισμό και μη-πλήρη καταγραφή της εργασίας των εργαζομένων. Η εφαρμογή αυτή καταγράφει σε πραγματικό χρόνο τις γεωγραφικές συντεταγμένες και την ώρα των καταγγελιών, αυξάνοντας την αξιοπιστία τους. Με τη χρήση της τεχνολογίας Blockchain, ο χρήστης παραμένει ανώνυμος ακόμα και μετά την καταγγελία, ενώ διασφαλίζεται η διαφάνεια και η αναμφισβήτητη ακεραιότητα των καταγγελιών. Το σύστημα είναι προσαρμοστικό και μπορεί να λειτουργήσει παράλληλα με άλλα υπάρχοντα συστήματα. Αποτελεί ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τον εργαζόμενο και τους αρμόδιους φορείς, και σε συνδυασμό με την ψηφιακή κάρτα εργασίας μπορεί να αντιμετωπίσει άμεσα προβλήματα που δεν μπορεί να λύσει μόνη της η ψηφιακή κάρτα εργασίας. Ταυτόχρονα εξετάζεται ο συνδυασμός της τεχνολογίας Blockchain με συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου, δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο σύστημα που συνδυάζει την ανωνυμία και την ασφάλεια της τεχνολογίας Blockchain με την άμεση και διαφανή παρακολούθηση των καταγγελιών σε πραγματικό χρόνο.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ: *Blockchain, έξυπνα συμβόλαια, συστήματα πραγματικού χρόνου, αποκέντρωμένες εφαρμογές, geolocation, καταγγελίες*

ABSTRACT

This thesis proposes the development of an advanced complaint system that provides real-time updates to all interested parties regarding complaints against businesses involved in unfair competition and incomplete recording of employee work. The application records the geographic coordinates and timestamp of the complaints in real-time, thereby increasing their credibility. By utilizing blockchain technology, the user remains anonymous even after making the complaint, while ensuring transparency and indisputable integrity of the complaints. The system is adaptive and can operate concurrently with other existing systems. It is a tool exclusively used by employees and relevant authorities, and in conjunction with the digital work card, it can promptly address issues that the digital work card alone cannot solve. Additionally, the combination of blockchain technology with real-time monitoring systems is being examined, creating an integrated system that combines the anonymity and security of blockchain technology with immediate and transparent monitoring of complaints in real-time.

KEYWORDS: *Blockchain, smart contracts, real-time systems, decentralized applications, geolocation, complaints.*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες και εκτίμηση προς όλους εκείνους που με βοήθησαν και με υποστήριξαν κατά τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας. Η ανεκτίμητη συνεισφορά σας έπαιξε ουσιαστικό ρόλο στην επίτευξη των στόχων μου και στην ανάπτυξη των ικανοτήτων μου.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Νέλλη Λελιγκού, την καθηγήτριά μου, για τη συνεχή καθοδήγηση, την προσφορά του χρόνου και την αμέριστη υποστήριξή της. Οι ενθαρρυντικές σας λέξεις με βοήθησαν να αναπτύξω τις ικανότητές μου και να βελτιώσω την επιστημονική μου προσέγγιση.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Περικλή Παπαδόπουλο, τον καθηγητή μου κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού, για την πολύτιμη υποστήριξη του και τη συνεχή καθοδήγηση που μου παρείχε.

Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Γρηγόριο Κουλούρα, τον καθηγητή που με βοήθησε να αναπτύξω διαφορετικές σκέψεις και προσεγγίσεις σε κρίσιμα σημεία της εργασίας μου.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Δημήτρη Κόγια, που ήταν εκεί στα πρώτα μου βήματα και μου πρόσφερε αμέριστη υποστήριξη και εμπιστοσύνη για τη συνέχεια. Η εμπειρία και η γνώση σας με βοήθησαν να ξεπεράσω τα εμπόδια και να προχωρήσω με αυτοπεποίθηση στην πορεία μου.

Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον συνάδελφο Δημήτρη Σταμματάκη, τον φίλο και συνεργάτη μου, με τον οποίο είχαμε αυθόρμητες συζητήσεις και ανταλλαγή απόψεων που με βοήθησαν να διευρύνω τον πνευματικό μου ορίζοντα και να ανακαλύψω νέες ιδέες.

Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω θερμά τη συνάδελφο Μαρία Πολυχρονάκη για τη συνεχή συνεργασία και τη βοήθεια που μου προσφέρει κάθε φορά που αντιμετωπίζω δυσκολίες ή απορίες.

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον συνάδελφο Νίκο Καυκατζή, ο οποίος εκπόνησε τα απαραίτητα εργαλεία για την υλοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, αλλά όχι λιγότερο σημαντικό, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδελφο Μιχάλη Ξευγένη για την αρχική υποστήριξη και την ενθάρρυνση που μου προσέφερε από την αρχή του μεταπτυχιακού. Οι συμβουλές και οι προτροπές σας με βοήθησαν να προσδιορίσω τον δρόμο μου και να πετύχω τους στόχους που είχα θέσει.

Σας ευγνωμονώ θερμά για τη στήριξή σας, την αφοσίωσή σας και την ανεκτίμητη συνεισφορά σας στην διπλωματική μου εργασία.

Με εκτίμηση,

Γιάννης

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Αντικείμενο, ερευνητικά ερωτήματα και διάρθρωση της εργασίας</i>	10
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Θεωρητικό πλαίσιο του θέματος – Ανασκόπηση του πεδίου</i>	13
<i>1.1 Συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου</i>	13
<i>1.2. Συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου στο ΔτΠ</i>	13
<i>1.3. Τεχνολογία Blockchain</i>	15
<i>1.3.1. Χαρακτηριστικά του Blockchain</i>	15
<i>1.3.2. Κατηγορίες Blockchain</i>	15
<i>1.4. Blockchain σε συστήματα παρακολούθησης</i>	16
<i>1.5. Blockchain στα Πληροφοριακά Συστήματα</i>	17
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Μεθοδολογία της έρευνας</i>	19
<i>2.1. Σκοπός της ψηφιακής κάρτας εργασίας</i>	19
<i>2.2. Πως λειτουργεί η ψηφιακή κάρτα εργασίας</i>	19
<i>2.3. Εκπληρώνει το σκοπό της;</i>	20
<i>2.4. Προτεινόμενη Λύση</i>	21
<i>2.4.1. Σενάριο Χρήσης</i>	21
<i>2.5. Τεχνολογίες και εργαλεία</i>	22
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η προτεινόμενη μέθοδος – Θεμελίωση, Σχεδίαση, Ανάπτυξη</i>	26
<i>3.1. Υποθέσεις Εργασίας</i>	26
<i>3.2. Τεχνική Ανάλυση</i>	27
<i>3.3. Έξυπνα Συμβόλαια</i>	29
<i>3.4. Καταστάσεις εταιρίας στο Έξυπνο Συμβόλαιο</i>	30
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εφαρμογή και Αποτελέσματα</i>	32
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Ανάλυση Αποτελεσμάτων – Συζήτηση</i>	43
<i>5.1. Ανησυχίες σχετικά με κακόβουλους χρήστες</i>	43
<i>5.2. Προκλήσεις επεκτασιμότητας</i>	43
<i>5.3. Αντίσταση από τα ενδιαφερόμενα μέρη</i>	43
<i>5.4. Υιοθέτηση και Συμμετοχή Χρηστών</i>	44
<i>5.5. Ενοποίηση με Υφιστάμενα Συστήματα</i>	44
<i>5.6. Πλεονεκτήματα</i>	44
<i>5.7. Αποτελεσματική Επιβολή των Κανονισμών Εργασίας</i>	44
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συμπεράσματα – Προτάσεις</i>	47
<i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ</i>	48
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</i>	50

Αντικείμενο, ερευνητικά ερωτήματα και διάρθρωση της εργασίας

Η Τεχνολογία των Κατανεμημένων Καθολικών Κατάστιχων (Distributed Ledger Technologies - DLT) είναι μία από τις πιο υποσχόμενες καινοτομίες στον τομέα των τεχνολογιών της πληροφορίας με την δυνατότητα να αλλάξει ή να συνυπάρξει σε τομείς της οικονομίας, της κοινωνίας αλλά και της βιομηχανίας. Τα DLT είναι γνωστά ως γονική τεχνολογία του Blockchain. Το Blockchain κυκλοφόρησε αρχικά το 2008 από τον Satoshi Nakamoto [1] ως θεμελιώδης τεχνολογία για το πρώτο παγκοσμίως αποκεντρωμένο ψηφιακό νόμισμα με βάση την κρυπτογραφία, γνωστό ως BITCOIN. Σήμερα στον κόσμο της τεχνολογίας και της πληροφορίας υπάρχουν πολλοί κλάδοι που μπορούν να εξερευνήσουν και να αξιοποιήσουν την τεχνολογία blockchain σε διαφορετικές εφαρμογές όπως εμπόριο, εφοδιαστική αλυσίδα, υγειονομική περίθαλψη κ.λπ.

Τα Συστήματα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο (Real Time Status – RTS Monitoring Systems) έχουν αναπτυχθεί παγκοσμίως για εφαρμογές που ο χρόνος ενημέρωσης είναι κρίσιμος, όπως η διαχείριση της κυκλοφορίας και η ανίχνευση ρύπανσης. Ένα από τα κύρια πεδία που χρησιμοποιούνται είναι στο διαδίκτυο των πραγμάτων - ΔτΠ (Internet of Things – IoT). Ταυτόχρονα το Blockchain αποτελεί ιδανική τεχνολογία για να καλύψει την ανάγκη για την ακεραιότητα των δεδομένων καθώς και για την εμπιστοσύνη των πηγών. Για την ακρίβεια το Blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει ένα περιβάλλον χωρίς την ανάγκη για εμπιστοσύνη. Όμως, υπάρχουν σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την δημιουργία αυτού του περιβάλλοντος καθώς και την ακεραιότητα της πληροφορίας.

Τα πληροφοριακά συστήματα για την προστασία της εργασίας είναι ψηφιακές πλατφόρμες που παρακολουθούν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και έχουν σχεδιαστεί για τη διαχείριση και τη διατήρηση της ασφάλειας και της υγείας στο χώρο εργασίας. Στοχεύουν στη διασφάλιση της ευημερίας των εργαζομένων με την ελαχιστοποίηση των κινδύνων, την προώθηση ασφαλών πρακτικών εργασίας και τη συμμόρφωση με τους σχετικούς νόμους και κανονισμούς. Τα συστήματα πληροφοριών για την προστασία της εργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επίπεδο χώρας για τη διαχείριση και την παρακολούθηση της ασφάλειας και της υγείας στο χώρο εργασίας σε διάφορους κλάδους. Αυτά τα συστήματα μπορεί να λειτουργούν από κυβερνητικούς φορείς, όπως τμήματα εργασίας ή οργανώσεις επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας, για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους εθνικούς κανονισμούς και πρότυπα. Οι Ηνωμένες Πολιτείες διατηρούν το Πληροφοριακό Σύστημα OSHA [2] (OIS), το οποίο συλλέγει και

διαχειρίζεται δεδομένα για εργατικά ατυχήματα, επιθεωρήσεις και ενέργειες επιβολής. Στη Γερμανία, το Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (BAuA) [3] είναι υπεύθυνο για την έρευνα και την ανάπτυξη κανονισμών για την επαγγελματική ασφάλεια. Διατηρούν διάφορα συστήματα πληροφοριών για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σχετικά με τα εργατικά ατυχήματα, τους κινδύνους και τη συμμόρφωση με τα πρότυπα ασφαλείας. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, το Health and Safety Executive (HSE) [4] χρησιμοποιεί διάφορα συστήματα πληροφοριών για τη συλλογή, διαχείριση και ανάλυση δεδομένων σχετικά με συμβάντα στο χώρο εργασίας, ενέργειες επιβολής και συμμόρφωση με τους κανονισμούς ασφαλείας.

Ωστόσο, οι χώρες που έχουν εφαρμόσει συστήματα προστασίας της εργασίας για τη διαχείριση και την παρακολούθηση της ασφάλειας και της υγείας στο χώρο εργασίας ενδέχεται να εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν ζητήματα που σχετίζονται με τον αθέμιτο ανταγωνισμό λόγω ατελούς καταγραφής της εργασίας των εργαζομένων. Οι εργοδότες ενδέχεται να υποδηλώνουν τις ώρες εργασίας των εργαζομένων, τους μισθούς ή ακόμα και τον αριθμό των εργαζομένων στον οργανισμό τους για φοροδιαφυγή, εισφορές κοινωνικής ασφάλισης ή συμμόρφωση με τους εργατικούς κανονισμούς. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ένα ανομοιόμορφο ανταγωνιστικό τοπίο για τις επιχειρήσεις που αναφέρουν με ακρίβεια τα δεδομένα του εργατικού δυναμικού τους και συμμορφώνονται με τους κανονισμούς.

Στην Ελλάδα, το πληροφοριακό σύστημα ΕΡΓΑΝΗ που διαχειρίζεται το Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικών Υποθέσεων στοχεύει στην απλοποίηση των διοικητικών διαδικασιών, στη βελτίωση της διαφάνειας και στην ενίσχυση της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών που σχετίζονται με την εργασία. Το ΕΡΓΑΝΗ χρησιμοποιείται κυρίως για εγγραφή και διαχείριση απασχόλησης. Οι εργοδότες υποχρεούνται να εγγράφουν νέους εργαζόμενους στο σύστημα ΕΡΓΑΝΗ, παρέχοντας στοιχεία όπως προσωπικά στοιχεία, περιγραφή θέσης εργασίας, ώρες εργασίας και μισθούς. Οι εργοδότες πρέπει επίσης να αναφέρουν καταγγελίες εργασίας και τυχόν αλλαγές στις συμβάσεις εργασίας ή στις συνθήκες εργασίας μέσω αυτής. Πρόσφατα κυκλοφόρησε η ψηφιακή κάρτα εργασίας που λειτουργεί σε συνδυασμό με το πληροφοριακό σύστημα ΕΡΓΑΝΗ. Η κάρτα εργασίας χρησιμοποιείται από τον εργαζόμενο, χτυπώντας την όταν ξεκινούν και τελειώνουν την εργασία τους. Τα δεδομένα αποθηκεύονται στο πληροφοριακό σύστημα ΕΡΓΑΝΗ. Ο σκοπός της κάρτας εργασίας είναι να εξαλείψει την αδήλωτη ή υποδηλωμένη εργασία [5]. Με την κάρτα εργασίας διασφαλίζονται τα συμφέροντα των εργαζομένων με πλήρη καταγραφή του πραγματικού ωραρίου, δημιουργείται το πλαίσιο για διαφανείς και αποτελεσματικούς ελέγχους, καθώς οι επιθεωρητές της Επιθεώρησης Εργασίας θα γνωρίζουν πόσοι και ποιοι εργαζόμενοι πρέπει να βρίσκονται στο χώρο εργασίας και σε ποια χρονική στιγμή. Οι επιχειρήσεις προστατεύονται από τον αθέμιτο ανταγωνισμό

όσων ασκούν αδήλωτη εργασία και τέλος διασφαλίζεται το εισόδημα του ασφαλιστικού συστήματος από εισφορές. Ωστόσο, ο σκοπός του δεν εκπληρώνεται [6] γιατί υπάρχουν εταιρείες όπου οι εργαζόμενοι αναγκάζονται να χτυπήσουν την κάρτα τους μετά το τέλος της εργασίας τους και μετά να συνεχίσουν να εργάζονται.

Για την διερεύνηση του πως το blockchain μπορεί να ενισχύσει τα συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου και ταυτόχρονα την αντιμετώπιση του προβλήματος που αναφέρθηκε παραπάνω, παρουσιάζεται ένα σύστημα με μία πλατφόρμα παραπόνων όπου αξιοποιεί δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και τροφοδοτείται από την τεχνολογία blockchain. Αυτό το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με οποιοδήποτε σύστημα πληροφοριών για να διασφαλίζεται η εγκυρότητα της καταγγελίας. Ταυτόχρονα με τη χρήση της τεχνολογίας blockchain, οι καταγγελίες θα γίνονται ανώνυμα και με διαφάνεια. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας γίνεται η υπόθεση εργασίας ότι το πληροφορικό σύστημα που χρησιμοποιείται είναι το ΕΡΓΑΝΗ.

Στο κεφάλαιο 1 ακολουθεί το θεωρητικό πλαίσιο και η ερευνητική δουλειά που έχει γίνει ήδη στο πεδίο. Στο κεφάλαιο 2 αναλύονται τα προβλήματα, η λύση και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται. Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται αναλυτικά η αρχιτεκτονική και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εφαρμογής. Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η εφαρμογή. Στο κεφάλαιο 5 τα γίνεται αναφορά στα πλεονεκτήματα και τα πιθανά προβλήματα του συστήματος και στο κεφάλαιο 6 τα συμπεράσματα και τα επόμενα βήματα.

1.1 Συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή τα συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο και είναι αναγκαία σε εφαρμογές που ο χρόνος ενημέρωσης είναι κρίσιμος. Συνήθως τα συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου αποτελούνται από μια πηγή και έναν προορισμό. Η πηγή είναι υπεύθυνη για την δημιουργία πακέτων με πληροφορίες που στην συνέχεια μεταδίδει στον «προορισμό», τα οποία λαμβάνονται και αποθηκεύονται από αυτόν [7]. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για την λήψη αποφάσεων, έπειτα από παρατήρηση των πληροφοριών που μεταδίδονται. Οι αποφάσεις αυτές, μπορεί να είναι κρίσιμες. Σε αυτό το πλαίσιο οι εσφαλμένες πληροφορίες μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τις αποφάσεις. Ένα απλό παράδειγμα είναι ένας αισθητήρας θερμοκρασίας που βρίσκεται σε ένα ψυγείο. Αν ο αισθητήρας δίνει θερμοκρασία μεγαλύτερη από αυτήν που έχει το ψυγείο τότε μπορεί να ληφθεί η εσφαλμένη απόφαση του να μειωθεί η θερμοκρασία του ψυγείου με αποτέλεσμα να αλλοιωθεί η ποιότητα των σκευασμάτων που βρίσκονται μέσα στο ψυγείο ενώ πρέπει να διατηρούνται σε συγκεκριμένες συνθήκες. Επίσης ο χρόνος που λαμβάνεται η πληροφορία μπορεί να επιφέρει εσφαλμένες αποφάσεις. Σε ένα σύστημα πυρασφάλειας είναι κρίσιμος ο χρόνος που θα ληφθεί η πληροφορία για πιθανή φωτιά εφόσον η παραμικρή καθυστέρηση μπορεί να οδηγήσει σε πυρκαγιά. Τα παραπάνω παραδείγματα επιλέχθηκαν με σκοπό να αναδείξουν τη σημασία της φρεσκάδας και της ακεραιότητας των δεδομένων στα συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου και την άμεση ανάγκη για αυτά τα συστήματα στον τομέα του ΔτΠ.

1.2. Συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου στο ΔτΠ

Τα συστήματα ΔτΠ αποτελούνται από τρία κύρια στοιχεία: συσκευές ΔτΠ (αισθητήρες, κλπ), δίκτυο επικοινωνίας και κόμβους προορισμού [8]. Οι συσκευές IoT συνήθως αναπτύσσονται για να παρατηρήσουν κάποια φυσικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος για μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, για παράδειγμα, τη θερμοκρασία ή την υγρασία. Οι πληροφορίες που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι οι μετρήσεις των αισθητήρων μεταδίδονται μέσω του δικτύου επικοινωνίας στους κόμβους προορισμού όπου αναλύονται με σκοπό την λήψη αποφάσεων. Προφανώς σε τέτοιου

είδους εφαρμογές υπάρχει η ανάγκη για δεδομένα πραγματικού χρόνου. Τα συστήματα που δημιουργούνται προσπαθούν να λαμβάνουν και να αξιοποιούν όσο το δυνατόν πιο φρέσκα δεδομένα. Στην συνέχεια παρατίθενται παραδείγματα ερευνητικών εργασιών που συνδυάζουν το ΔτΠ με συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου.

Οι Hoe Tung Yew και λοιποί στην ερευνητική δουλειά τους με τίτλο «IoT Based Real-Time Remote Patient Monitoring System», πρότειναν ένα απομακρυσμένο σύστημα παρακολούθησης ασθενών [9]. Το σύστημα ανιχνεύει δεδομένα πραγματικού χρόνου των ασθενών με την χρήση του ΔτΠ, το οποίο αναφέρουν πως είναι σε θέση να εγγυηθεί την ακεραιότητα ενός ηλεκτροκαρδιογραφήματος σε πραγματικό χρόνο. Οι γιατροί έχουν την δυνατότητα να δουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο με την χρήση διαδικτυακής εφαρμογής που ζητάει τα δεδομένα από server. Η αρχιτεκτονική που ακολούθησαν έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και αξίζει να αναφερθεί. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες στέλνονται ταυτόχρονα στην βάση δεδομένων αλλά και απευθείας στην εφαρμογή «αφαιρώντας» με αυτό τον τρόπο τον χρόνο αποθήκευσης στην βάση από τον συνολικό χρόνο που λαμβάνει την πληροφορία ο ενδιαφερόμενος, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο γιατρός.

Οι Md Masum Billah και λοιποί στην ερευνητική πρόταση με θέμα «Quality Maintenance of Fish Farm: Development of Real-time Water Quality Monitoring system» ανέπτυξαν μία εφαρμογή ΔτΠ που συλλέγει δεδομένα πραγματικού χρόνου για την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού σε ιχθυοτροφεία [10]. Χρησιμοποιούν αισθητήρες που παίρνουν μετρήσεις για το pH του νερού, την θερμοκρασία και το διαλυμένο οξυγόνο και ελέγχονται από μικροελεγκτή, που με την σειρά του στέλνει τα δεδομένα στο νέφος, μέσω Wi-Fi, όπου και αποθηκεύονται. Τέλος στα δεδομένα έχει πρόσβαση ο χρήστης μέσω διαδικτυακής εφαρμογής.

Οι Bikash Kumar Moharana και λοιποί πρότειναν στην ερευνητική τους δουλειά με θέμα «Development of an IoT-based Real-Time Air Quality Monitoring Device» ένα σύστημα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου για την ποιότητα του αέρα [11]. Για την υλοποίηση χρησιμοποίησαν έναν μικροελεγκτή και δύο αισθητήρες, έναν καπνού και έναν θερμοκρασίας και υγρασίας. Οι αισθητήρες λαμβάνουν τις μετρήσεις και τις στέλνουν στο μικροελεγκτή που με την σειρά του, μέσω Wi-Fi τα στέλνει στο νέφος. Ο χρήστης έχει πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες μέσω μίας διαδικτυακής εφαρμογής. Το ενδιαφέρον στοιχείο της συγκεκριμένης υλοποίησης είναι ότι το σύστημα τους λαμβάνει και αποφάσεις. Όταν η συγκέντρωση από τοξικά αέρια είναι υψηλή τότε το σύστημα παίρνει την απόφαση να προειδοποιήσει τους χρήστες μέσω ενός μηνύματος.

Σε όλες τις προαναφερθέντες δουλειές παρατηρείται ότι υπάρχει μια μορφή τυφλής εμπιστοσύνης μεταξύ των τελικών χρηστών και των συσκευών ΔΤΠ. Στην ουσία θεωρείται δεδομένο πως όλο το σύστημα δουλεύει χωρίς προβλήματα και λάθη.

1.3. Τεχνολογία Blockchain

Το Blockchain είναι μία αλληλουχία από blocks [12], στα οποία διατηρείται η ολοκληρωμένη λίστα από καταγραφές συναλλαγών που έχουν γίνει στο δίκτυο. Το πρώτο block που δημιουργείται ονομάζεται genesis block. Κάθε block που δημιουργείται μετά από το genesis block διατηρεί την κατακερματισμένη (hash) μορφή του προηγούμενου block δημιουργώντας έτσι την αλυσίδα. Για την αλληλεπίδραση με ένα blockchain δίκτυο ο χρήστης πρέπει να κατέχει ένα ζευγάρι δημόσιου-ιδιωτικού κλειδιών. Το ιδιωτικό κλειδί χρησιμοποιείται από τον χρήστη για την υπογραφή συναλλαγών. Τα blockchain μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, Δημόσια, Ιδιωτικά και Ομοσπονδιακά.

1.3.1. Χαρακτηριστικά του Blockchain

Τα πιο κρίσιμα χαρακτηριστικά του Blockchain είναι:

- Αποκεντροποίηση : Στο blockchain χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι συναίνεσης που συγκροτούν την συνοχή δεδομένων στο δίκτυο με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ανάγκη για κάποια κεντρική αρχή για την επικύρωση των συναλλαγών.
- Ανθεκτικότητα : Οι συναλλαγές επικυρώνονται από τους συμμετέχοντες εφόσον είναι έγκυρες και από τη στιγμή της αποθήκευσης δεν μπορούν να αλλοιωθούν ή να διαγραφούν.
- Ανωνυμία : Από τα ζευγάρια κλειδιών των χρηστών δημιουργείται μία ψηφιακή διεύθυνση που χρησιμοποιείται για τις συναλλαγές αντί για την ταυτότητα του χρήστη.
- Επαληθευσσιμότητα : Κάθε συναλλαγή που γίνεται μεταξύ χρηστών καταχωρείται με διαφάνεια και μπορεί οποιαδήποτε στιγμή να εντοπιστεί και να επαληθευθεί.





1.3.2. Κατηγορίες Blockchain

Δημόσια Blockchain: Στα δημόσια Blockchain όλες οι καταγραφές συναλλαγών είναι ορατές προς όλους και ο καθένας μπορεί να λάβει μέρος στην διαδικασία συναίνεσης. Οι καταγραφές των συναλλαγών είναι αποθηκευμένες σε έναν μεγάλο αριθμό από συμμετέχοντες με αποτέλεσμα να είναι σχεδόν αδύνατον να αλλοιωθούν.

Ιδιωτικά Blockchain: Τα ιδιωτικά Blockchain δίκτυα χαρακτηρίζονται ως κεντροποιημένα εφόσον ελέγχονται από κάποιον οργανισμό. Στην διαδικασία της συναίεσης λαμβάνουν μέρος μόνο οι κόμβοι του οργανισμού. Τέλος οι καταγραφές των συναλλαγών βρίσκονται μόνο σε επιλεγμένους συμμετέχοντες, με αποτέλεσμα να υπάρχει πιθανότητα αλλοίωσης και δεν είναι απαραίτητο να είναι ορατές προς όλους.

Ομοσπονδιακά ή Υβριδικά Blockchain: Στα ομοσπονδιακά Blockchain υπάρχει ένας συγκεκριμένος αριθμός από κόμβους που λαμβάνει μέρος στην διαδικασία συναίεσης. Εφόσον πάλι η συγκεκριμένη κατηγορία δεν είναι απόλυτα δημόσια όπως και στα ιδιωτικά οι καταγραφές των συναλλαγών βρίσκονται μόνο σε επιλεγμένους συμμετέχοντες, με αποτέλεσμα να υπάρχει πιθανότητα αλλοίωσης και δεν είναι απαραίτητο να είναι ορατές προς όλους.

Τα ιδιωτικά και τα ομοσπονδιακά blockchain είναι πολύ πιο αποτελεσματικά στο θέμα των καθυστερήσεων του δικτύου.

 [2]	Δημόσια 	Ιδιωτικά 	Υβριδικά 
Πρόσβαση στα Δεδομένα	Όλοι οι κόμβοι	Συγκεκριμένοι κόμβοι	Συγκεκριμένοι κόμβοι*
Αμεταβλητότητα Δεδομένων	Ναι	Όχι	Εξαρτάται*
Αποδοτικότητα	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Οργάνωση Δεδομένων	Κατανεμημένη	Κεντροποιημένη	Αποκεντρωμένη

Εικόνα 1. Χαρακτηριστικά Κατηγοριών Blockchain

1.4. Blockchain σε συστήματα παρακολούθησης

Σε αυτήν την ενότητα γίνεται μια αναφορά σε ερευνητικές εργασίες που μελετούν την χρήση της τεχνολογίας Blockchain στα συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου.

Οι Sungho Lee, και λοιποί στην μελέτη τους «Is Blockchain Suitable for Data Freshness? An Age-of-Information Perspective» [13] διερεύνησαν εάν ένα Blockchain δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα παρακολούθησης πραγματικού χρόνου. Χρησιμοποίησαν ένα δίκτυο HyperLedger Fabric ιδιωτικό blockchain το οποίο όπως αναφέρουν έχει ιδιαίτερη δομή που είναι αρκετά συνδεδεμένη με την ροή των συναλλαγών. Η ροή των συναλλαγών γίνεται σε τρεις φάσεις. Την φάση έγκρισης που οι

κόμβοι που είναι υπεύθυνοι για τις εγκρίσεις εκτελούν τοπικά την αίτηση (request) και ελέγχουν εάν όλοι οι κόμβοι φέρουν το ίδιο αποτέλεσμα. Την φάση ταξινόμησης όπου οι αιτήσεις ταξινομούνται χρονολογικά και δημιουργείται το νέο μπλοκ το οποίο στέλνεται σε όλους τους κόμβους ενός συγκεκριμένου καναλιού, όπου τα κανάλια είναι ένας διαχωρισμός μεταξύ κόμβων. Και τέλος την φάση επικύρωσης όπου το μπλοκ περνάει επαληθευτικές διαδικασίες, τις VSCC και MVCC. Μελέτησαν την ηλικία της πληροφορίας του δικτύου διότι αναφέρουν πως σε κάθε blockchain δίκτυο υπάρχει επιπλέον καθυστέρηση λόγω της επεξεργασίας των δεδομένων και της επικοινωνίας μεταξύ κόμβων. Παρατήρησαν ότι κατά την δημιουργία των μπλοκ, η ηλικία της πληροφορίας όπου σε φυσιολογικές συνθήκες θα έπρεπε να βρίσκεται στην φάση της αύξησης (Εικόνα 1) πρώτα μειώνεται και μετά αυξάνεται. Το απέδωσαν στο ότι για γρηγορότερη παραγωγή μπλοκ, μειώνεται ο χρόνος της φάσης ταξινόμησης αλλά αυξάνεται ο χρόνος επικύρωσης. Παρατήρησαν επίσης ότι η απόδοση της επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων δεν εγγυάται την αύξηση της ηλικίας. Τέλος ενώ κατά κύριο λόγο η συχνότερη παραγωγή ενημερώσεων σημαίνει φρεσκότερα δεδομένα, όσο περισσότερα τα δεδομένα τόσο περισσότερες μη-έγκυρες συναλλαγές στην φάση επικύρωσης.

Οι Minsu Kim, και λοιποί στην ερευνητική δουλειά τους «Age of Information Analysis in Hyperledger Fabric Blockchain-enabled Monitoring Networks» [14] ανέλυσαν την φρεσκάδα των δεδομένων σε ένα σύστημα παρακολούθησης βασισμένο σε ένα ιδιωτικό Blockchain δίκτυο HyperLedger Fabric. Το σύστημα αποτελούνταν από πηγές, βάσεις και το δίκτυο. Οι πηγές παρακολουθούσαν φυσικά φαινόμενα και έστελναν τα δεδομένα στις βάσεις, οι οποίες συνδέονταν με το δίκτυο. Στην συνέχεια το δίκτυο κατέγραφε τα δεδομένα. Στην έρευνα τους αναλύουν την πιθανότητα παραβίασης της ηλικίας της πληροφορίας σε σχέση με την καθυστέρηση της συναίνεσης του δικτύου, που είναι η συνολική καθυστέρηση των φάσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω, και καθυστέρησης του σταλσίματος ενός πακέτου από την πηγή στη βάση. Θεωρούν ότι οι δύο καθυστερήσεις δεν έχουν καμία σχέση μεταξύ τους. Επίσης ερευνούν το πώς επηρεάζεται ένα συγκεκριμένο ποσοστό πιθανότητας επιτυχίας μετάδοσης σε σχέση με την πιθανότητα παραβίασης της ηλικίας της πληροφορίας. Το ποσοστό πιθανότητας επιτυχίας μετάδοσης αναφέρεται στο πόσα μπλοκ επικυρώθηκαν με επιτυχία στη φάση επικύρωσης που αναφέρθηκε παραπάνω. Χρησιμοποίησαν την μαθηματική ανάλυση που είχαν προτείνει οι J. P. Champati, H. Al-Zubaidy, και J. Gross για την εκτίμηση της πιθανότητας παραβίασης της ηλικίας της πληροφορίας και την σύγκριναν με αποτελέσματα που πάρθηκαν πειραματικά και σε προσομοίωση. Απόδειξαν πως η μεγαλύτερη πιθανότητα επιτυχίας μετάδοσης δεν σημαίνει μικρότερη ηλικία της πληροφορίας στο HyperLedger Fabric. Επίσης με τα πειράματα κατάφεραν να επιτύχουν ένα ικανοποιητικό επίπεδο εγκυρότητας για την φρεσκάδα της πληροφορίας.

1.5. Blockchain στα Πληροφοριακά Συστήματα

Η τεχνολογία Blockchain είναι κατάλληλη για κάθε κατάσταση που απαιτεί αποκεντρωμένη υποδομή που επιτρέπει σε πολλούς συμμετέχοντες να συμμετέχουν στο ίδιο δίκτυο, διασφαλίζοντας παράλληλα πλήρη διαφάνεια και αξιοπιστία μεταξύ ατόμων που δεν είναι εξοικειωμένα μεταξύ τους. Οι [15] προτείνουν μια πλατφόρμα που υποστηρίζεται από blockchain, η οποία είναι ανώνυμη, διαφανής και αποκεντρωμένη, επιτρέποντας στα άτομα να υποβάλλουν παράπονα ανώνυμα και να συνεργάζονται με τις αρχές για την αντιμετώπιση των ανησυχιών τους. Οι αρχές μπορούν να αρχίσουν να επεξεργάζονται μια καταγγελία μόλις ληφθεί μέσω της πλατφόρμας. Τα άτομα που έχουν παρόμοια προβλήματα ή πιστεύουν ότι ένα πρόβλημα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα μπορούν είτε να υποστηρίξουν είτε να αντιταχθούν στην καταγγελία. Στη συνέχεια, οι αρχές μπορούν να ξεκινήσουν εκστρατείες crowdfunding, δίνοντας τη δυνατότητα τόσο στους καταγγέλλοντες όσο και στις αρχές να συνεισφέρουν. Τελικά, βεβαιώνουμε ότι η προτεινόμενη λύση που βασίζεται σε blockchain θα είναι μια από τις πιο ασφαλείς και αξιόπιστες πλατφόρμες για τους χρήστες να εκφράσουν τις ανησυχίες τους. Οι [16] πρότειναν ένα ασφαλές και διαφανές σύστημα επίλυσης παραπόνων χρησιμοποιώντας την αλυσίδα μπλοκ Ethereum, με στόχο τη δημιουργία ενός πιο διασυνδεδεμένου ψηφιακού περιβάλλοντος μέσω μιας αποκεντρωμένης εφαρμογής. Πιστεύουν ότι το Ethereum Blockchain είναι μια ιδανική πλατφόρμα για την ανάπτυξη μιας τέτοιας αποκεντρωμένης διαδικτυακής εφαρμογής, καθώς προσφέρει τα απαραίτητα εργαλεία για τη δημιουργία της. Κάθε παράπονο αντιπροσωπεύεται από ένα έξυπνο συμβόλαιο που εκτελείται στο blockchain Ethereum. Η διαδικασία ξεκινά όταν ένας χρήστης υποβάλλει ένα παράπονο, παρέχοντας τις απαραίτητες λεπτομέρειες, οι οποίες στη συνέχεια αποθηκεύονται στο blockchain του Ethereum. Ένας αριθμός καταγγελίας εκχωρείται στον χρήστη για σκοπούς παρακολούθησης. Μόνο αφού οι πληροφορίες αποθηκευτούν στο blockchain μπορούν οι υπάλληλοι να έχουν πρόσβαση στην καταγγελία και να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα. Ο καταγγέλλων θα τηρείται ενήμερος για κάθε βήμα που γίνεται σχετικά με την υποβληθείσα καταγγελία του. Οι [17] πρότειναν μια προσέγγιση βασισμένη σε blockchain για τη διαχείριση παραπόνων που σχετίζονται τόσο με αναγνωρίσιμα όσο και με μη αναγνωρίσιμα αδικήματα. Όταν η αστυνομία υποβάλει μια FIR (πρώτη αναφορά πληροφοριών), θα κρυπτογραφηθεί, θα αποθηκευτεί στο IPFS και ο κατακερματισμός του θα προστεθεί στο δίκτυο blockchain. Εάν η αστυνομία επιλέξει να μην καταθέσει το FIR λόγω εξωτερικής πίεσης ή αρνηθεί να λάβει καταγγελία, ο καταγγέλλων θα έχει στη διάθεσή του ισχυρά αποδεικτικά στοιχεία εναντίον της, καθώς η καταγγελία και η χρονική της σφραγίδα θα αποθηκευτούν με ασφάλεια στο δίκτυο blockchain. Αναφέρουν ότι με τη διατήρηση όλων των αρχείων σε μια αναλλοίωτη βάση δεδομένων, εξαλείφεται η πιθανότητα παραβίασης του FIR/NCR και η αποφυγή ανίχνευσης. Στην έρευνά τους οι [18] εισήγαγαν μια τεχνική λύση για την αντιμετώπιση της κατάστασης όπου πολλές επιχειρήσεις δεν διαθέτουν τις διαδικασίες

και την υποδομή που απαιτούνται για την εκπλήρωση αρκετών νομικών υποχρεώσεων σχετικά με τα δικαιώματα των υποκειμένων των δεδομένων, γεγονός που οδηγεί σε χειρωνακτική εργασία και εκτεταμένες περιόδους αναμονής για τους χρήστες. Οι αρχές προστασίας δεδομένων λαμβάνουν παράπονα σχετικά με αυτές τις καθυστερήσεις, αλλά τα επηρεαζόμενα άτομα δεν μπορούν να παράσχουν νομικά απόδειξη για την έναρξη αιτήματος, καθώς αυτά τα αιτήματα συνήθως πραγματοποιούνται μέσω εταιρικών πλατφορμών ή μέσω email. Πρότειναν μια εφαρμογή βασισμένη σε blockchain που επιτρέπει την ασφαλή υποβολή και παρακολούθηση αιτημάτων πρόσβασης δεδομένων, διατηρώντας παράλληλα την προστασία δεδομένων για τα υποκείμενα, διευκολύνοντας την υποβολή καταγγελιών και διασφαλίζοντας την επιβολή των δικαιωμάτων προστασίας δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Μεθοδολογία της έρευνας

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής θα δημιουργηθεί ένα σύστημα ως proof of concept όπου θα λειτουργεί σε συνεργασία με ένα ήδη υπάρχον πληροφοριακό σύστημα συλλογής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και στα πλαίσια της διπλωματικής το πληροφοριακό σύστημα είναι το ΕΡΓΑΝΗ. Παρακάτω αναλύονται με λεπτομέρεια τα χαρακτηριστικά της ψηφιακής κάρτας εργασίας.

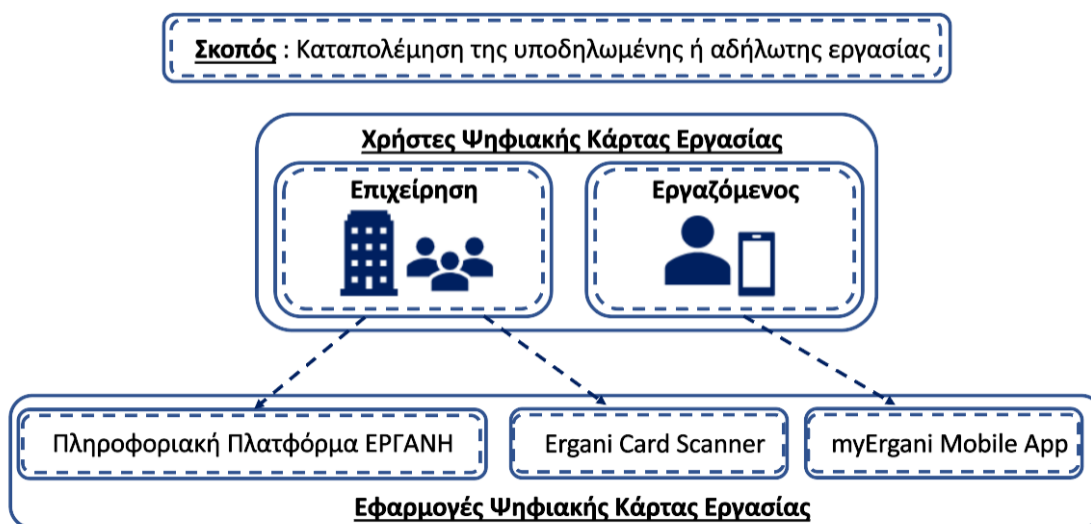
2.1. Σκοπός της ψηφιακής κάρτας εργασίας

Σκοπός της ψηφιακής κάρτας εργασίας είναι η εξάλειψη της αδήλωτης και υποδηλωμένης εργασίας. Με την ψηφιακή κάρτα εργασίας διασφαλίζονται τα συμφέροντα των εργαζομένων με την πλήρη καταγραφή των πραγματικών ωρών εργασίας, δημιουργείται το πλαίσιο για διαφανείς και αποτελεσματικούς ελέγχους, καθώς οι ελεγκτές της Επιθεώρησης Εργασίας θα γνωρίζουν πριν τον έλεγχο πόσοι και ποιοι εργαζόμενοι πρέπει να βρίσκονται στον χώρο εργασίας, προστατεύονται από τον αθέμιτο ανταγωνισμό οι επιχειρήσεις που σέβονται τη νομοθεσία έναντι εκείνων που εφαρμόζουν πρακτικές μαύρης ή υποδηλωμένης εργασίας και τέλος κατοχυρώνονται τα έσοδα του ασφαλιστικού συστήματος από εισφορές. Η κάρτα εργασίας είναι σε ισχύ από την 1^η Ιουλίου 2022 για το σύνολο των τραπεζών της χώρας καθώς και σε σούπερ μάρκετ με περισσότερους από 250 εργαζόμενους.

2.2. Πως λειτουργεί η ψηφιακή κάρτα εργασίας

Για την λειτουργία της ψηφιακής κάρτας εργασίας αναπτύχθηκαν δύο εφαρμογές που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με ένα ήδη υπάρχον πληροφορικό σύστημα. Η πρώτη εφαρμογή είναι το myErgani mobile app που μπορούν να κατεβάσουν από το Google play ή το App store και να χρησιμοποιούν οι εργαζόμενοι. Σε αυτήν την εφαρμογή οι εργαζόμενοι μπορούν να δουν τους εργοδότες τους και τα στοιχεία εργασίας τους. Επίσης μπορούν να δουν όλα τα στοιχεία που έχουν να κάνουν με τα ωράρια τους τις άδειες τους καθώς και της ημερομηνίες έναρξης και λήξης της απασχόλησης τους. Αυτά τα δεδομένα εισάγονται από τους εργοδότες μέσω του πληροφοριακού συστήματος που αναφέρθηκε παραπάνω. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα να δουν όλες τις δηλωμένες ώρες απασχόλησης τους. Τέλος η εφαρμογή έχει ένα QR code διαφορετικό για κάθε χρήστη που αντιπροσωπεύει την ψηφιακή κάρτα εργασίας του. Με αυτήν την κάρτα ο εργαζόμενος δηλώνει την έναρξη και την λήξη του ωραρίου του. Αυτές οι πληροφορίες

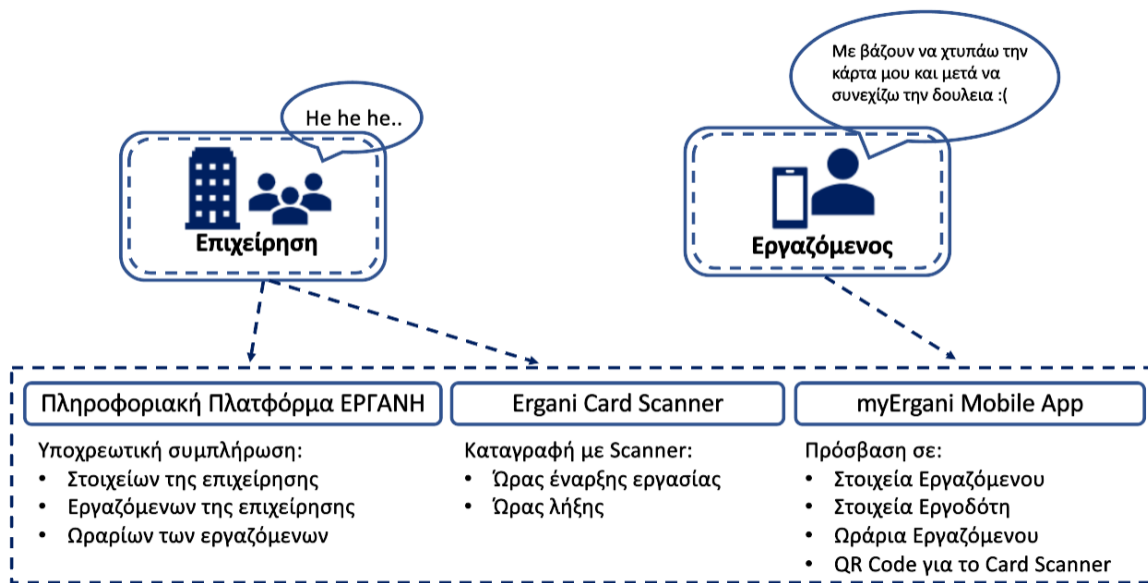
στέλνονται και καταγράφονται αυτόματα και σε πραγματικό χρόνο στο πληροφοριακό σύστημα και έχουν πρόσβαση όλοι οι ενδιαφερόμενοι. Οι δεύτερη εφαρμογή ονομάζεται Ergani CardScanner και απευθύνεται στις επιχειρήσεις. Σε πρώτη φάση οι επιχειρήσεις θα πρέπει να καταγράφουν καθημερινά και σε πραγματικό χρόνο τα ωράρια όλων των εργαζομένων που εργάζεται με φυσική παρουσία στον χώρο της εταιρίας στο πληροφοριακό σύστημα. Για την χρήση της εφαρμογής είναι απαραίτητη η συνδεσιμότητα με το διαδίκτυο. Με αυτήν την εφαρμογή οι επιχειρήσεις μπορούν να σκανάρουν τα QR codes των εργαζομένων κατά την έναρξη και την λήξη του ωραρίου τους. Τέλος το πληροφοριακό σύστημα που ονομάζεται ΕΡΓΑΝΗ στο οποίο καταγράφονται όλες οι πληροφορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω καθώς και τα απαραίτητα στοιχεία ταυτοποίησης των εργαζομένων και των επιχειρήσεων.



Εικόνα 2. Ψηφιακή Κάρτα Εργασίας

2.3. Εκπληρώνει το σκοπό της;

Το σύστημα δεν εκπληρώνει τον σκοπό του διότι υπάρχουν επιχειρήσεις στις οποίες οι εργαζόμενοι σκανάρουν την κάρτα τους κατά την τυπική έναρξη και λήξη του ωραρίου και συνεχίζουν την εργασία τους.



Εικόνα 3. Χαρακτηριστικά Ψηφιακής Κάρτας Εργασίας

2.4. Προτεινόμενη Λύση

Βάση των παραπάνω η ψηφιακή κάρτα εργασίας δεν είναι αρκετή για να επιτύχει τον σκοπό της και για αυτόν τον λόγο σε αυτό το κεφάλαιο προτείνεται ένα σύστημα καταγγελιών όπου αξιοποιεί δεδομένα πραγματικού χρόνου και τροφοδοτείται από την τεχνολογία blockchain. Αυτή η εφαρμογή θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την εφαρμογή της ψηφιακής κάρτας εργασίας και του πληροφοριακού συστήματος ΕΡΓΑΝΗ για την επικύρωση της εγκυρότητας της καταγγελίας σε πραγματικό χρόνο. Ταυτόχρονα με την χρήση της τεχνολογίας blockchain οι καταγγελίες θα γίνονται ανώνυμα και με διαφάνεια. Τα πλεονεκτήματα του blockchain σε αυτήν την εφαρμογή θα αναλυθούν περισσότερο παρακάτω.

2.4.1. Σενάριο Χρήσης

Στο σύστημα υπάρχουν δύο είδη χρηστών, ο εργαζόμενος και οι αρμόδιες αρχές όπως η επιθεώρηση εργασίας για τις καταγγελίες. Έστω ότι κάποιος εργαζόμενος έχει ολοκληρώσει το ωράριο του και έχει χτυπήσει την κάρτα εργασίας του κατά την έναρξη και την λήξη του ωραρίου αλλά αναγκάζεται να συνεχίσει την εργασία του. Κατά την διάρκεια που βρίσκεται στον χώρο εργασίας μπορεί να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή καταγγελίας, μέσω του έξυπνου τηλεφώνου του, για να δηλώσει ότι δουλεύει εκτός του ωραρίου του. Εκείνη την στιγμή, η εφαρμογή στέλνει την καταγγελία του χρήστη, ανώνυμα, στο blockchain μαζί με την ώρα που έγινε και την τοποθεσία του μέσω της χρήσης Geolocation. Στην συνέχεια από την στιγμή που η καταγγελία καταγραφεί στο blockchain πρέπει να επικυρωθεί. Η διαδικασία της επικύρωσης θα αναλυθεί παρακάτω

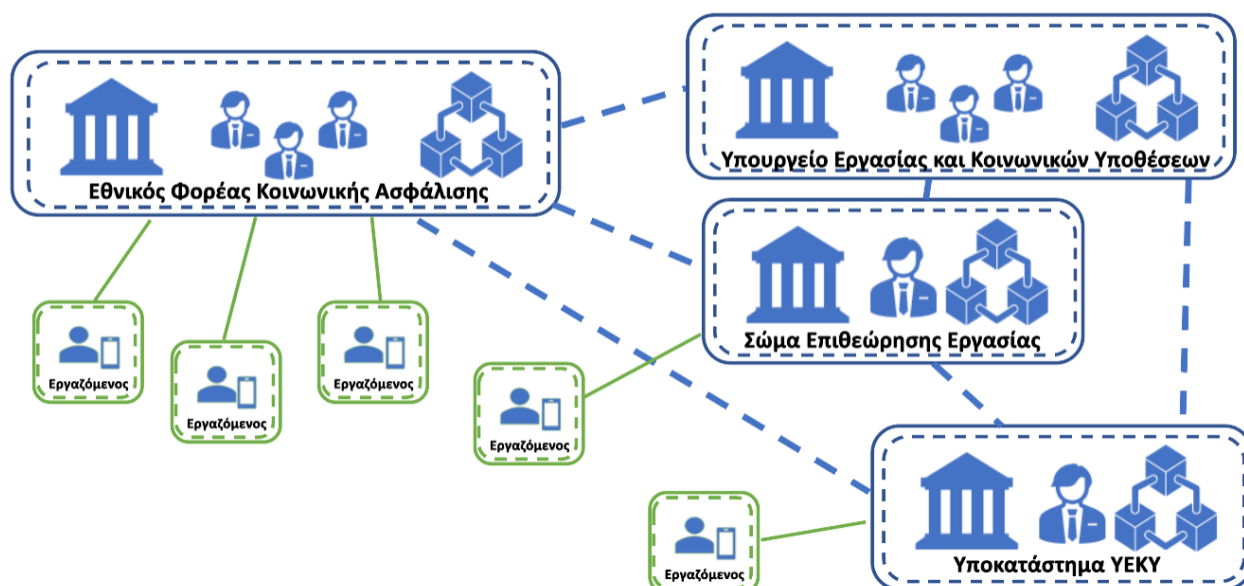
αλλά επιγραμματικά ελέγχεται η εξακρίβωση των στοιχείων του χρήστη, αν βρίσκεται στο χώρο εργασίας του μέσω του Geolocation (Γεωγραφικές συντεταγμένες) αν όντως είναι ο πραγματικός χώρος εργασίας του (μπορεί να έχει παραιτηθεί), ποια ήταν η τελευταία φορά που σκάνανε την κάρτα του για την λήξη του ωραρίου του και τέλος αν στο ενδιάμεσο διάστημα μεταξύ της καταγγελίας και της λήξης του ωραρίου έχει προηγηθεί η έναρξη του επομένου. Τα παραπάνω γίνονται σε συνδυασμό με το πληροφοριακό σύστημα ΕΡΓΑΝΗ. Μετά την επικύρωση της καταγγελίας, το blockchain την καταγράφει ως έγκυρη. Σε όλη αυτήν την διαδικασία ο χρήστης παραμένει ανώνυμος. Όμως όσοι έχουν πρόσβαση στο blockchain μπορούν να δουν για ποια εταιρία έγινε η καταγγελία. Για να μην χρησιμοποιηθεί κακοπροαίρετα η συγκεκριμένη εφαρμογή, οι αρμόδιοι δεν ειδοποιούνται με μία καταγγελία ή πολλές από τον ίδιο εργαζόμενο. Θα πρέπει να συμπληρωθεί ένας συγκεκριμένος αριθμός καταγγελιών από διαφορετικούς εργαζόμενους της ίδιας εταιρίας ώστε να ειδοποιηθούν. Αυτός ο αριθμός θα αναφερθεί περισσότερο παρακάτω αλλά θα πρέπει να είναι ανάλογος με τον συνολικό αριθμό των εργαζομένων της εταιρίας. Μετά από την ειδοποίηση των αρμόδιων, οι αρμόδιοι έχουν το δικαίωμα να δηλώσουν την εταιρία ως εταιρία με μη-πλήρη καταγραφή εργασίας (μη-ειληκρινή) ή με πλήρη καταγραφή εργασίας (ειληκρινή).

2.5. Τεχνολογίες και εργαλεία

Για την υλοποίηση του συστήματος θα χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω τεχνολογίες:

1. Blockchain δίκτυο: Παραπάνω αναλύθηκαν τα διαφορετικά είδη των blockchain. Παρατηρείτε ότι το καταλληλότερο δίκτυο για το σύστημα είναι το υβριδικό διότι τα δημόσια δίκτυα έχουν χαμηλή αποδοτικότητα και χρειάζονται τροφοδότηση από τον χρήστη με την μορφή πληρωμής για κάθε καταγραφή. Από την άλλη τα ιδιωτικά δίκτυα είναι κεντριοποιημένα με αποτέλεσμα να υπάρχει δυνατότητα μεταβλητότητας των δεδομένων. Τα υβριδικά δίκτυα δίνουν την δυνατότητα να υπάρχει πρόσβαση στα δεδομένα από συγκεκριμένους κόμβους αλλά επειδή έχουν αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική οι μεταβλητότητα των δεδομένων εξαρτάται από τον αριθμό των κόμβων. Ταυτόχρονα έχουν υψηλή αποδοτικότητα. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναλυθούν τα πλεονεκτήματα του blockchain δικτύου καθώς και το που θα βρίσκεται για το συγκεκριμένο σύστημα. Τα πλεονεκτήματα του blockchain στο σύστημα είναι ταυτόχρονα κάποια από τα κρίσιμα χαρακτηριστικά του. Για αρχή το Blockchain έχει το χαρακτηριστικό της ανωνυμίας. Σε αντίθεση με κάποιο όνομα ή κλειδί (id) στο blockchain χρησιμοποιούνται ψηφιακές διευθύνσεις που δημιουργούνται από ένα ζευγάρι δημόσιων/ιδιωτικών κλειδιών για κάθε χρήστη και διατηρούν την ταυτότητα του κρυφή μέσα στο δίκτυο. Στο σύστημα που παρουσιάζεται η ανωνυμία είναι σημαντική διότι ο εργαζόμενος μπορεί να στοχευθεί από την εταιρίας που εργάζεται αν κάνει μία καταγγελία. Επιπλέον λόγο της διαφάνειας του,

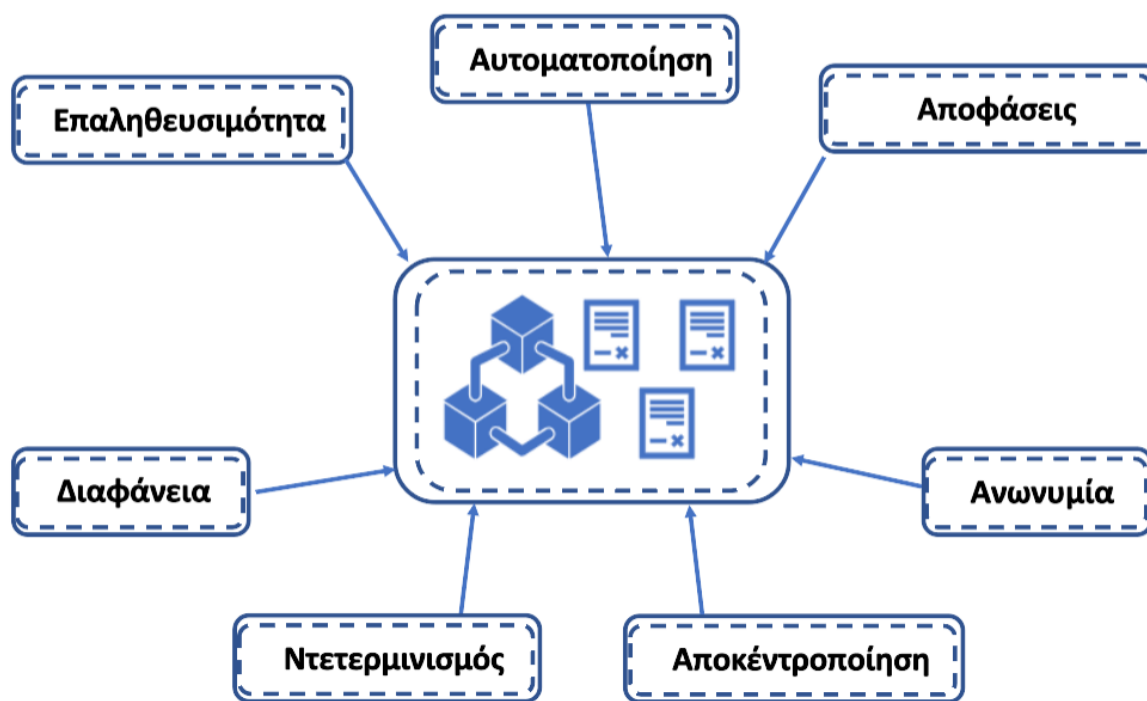
οποιαδήποτε καταγραφή μπορεί να επαληθευτεί και σε συνδυασμό με την αποκεντροποιημένη του αρχιτεκτονική είναι σχεδόν αδύνατον να αλλοιωθεί. Αυτό μειώνει την δυνατότητα να σβηστούν καταγγελίες από τα συμφέροντα των επιχειρήσεων. Τέλος το blockchain είναι ένα ντετερμινιστικό σύστημα που επιτρέπει την αυτοματοποίηση εργασιών με αποτέλεσμα οποιαδήποτε σύγκριση ή υπολογισμός να γίνεται με απολυτότητα και σιγουριά. Το υβριδικό blockchain δίκτυο θα μπορούσε να βρίσκεται σε υποκαταστήματα του υπουργείου εργασίας και κοινωνικών καθώς και στους αρμόδιους φορείς για τις καταγγελίες αλλά θα υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης στο δίκτυο από οποιοδήποτε χρήστη της εφαρμογής. Το Blockchain που χρησιμοποιείται στα πλαίσια της παρουσίασης του συστήματος είναι Ethereum-based, Proof of Authority (PoA) διότι επιτρέπει την δημιουργία έξυπνων συμβολαίων, υπάρχει αρκετή εξωτερική υποστήριξη, και υπάρχει άμεση πρόσβαση σε αυτό μέσω του πανεπιστημίου.



Εικόνα 4. Αρχιτεκτονική Δικτύου Blockchain

2. Έξυπνα συμβόλαια: Τα έξυπνα συμβόλαια είναι η λογική της συγκεκριμένης εφαρμογής που βρίσκεται στο blockchain δίκτυο. Στα έξυπνα συμβόλαια αποθηκεύονται όλες οι καταγγελίες και ολοκληρώνεται η επικύρωσή τους. Ταυτόχρονα τα έξυπνα συμβόλαια δίνουν την δυνατότητα της αυτοματοποίησης εργασιών. Οπότε δημιουργείται η κατάλληλη λογική ούτως ώστε οποιαδήποτε διαδικασία γίνεται εκτός του δικτύου, να ενεργοποιείται αυτόματα με εντολή από το έξυπνο συμβόλαιο. Επίσης, στα έξυπνα συμβόλαια δημιουργούνται περιορισμοί και δικαιώματα στους χρήστες του συστήματος. Για παράδειγμα

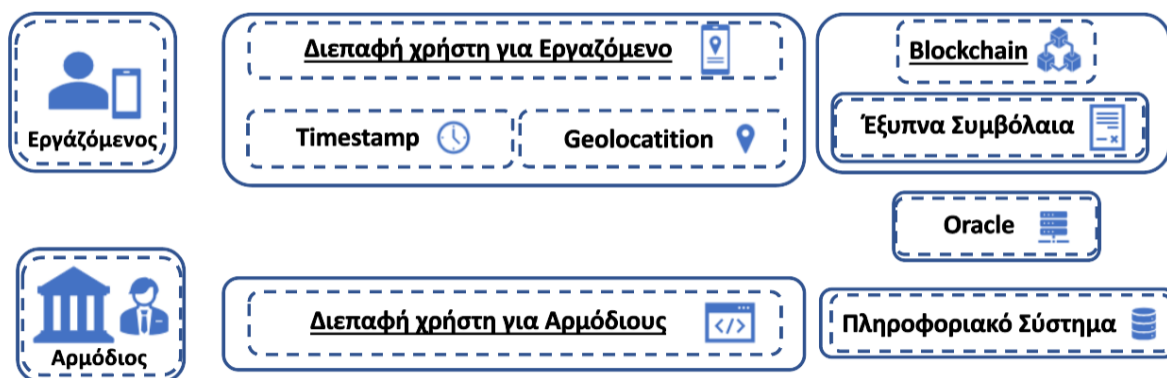
μόνο οι αρμόδιες αρχές θα πρέπει να έχουν το δικαίωμα να αλλάξουν την κατάσταση μια εταιρίας.



Εικόνα 5. Πλεονεκτήματα Blockchain

3. Geolocation: Για να είναι δυνατή η εξακρίβωση της τοποθεσίας του χρήστη και αν όντως βρίσκεται στον χώρο εργασίας του θα πρέπει να υπάρχει πρόσβαση στο GPS της συσκευής του για να δει τις γεωγραφικές συντεταγμένες του. Για να λειτουργήσει σωστά η εφαρμογή γίνεται η υπόθεση ότι το Geolocation δουλεύει με ακρίβεια κατάλληλη για την εφαρμογή.
4. Εφαρμογές διεπαφής χρηστών: Για να μπορέσουν οι χρήστες να αλληλεπιδράσουν με το έξυπνο συμβόλαιο χρειάζεται να δημιουργηθούν οι αντίστοιχες εφαρμογές. Για τον εργαζόμενο η εφαρμογή που χρησιμοποιεί είναι κινητού και έχει δημιουργηθεί με React Native. Αντίστοιχα για τους αρμόδιους είναι διαδικτυακή εφαρμογή και έχει δημιουργηθεί σε React. Η React και React Native είναι βιβλιοθήκες ή Frameworks που δίνουν την δυνατότητα στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν εύκολα τις εφαρμογές τους με χρήση HTML, CSS, Javascript. Για την σύνδεση με οποιοδήποτε blockchain δίκτυο είναι σχεδόν απαραίτητη η χρήση μιας βιβλιοθήκης επικοινωνίας με αυτό. Οι πιο γνωστές είναι οι web3.js και ethers.js της javascript. Στα πλαίσια της διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε η ethers.js.

5. Εξωτερικό Πληροφοριακό Σύστημα και ενδιάμεσος δίαυλος εργασιών και επικοινωνίας (Oracle): Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η λειτουργία της εφαρμογής γίνεται σε συνεργασία με το ήδη υπάρχον πληροφοριακό σύστημα ΕΡΓΑΝΗ. Όμως επειδή δεν υπάρχει πραγματική πρόσβαση σε αυτό θα δημιουργηθεί η απαραίτητη λογική εκτός Blockchain που θα κάνει τις απαραίτητες εργασίες και θα στέλνει τις απαραίτητες πληροφορίες στο Blockchain προσομοιάζοντας την σύνδεση με το πληροφοριακό σύστημα. Αυτές οι λειτουργίες θα γίνονται στο Oracle [19]. Τα Oracles είναι ένας δίαυλος επικοινωνίας μεταξύ του Blockchain και του έξω κόσμου χωρίς ανθρώπινη ενέργεια. Στην παρούσα εφαρμογή το Oracle έχει τρεις αρμοδιότητες. Η πρώτη είναι να ακούει στο έξυπνο συμβόλαιο. Όταν το έξυπνο συμβόλαιο λάβει μία καταγγελία το Oracle ακούει σε αυτό και δρα αναλόγως. Η δεύτερη είναι να επικυρώνει τις καταγγελίες. Η επικύρωση των καταγγελιών γίνεται στο Oracle και στο έξυπνο συμβόλαιο (περισσότερα παρακάτω). Το τρίτο είναι να στέλνει τις κατάλληλες πληροφορίες στο blockchain ώστε να ολοκληρωθεί η επικύρωση της καταγγελίας. Στα πλαίσια του μεταπτυχιακού γίνεται η υπόθεση ότι το πληροφοριακό σύστημα υπάρχει και είναι διαθέσιμο και για την προσομοίωση τα δεδομένα αποθηκεύονται στο Oracle. Το Oracle έχει δημιουργηθεί με node.js ένα framework της javascript και για την επικοινωνία με το blockchain χρησιμοποιείται το hardhat και ethers.js. Το πληροφοριακό σύστημα ΕΡΓΑΝΗ δουλεύει με API calls με αποτέλεσμα να είναι συμβατό με πολλές τεχνολογίες όπως το node.js.



Εικόνα 6. Χρήστες και Εργαλεία του Συστήματος

3.1. Υποθέσεις Εργασίας

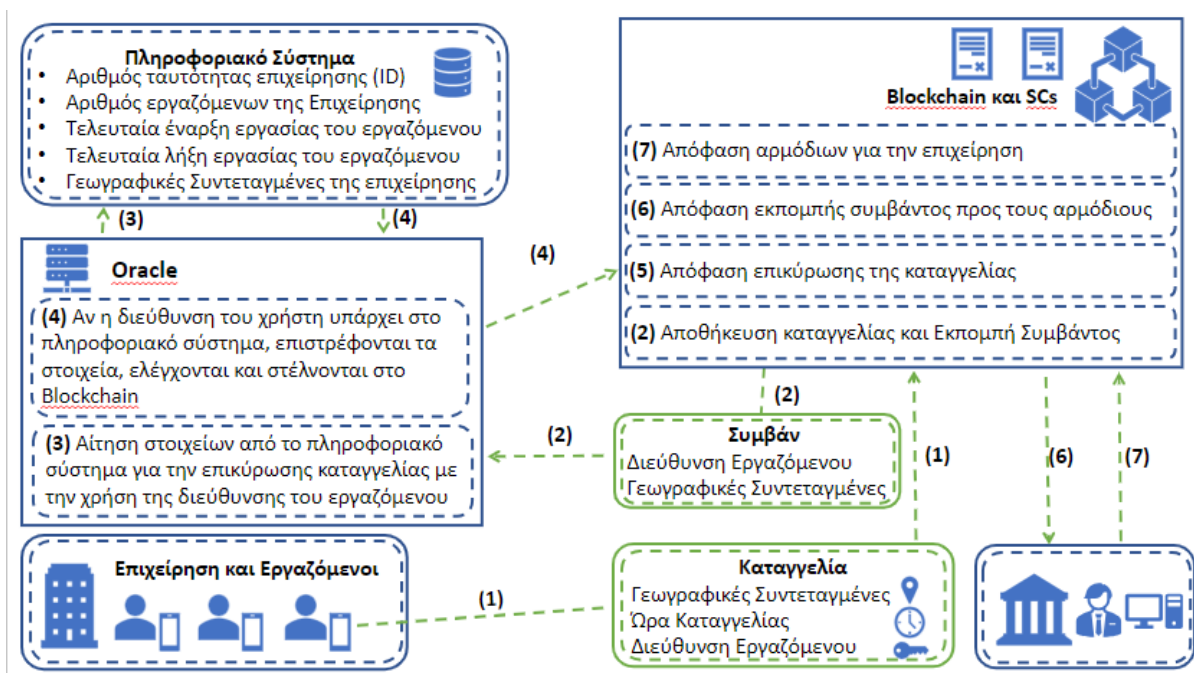
Για την σωστή λειτουργία της εφαρμογής πρέπει να ισχύουν τα ακόλουθα:

- A. Το GPS για τις γεωγραφικές συντεταγμένες πρέπει να δουλεύει με ακρίβεια.
- B. Στο ήδη υπάρχον πληροφοριακό σύστημα θα υπάρχει η δυνατότητα πρόσθεσης των παρακάτω στοιχείων:
 - a. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες της εταιρίας ή καταστήματος
 - b. Ο συνολικός αριθμός των εργαζομένων
 - c. Οι ψηφιακές διευθύνσεις των εργαζόμενων για κάθε εταιρία οι οποίες αντιστοιχίζονται με τους εργαζόμενους
 - d. Τον αριθμό ταυτότητας (ID) της εταιρίας
- C. Κάθε εργαζόμενος έχει μία μοναδική διεύθυνση για κάθε εργασία του. Οπότε αν δουλεύει σε δύο επιχειρήσεις θα έχει δύο διαφορετικές διευθύνσεις. Ο εργαζόμενος δεν μπορεί ποτέ να έχει την ίδια ψηφιακή διεύθυνση για δύο εργασιακές απασχολήσεις.
- D. Κατά το ξεκίνημα της απασχόλησης ενός εργαζόμενου σε μία εταιρία ο εργαζόμενος θα πρέπει να δημιουργήσει μόνος του μία διεύθυνση την οποία θα προσθέτει στα στοιχεία του στο πληροφοριακό σύστημα και όχι στο blockchain δίκτυο.
- E. Στο οριστικό τέλος της απασχόλησης ενός εργαζόμενου σε μία εταιρία, η εταιρία είναι υποχρεωμένη να διαγράψει τον εργαζόμενο από το πληροφοριακό σύστημα. Εκείνη την στιγμή θα πρέπει να διαγράφεται αυτόματα και η ψηφιακή διεύθυνση του πρώην εργαζόμενου.
- F. Οι επιχειρήσεις δεν έχουν πρόσβαση στις ψηφιακές διευθύνσεις των εργαζόμενων μέσα από το πληροφοριακό σύστημα.
- G. Οι επιχειρήσεις θα πρέπει να έχουν περισσότερους από 10 εργαζόμενους
- H. Η εταιρία θα πρέπει να προσθέσει στην πληροφοριακή πλατφόρμα τις γεωγραφικές συντεταγμένες της και το ID της.
- I. Οι αρμόδιοι έχουν την δική τους διεύθυνση.
- J. Ο ιδιοκτήτης των συμβολαίων και οι αρμόδιοι είναι οντότητες που λειτουργούν χωρίς προσωπικό όφελος.
- K. Επειδή δεν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης της πραγματικής πληροφοριακής πλατφόρμας χρησιμοποιείται μια βάση δεδομένων ως απομίμηση.

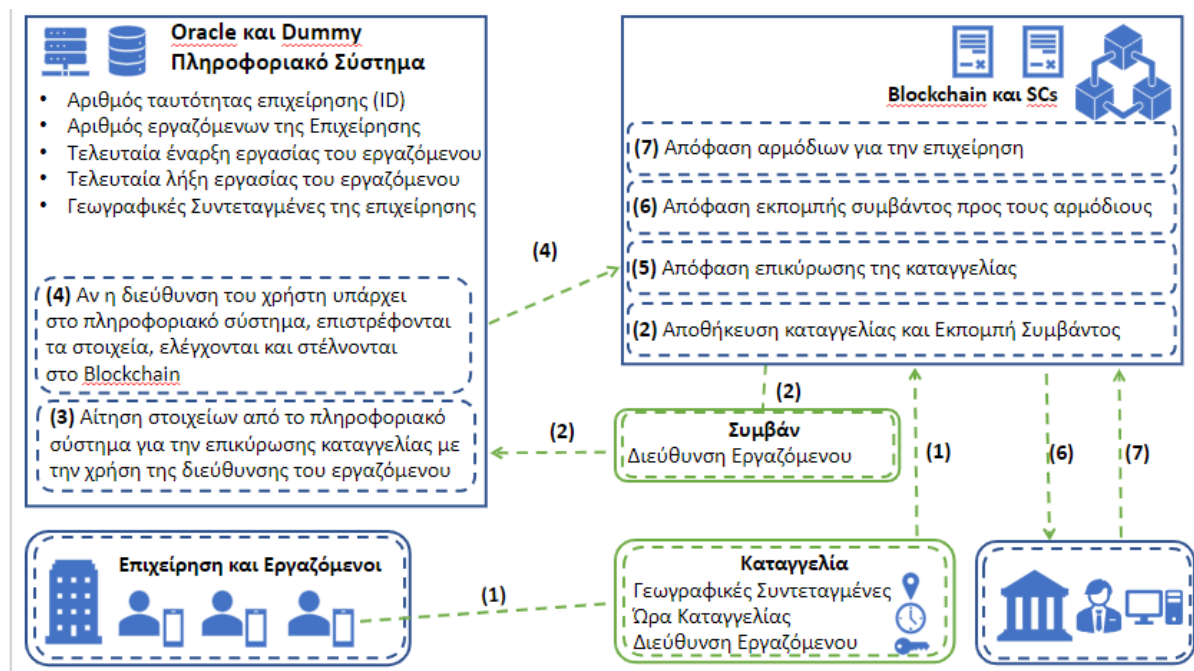
3.2. Τεχνική Ανάλυση

Όπως αναφέρθηκε και στις απαιτήσεις της εφαρμογής οι εταιρίες πρέπει να έχουν καταγράψει από πριν στο πληροφοριακό σύστημα τις γεωγραφικές συντεταγμένες τους εταιρία και το ID τους. Όταν ένας νέος εργαζόμενος ξεκινάει την απασχόληση του σε μία εταιρία πρέπει να αποθηκεύσει την ψηφιακή διεύθυνση που χρησιμοποιεί στο πληροφοριακό σύστημα. Στην ψηφιακή διεύθυνση του εργαζόμενου δεν έχει πρόσβαση η εταιρία που εργάζεται. Έστω ότι ο εργαζόμενος χρησιμοποιεί την εφαρμογή από το έξυπνο τηλέφωνο του και κάνει μια καταγγελία (1). Με την χρήση του Blockchain πορτοφολιού και της ψηφιακής διεύθυνσης του, εκτελεί μία συναλλαγή προς το Blockchain δίκτυο για την καταγγελία. Την στιγμή αυτή η εφαρμογή καταγράφει στο δίκτυο την ώρα, και την τοποθεσία (γεωγραφικές συντεταγμένες του χρήστη). Στο έξυπνο συμβόλαιο, που είναι υπεύθυνο για τις καταγγελίες και βρίσκεται στο Blockchain, καταγράφεται η καταγγελία και αντιστοιχίζεται με ένα μοναδικό αριθμό με την τοποθεσία και την ψηφιακή διεύθυνση του εργαζόμενου. Στην συνέχεια η καταγγελία πρέπει να επικυρωθεί. Μετά την εγγραφή της καταγγελίας εκπέμπεται στο Blockchain ένα συμβάν (event) (2). Το συμβάν περιέχει ως πληροφορίες την διεύθυνση του εργαζόμενου τις συντεταγμένες και τον αριθμό της καταγγελίας. Εκτός του Blockchain υπάρχει ένας μηχανισμός Oracle που ακούει στο συγκεκριμένο είδος συμβάντος (υπάρχουν και άλλα είδη συμβάντων). Όταν το Oracle ακούσει στο συμβάν ενεργοποιείται και στέλνει αίτημα στο πληροφοριακό σύστημα για να βρει τα απαραίτητα στοιχεία για τον εργαζόμενο και την εταιρία που εργάζεται με βάση την ψηφιακή διεύθυνση του εργαζόμενου (3). Επειδή η ψηφιακή διεύθυνση του εργαζομένου είναι μοναδική και μόνο για μία εταιρία δεν μπορούν να ληφθούν εσφαλμένα στοιχεία υπό φυσιολογικές συνθήκες (μία μη-φυσιολογική συνθήκη θα ήταν να αλλαχθεί η ψηφιακή υπογραφή του χρήστη από κάποιον που έχει πρόσβαση στην βάση δεδομένων του πληροφοριακού συστήματος). Οπότε σε αυτήν την αίτηση προς το πληροφοριακό σύστημα υπάρχουν δύο πιθανά σενάρια. Το πρώτο είναι η ψηφιακή διεύθυνση του εργαζόμενου να μην υπάρχει μέσα στο πληροφοριακό σύστημα που σημαίνει πως ο χρήστης δεν είναι πλέον εργαζόμενος σε κάποια εταιρία οπότε δεν θα επικυρωθεί η καταγγελία. Αυτό ισχύει διότι υπάρχει η υπόθεση εργασίας E. Στην δεύτερη περίπτωση τα στοιχεία υπάρχουν και τα λαμβάνει το Oracle (4). Τα στοιχεία αυτά είναι η τελευταία έναρξη και λήξη του ωραρίου του, δηλαδή οι δύο τελευταίες φορές που σκάνανε την κάρτα του, ο αριθμός εργαζομένων της εταιρίας που εργάζεται, το ID της εταιρίας και οι γεωγραφικές συντεταγμένες της εταιρίας. Στην συνέχεια γίνεται η επεξεργασία των στοιχείων για να σταλούν στο Blockchain. Ο αριθμός των εργαζομένων χρησιμοποιείται ως είσοδος σε συνάρτηση για να βρεθεί ο αριθμός των συνολικών καταγγελιών που πρέπει να γίνουν από διαφορετικούς εργαζόμενους της ίδιας εταιρίας για ενημερωθούν οι αρμόδιοι. Στα πλαίσια της εργασίας είναι μια απλη αναλογία. Στην συνέχεια το Oracle στέλνει τα στοιχεία για την επικύρωση στο Blockchain. Το Oracle έχει αυτή την δυνατότητα γιατί, όπως και οι εργαζόμενοι, έχει μία ψηφιακή διεύθυνση. Συγκεκριμένα

στο Blockchain υπάρχει ένα δεύτερο έξυπνο συμβόλαιο υπεύθυνο για το ποιες διευθύνσεις θεωρούνται Oracles. Αν θελήσει κάποιος να στείλει εσφαλμένα στοιχεία στο blockchain η συναλλαγή του θα ακυρωθεί διότι δεν θεωρείται Oracle η ψηφιακή του διεύθυνση. Το επόμενο βήμα είναι η λήψη της απόφασης για την επικύρωση της καταγγελίας (5). Για να γίνει αυτό τα στοιχεία από το Oracle περνάνε από έναν αλγόριθμο που είναι υπεύθυνος για την απόφαση της επικύρωσης. Ο αλγόριθμος δουλεύει ως εξής: Πρώτα ελέγχει εάν ο εργαζόμενος βρίσκεται όντως στο χώρο εργασίας του με μία μικρή απόκλιση θέσης στους δύο άξονες. Έπειτα ο αλγόριθμος ελέγχει αν η ώρα έναρξης είναι μεγαλύτερη από την ώρα αποχώρησης. Αν είναι, τότε αυτό σημαίνει ότι η κάρτα εργασίας δεν έχει σκαναριστεί για λήξη οπότε το πρόγραμμα λειτουργεί φυσιολογικά και υπερωρίες (αν υπάρχουν) θα καταγραφούν στο σύστημα. Αν η κάρτα εργασίας έχει σκαναριστεί για την λήξη τότε γίνεται η σύγκριση της ώρας αποχώρησης με την ώρα της καταγγελίας. Αν η ώρα της καταγγελίας είναι μεγαλύτερη κατά 10 λεπτά τότε υπάρχει πιθανότητα αδήλωτης εργασίας και το έξυπνο συμβόλαιο καταγράφει την καταγγελία ως έγκυρη. Αν οτιδήποτε από τα παραπάνω δεν ισχύει η συναλλαγή ακυρώνεται. Στην συνέχεια ο αλγόριθμος αποφασίζει αν θα πρέπει να γίνει εκπομπή συμβάντος προς τους αρμόδιους (6). Για να συμβεί αυτό πρέπει ο αριθμός των καταγγελιών από διαφορετικούς εργαζόμενους της ίδιας εταιρίας να είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό που στάλθηκε ως είσοδο από το Oracle. Μετά από κάθε επικύρωση καταγγελίας καταγράφονται και ανανεώνονται στο έξυπνο συμβόλαιο τα εξής: Ο συνολικός αριθμός των καταγγελιών προς μία εταιρία, Ο αριθμός των καταγγελιών ενός εργαζόμενου στην εταιρία που δουλεύει και ο αριθμός των καταγγελιών από διαφορετικούς εργαζόμενους προς την ίδια εταιρία. *Σημείωση: κάθε εργαζόμενος μπορεί να κάνει μόνο μία καταγγελία την ημέρα προς κάθε εταιρίας που εργάζεται.* Αν λοιπόν ο αριθμός καταγγελιών από διαφορετικούς εργαζόμενους ξεπεράσει τον αριθμό που προαναφέρθηκε εκπέμπεται στο Blockchain ένα συμβάν που ειδοποιεί τους αρμόδιους. Ταυτόχρονα η εταιρία δηλώνεται προς αξιολόγηση. Στην εφαρμογή των αρμόδιων εμφανίζονται όλες οι εταιρίες που είναι καταγεγραμμένες στο έξυπνο συμβόλαιο. Οι αρμόδιοι, στην συνέχεια, με την χρήση της ψηφιακής διεύθυνσης του μπορούν να δηλώσουν τις επιχειρήσεις ως επιχειρήσεις με μη-πλήρη καταγραφή εργασίας (μη-ειλικρινή) ή με πλήρη καταγραφή εργασίας (ειλικρινή) κάνοντας μία συναλλαγή στο Blockchain.



Εικόνα 7. Σενάριο Χρήσης



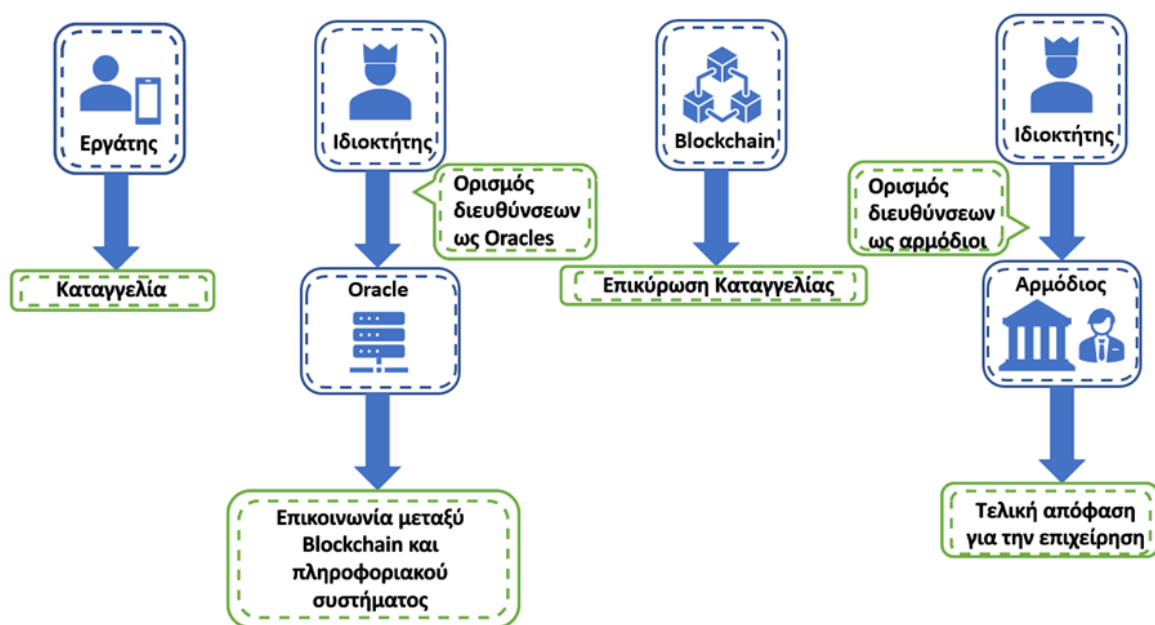
Εικόνα 8. Σενάριο Χρήσης στα πλαίσια της Εργασίας

3.3. Έξυπνα Συμβόλαια

Τα έξυπνα συμβόλαια της εφαρμογής είναι τρία και ονομάζονται ComplaintService.sol, OracleService.sol και AuthoritiesService.sol και είναι γραμμένα στην γλώσσα προγραμματισμού Solidity που χρησιμοποιείται κυρίως στα Ethereum-based Blockchain.

Τα έξυπνα συμβόλαια έχουν την δυνατότητα να κληρονομούν μεθόδους από άλλα συμβόλαια. Και τα τρία συμβόλαια κληρονομούν το συμβόλαιο Ownable.sol της OpenZeppelin που είναι δομή ανοιχτού κώδικα. Το Ownable.sol είναι ένα συμβόλαιο που δίνει στον δημιουργό του συμβολαίου (τον χρήστη που ανέβασε το συμβόλαιο στο Blockchain) την δυνατότητα να χρησιμοποιεί συγκεκριμένες μεθόδους του συμβολαίου χωρίς να μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν οι υπόλοιποι χρήστες. Το ComplaintService.sol εξηγήθηκε αναλυτικά στην τεχνική ανάλυση του σεναρίου. Το OracleService.sol έχει μεθόδους που επιτρέπουν στον ιδιοκτήτη του συμβολαίου να δηλώνει και να ξε-δηλώνει διευθύνσεις ως Oracles. Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο δουλεύει και το AuthoritiesService.sol. Ο ιδιοκτήτης του συμβολαίου μπορεί να δηλώσει διευθύνσεις ως Authorities που είναι οι αρμόδιοι. Μόνο οι διευθύνσεις που είναι δηλωμένες ως αρμόδιες μπορούν χρησιμοποιήσουν την μέθοδο για την δήλωση των επιχειρήσεων ως επιχειρήσεις με μη-πλήρη καταγραφή εργασίας ή με πλήρη καταγραφή εργασίας. Το ComplaintService.sol με το OracleService.sol και το AuthoritiesService.sol επικοινωνούν μεταξύ τους, αλλά δεν κληρονομούνται μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει γιατί αν δημιουργηθεί ένα ακόμα έξυπνο συμβόλαιο που χρειάζεται τα Oracles ή τα Authorities θα μπορεί να χρησιμοποιήσει τα ήδη υπάρχοντα.

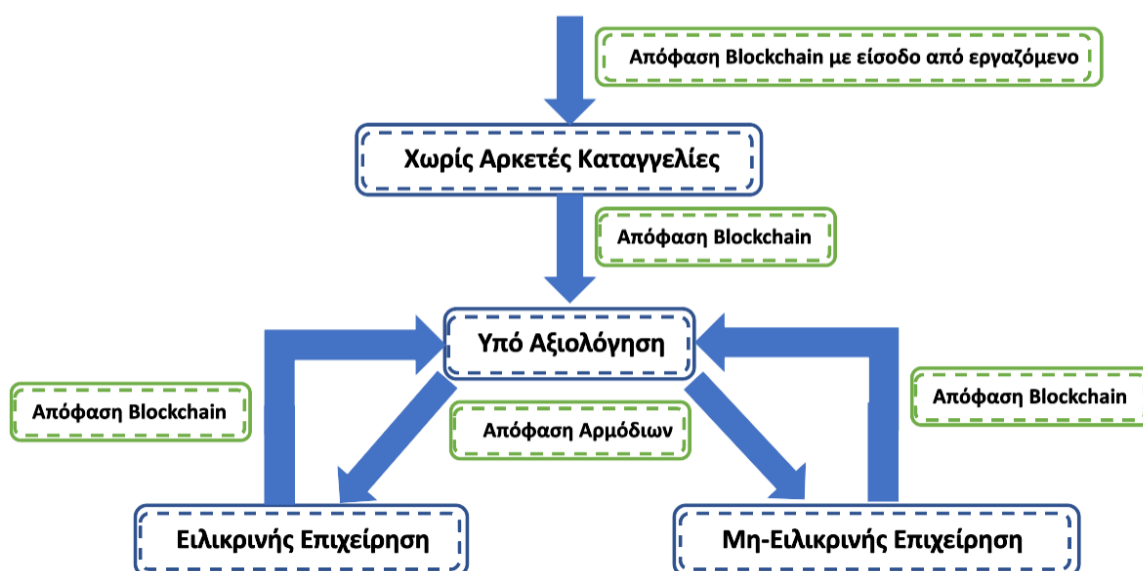
Η εικόνα 9 παρουσιάζει τις αρμοδιότητες των οντοτήτων της εφαρμογής και παρακάτω φαίνονται τα έξυπνα συμβόλαια:



Εικόνα 9. Αρμοδιότητες Οντοτήτων

3.4. Καταστάσεις εταιρίας στο Έξυπνο Συμβόλαιο

Οι καταστάσεις μιας εταιρίας στο έξυπνο συμβόλαιο εξαρτάται από τον αριθμό των παραπόνων που βρίσκονται στο έξυπνο συμβόλαιο από διαφορετικούς υπαλλήλους και στην συνέχεια από την απόφαση των αρμόδιων αρχών. Στην αρχή καμία εταιρία δεν βρίσκεται στο έξυπνο συμβόλαιο. Με το πρώτο επικυρωμένο παράπονο η εταιρία αποθηκεύεται στο έξυπνο συμβόλαιο στην κατάσταση “χωρίς αρκετές καταγγελίες”. Όταν ο ελάχιστος αριθμός των καταγγελιών από διαφορετικούς υπαλλήλους ξεπεραστεί τότε η εταιρία μπαίνει στην κατάσταση “υπό αξιολόγηση”. Στην συνέχεια οι αρμόδιοι έχουν το δικαίωμα να θέσουν την κατάσταση της εταιρίας ως “ειλικρινής” ή “μη ειλικρινής”. Η κατάσταση μιας εταιρίας ανά πάσα στιγμή μπορεί να αλλάξει από “ειλικρινής” ή “μη-ειλικρινή” όταν ένας ακόμα υπάλληλος κάνει καταγγελία προς αυτήν.



Εικόνα 10. Καταστάσεις Εταιρίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εφαρμογή και Αποτελέσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το σύστημα καθώς και όλα τα πιθανά σενάρια της. Στο πλαίσιο αυτό ονομάζουμε τα είδη χρηστών, υπάλληλος (Worker), απατεώνας υπάλληλος (Fake Worker – F_Worker), αρμόδια αρχή (Authority - Auth), ψευδή αρμόδια αρχή (Fake Authority – F_Auth). Στα πλαίσια της παρουσίασης όλοι οι υπάλληλοι χρησιμοποιούν την ίδια εφαρμογή και κάθε υπάλληλος κατέχει ένα ζευγάρι διεύθυνσης-κλειδιού (address-private key). Ωστόσο όπως αναφέρθηκε παραπάνω κάθε χρήστης έχει ένα ζευγάρι διεύθυνσης-κλειδιού για κάθε εταιρία που εργάζεται. Η αρμόδια αρχή χρησιμοποιεί ένα ζευγάρι διεύθυνσης-κλειδιού που έχει οριστεί ως “αρμόδια αρχή” μέσα στο συμβόλαιο AuthoritiesService από τον κάτοχο (owner) του συμβολαίου. Ο κάτοχος έχει ορίσει και το ζευγάρι διεύθυνσης-κλειδιού του μηχανισμού Oracle στο συμβόλαιο OracleService. Το Oracle και οι αρμόδιες αρχές μπορούν να αλλάξουν από τον κάτοχο των συμβολαίων οποιαδήποτε στιγμή. Το Oracle “ακούει” το blockchain δίκτυο για την στιγμή που κάποιος υπάλληλος κάνει ένα παράπονο. Επικοινωνεί με την βάση όπου είναι αποθηκευμένα τα στοιχεία του υπαλλήλου και πράττει ανάλογα με το σενάριο όπως θα φανεί παρακάτω. Για την κατανόηση των σεναρίων και της λειτουργίας του μηχανισμού Oracle δίνεται η δομή της βάσης δεδομένων που επικοινωνεί το Oracle.

Εταιρία				
AA	Όνομα	Αριθμός Υπάλληλων	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
1	“Company 1”	5	37.96884	23.6467612
2	“Company 2”	5	52,520007	13,404954

Πίνακας 1. Εταιρία

Υπάλληλοι		
AA	Διεύθυνση	AA Εταιρίας
1	0x9f3879e14275Dfd5fa3B4a443e1B86e391a007FA	1
2	0x258298aD8e00C7701db3cC1367B22C4DAC07ef97	1
3	0x2A3dcA98baDfA7a8cC483eFbF40809648aE17d4c	1
4	0x5D016f88d0EccD33209CEb7C3CeBfD62D19fBe55	1
5	0x8CbFc1Ba7389cA90A138Ad53af086886C5c9e33C	1
6	0x7c5eB176f9aEba60125f952Ef5DF56CaD5D52955	2

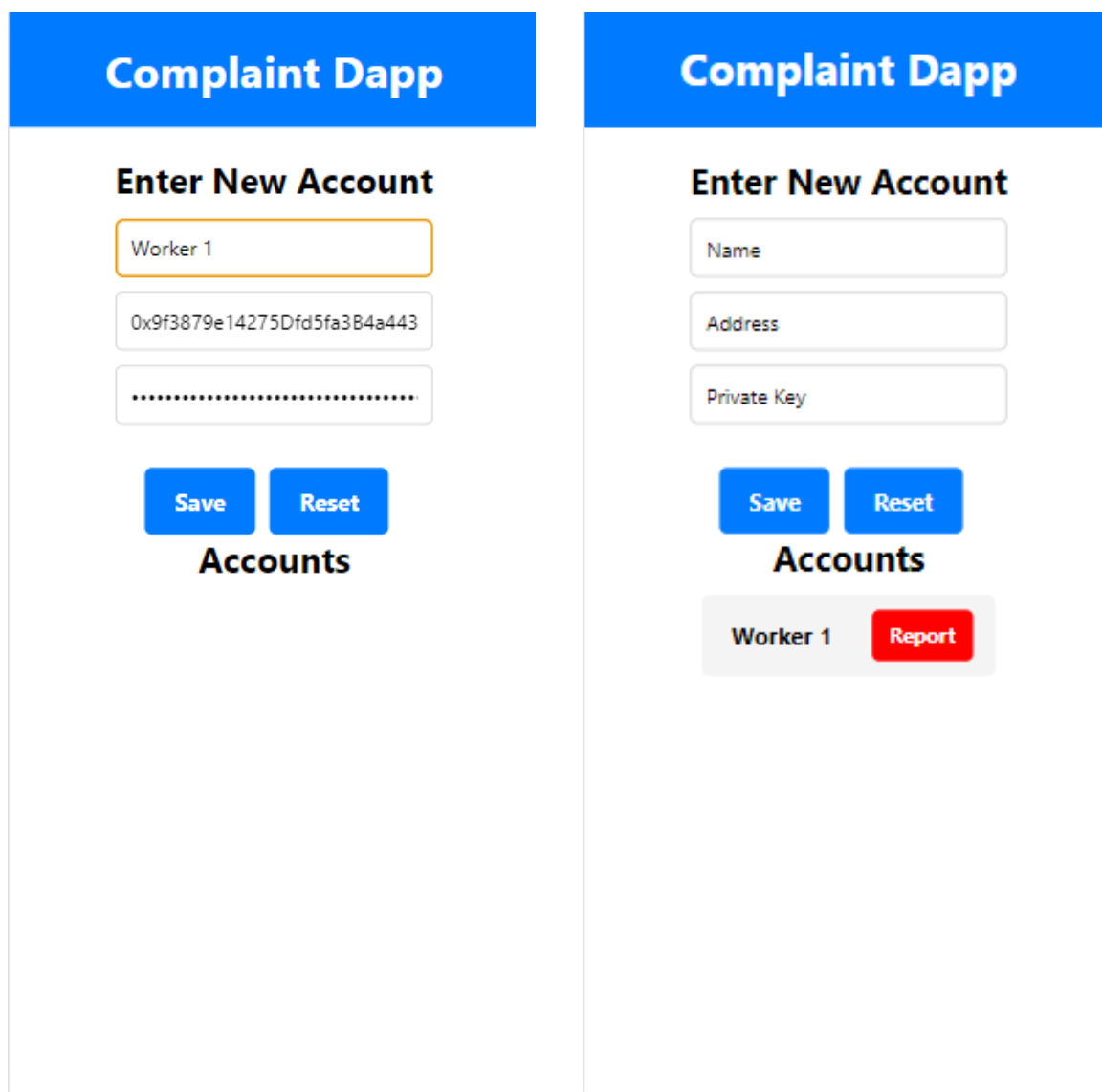
7	0xEEDD6d8a806bF37225dF807482c95A3c86483249c	2
8	0x70C801EDc224bC96a0917DaCCc209b8d16eE5466	2
9	0x25E46ab6D985E9691C03D545563f50eD7Ad861F3	2
10	0x69688Ea0657520941C8634D31f229cef659c6Ded	2

Πίνακας 2. Υπάλληλοι

Ώρες Εργασίας			
AA	Διεύθυνση	Έναρξη Εργασίας	Λήξη Εργασίας
1	0x9f3879e14275Dfd5fa3B4a443e1B86e391a007FA	2023-06-07 08:45	2023-06-07 18:30
2	0x258298aD8e00C7701db3cC1367B22C4DAC07ef97	2023-06-07 08:45	2023-06-07 18:30
3	0x2A3dcA98baDfA7a8cC483eFbF40809648aE17d4c	2023-06-07 08:45	2023-06-07 18:30
4	0x5D016f88d0EccD33209CEb7C3CeBfD62D19fBe55	2023-06-07 08:45	2023-06-07 18:30
5	0x8CbFc1Ba7389cA90A138Ad53af086886C5c9e33C	2023-06-07 08:45	2023-06-06 18:30
6	0x7c5eB176f9aEba60125f952Ef5DF56CaD5D52955	2023-06-07 08:45	2023-06-07 18:30
7	0xEEDD6d8a806bF37225dF807482c95A3c86483249c	2023-06-07 08:45	2023-06-07 18:30
8	0x70C801EDc224bC96a0917DaCCc209b8d16eE5466	2023-06-07 08:45	2023-06-07 18:30
9	0x25E46ab6D985E9691C03D545563f50eD7Ad861F3	2023-06-07 08:45	2023-06-07 18:30
10	0x69688Ea0657520941C8634D31f229cef659c6Ded	2023-06-07 08:45	2023-06-07 18:30

Πίνακας 3. Ώρες Εργασίας

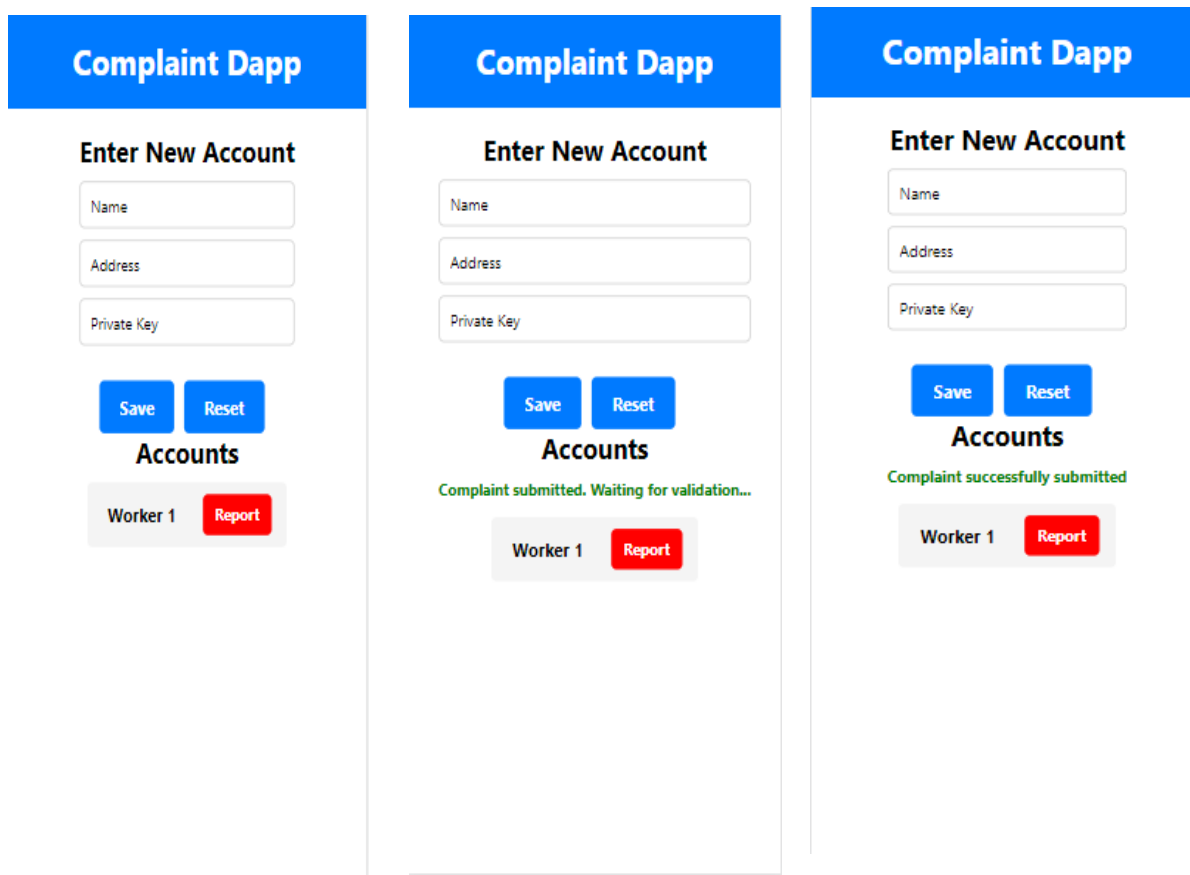
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω κάθε χρήστης που θέλει να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή θα πρέπει να έχει ένα ζευγάρι διεύθυνσης-κλειδιού το οποίο τοποθετεί στην εφαρμογή όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 11. Δημιουργία Χρήστη

Σενάριο 1 (Υπάλληλος δούλεψε υπερωρία ενώ έχει χτυπήσει κάρτα λήξης)

Σε αυτό το σενάριο ο υπάλληλος (υπάλληλος 1 – worker 1) κάνει μία καταγγελία κατά την εταιρία που δουλεύει την ώρα που βρίσκεται μέσα σε αυτήν και ενώ έχει χτυπήσει την κάρτα του δηλώνοντας την λήξη του ωραρίου του. Χρησιμοποιεί την εφαρμογή στο κινητό του και με το ζευγάρι διεύθυνσης - κλειδιού επικοινωνεί με το έξυπνο συμβόλαιο που βρίσκεται στο blockchain δίκτυο στέλνοντας τις συντεταγμένες του (lat, long) με την μορφή συναλλαγής (transaction).



Εικόνα 12. Αίτημα Παραπόνου από Worker 1

Στην συνέχεια αφού το παράπονο γραφτεί στο έξυπνο συμβόλαιο το γεγονός (event) εκπέμπεται στο blockchain και ο μηχανισμός Oracle το ακούει και αντιδρά βλέποντας :

- 1) Αν ο χρήστης που έστειλε το παράπονο ανήκει σε κάποια εταιρία
- 2) Αν η εταιρία που ανήκει έχει τις ίδιες γεωγραφικές συντεταγμένες με αυτές που στάλθηκαν κατά το παράπονο
- 3) Αν ο χρήστης δουλεύει αδήλωτη υπερωρία

```

Oracle Started
Complaint from worker detected
Starting validation process
(1) Checking if sender works and is inside the company
Worker is inside the company
(2) Checking if worker's hours are reported
Hours not reported

```

Εικόνα 13. Αποτέλεσμα Oracle για Σενάριο 1

Εφόσον τα παραπάνω ισχύουν το Oracle επικυρώνει την καταγγελία και στέλνει τα στοιχεία της εταιρίας στο έξυπνο συμβόλαιο κάνοντας ένα transaction. Στα στοιχεία αυτά αναφέρεται ο αριθμός των ελάχιστων εργαζόμενων που πρέπει να κάνουν μια

καταγγελία προς την ίδια εταιρία με σκοπό να αλλάξει η κατάσταση της εταιρίας στο έξυπνο συμβόλαιο όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ταυτόχρονα αυξάνεται ο αριθμός παραπόνων της εταιρίας καθώς και παράπονα του υπαλλήλου ενώ εάν ο χρήστης δεν έχει κάνει άλλο παράπονο προς την εταιρία αυξάνεται και ο αριθμός παραπόνων από ξεχωριστούς χρήστες για την εταιρία. Αυτά θα φανούν περισσότερο στα σενάρια 5 και 6.

Σενάριο 2 (Υπάλληλος δούλεψε υπερωρία ενώ δεν έχει χτυπήσει κάρτα λήξης)

Σε αυτό το σενάριο ο υπάλληλος (Worker 5) θα προσπαθήσει να κάνει μια καταγγελία προς την εταιρία που δουλεύει ενώ δεν έχει χτυπήσει την κάρτα του για την λήξη της εργασίας του (πίνακας 3). Αυτό πρακτικά σημαίνει πως δουλεύει υπερωρία αλλά η υπερωρία καταγράφεται φυσιολογικά στο πληροφοριακό σύστημα.

The image shows a web application interface titled "Complaint Dapp". It features a section for "Enter New Account" with three input fields: "Name", "Address", and "Private Key". Below these fields are two buttons: "Save" and "Reset". Underneath, there is a section titled "Accounts" with a green status message "Complaint successfully submitted". This section contains two rows, each with a worker name and a red "Report" button. The first row is for "Worker 1" and the second row is for "Worker 5".

Εικόνα 14. Αίτημα παραπόνου από Worker 5

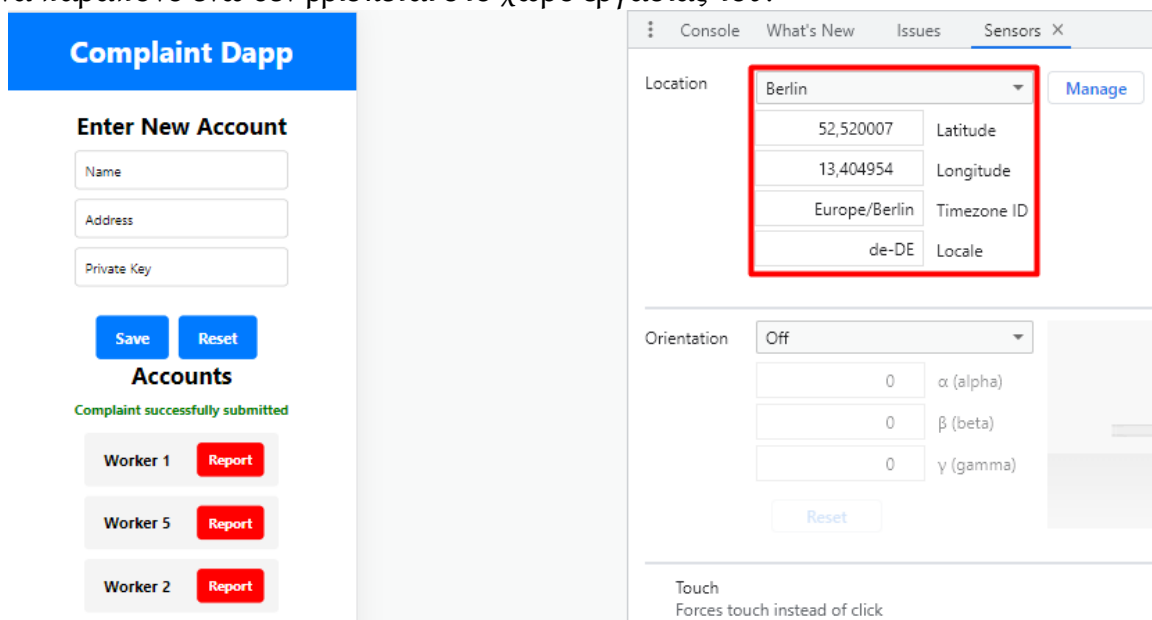
Το παράπονο του καταγράφηκε στο έξυπνο σύμβολο αλλά το Oracle δεν το επικύρωσε διότι όπως φαίνεται στη βάση δεν έχει χτυπήσει ακόμα την κάρτα για την σήμανση της λήξης της εργασίας του.

```
Complaint from worker detected
Starting validation process
(1) Checking if sender works and is inside the company
Worker is inside the company
(2) Checking if worker's hours are reported
Hours reported
```

Εικόνα 15. Αποτέλεσμα Oracle για Σενάριο 2

Σενάριο 3 (Υπάλληλος βρίσκεται εκτός του χώρου εργασίας του)

Σε αυτό το σενάριο ένας υπάλληλος (Worker 2) θα προσπαθήσει κακόβουλα να κάνει ένα παράπονο ενώ δεν βρίσκεται στο χώρο εργασίας του.



Εικόνα 16. Αίτημα Παραπόνου απο Υπάλληλο εκτός Εταιρίας

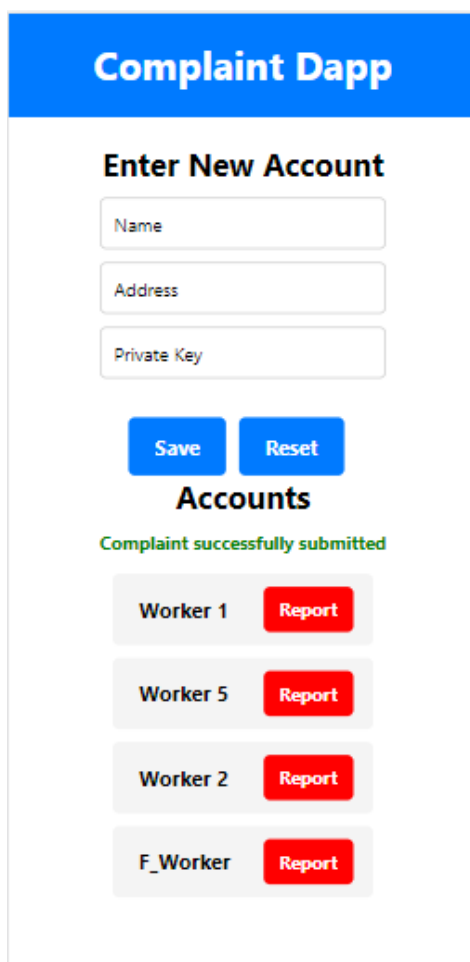
Το παράπονο του καταγράφηκε στο έξυπνο σύμβολο αλλά το Oracle δεν το επικύρωσε διότι όπως φαίνεται στη βάση ο χρήστης δεν βρίσκεται στο χώρο εργασίας του.

```
Complaint from worker detected
Starting validation process
(1) Checking if sender works and is inside the company
Sender is not in the company
```

Εικόνα 17. Αποτέλεσμα Oracle για Σενάριο 3

Σενάριο 4 (Χρήστης δεν είναι υπάλληλος εταιρίας)

Το τελευταίο σενάριο για τους υπάλληλους είναι ο χρήστης να μην είναι υπάλληλος σε κάποια εταιρία. Στο πλαίσιο αυτό θα χρησιμοποιηθεί ο χρήστης “F_Worker” (fake worker) με διεύθυνση 0xE243dDAaF29B4a447551450Ed237ce9abDcf129e.



The screenshot shows a web interface for a 'Complaint Dapp'. At the top is a blue header with the text 'Complaint Dapp'. Below the header is a section titled 'Enter New Account' containing three input fields: 'Name', 'Address', and 'Private Key'. Underneath these fields are two blue buttons: 'Save' and 'Reset'. Below the buttons is a section titled 'Accounts' which displays a green message 'Complaint successfully submitted'. Under this message is a list of four worker entries, each with a name and a red 'Report' button: 'Worker 1', 'Worker 5', 'Worker 2', and 'F_Worker'.

Εικόνα 18. Αίτημα Παραπόνου από Χρήστη που δεν είναι Υπάλληλος

Το παράπονο του καταγράφηκε στο έξυπνο συμβόλαιο αλλά το Oracle δεν το επικύρωσε διότι όπως φαίνεται στη βάση ο χρήστης δεν εργάζεται σε κάποια εταιρία.

```
Complaint from worker detected
Starting validation process
(1) Checking if sender works and is inside the company
Sender is not in the company
```

Εικόνα 19. Αποτέλεσμα Oracle για Σενάριο 4

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η εφαρμογή για την αρμόδια αρχή. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η αρμόδια αρχή έχει οριστεί από τον κάτοχο του συμβολαίου (owner). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μόνο ο χρήστης που έχει την διεύθυνση της αρμόδιας αρχής να μπορεί να χρησιμοποιήσει την λειτουργικότητα της. Στο παράδειγμα παρακάτω έχει οριστεί από τον κάτοχο του συμβολαίου ως αρμόδια αρχή ο χρήστης Auth με διεύθυνση: 0xD9d9a0CF4DD9CdeD54B1d6eac05d58364A829D09.

The screenshot shows the 'Authorities Dapp' interface. It is divided into two main sections: 'Enter New Account' and 'Companies'.

Enter New Account: This section contains a 'Save' button, a 'Reset' button, and three input fields. The first field is labeled 'Auth' and contains the value '0xD9d9a0CF4DD9CdeD54'. The second field is empty. Below these fields is the text 'Active Account:' and 'Accounts'.

Companies: This section contains a table with the following columns: ID, Name, Company ID, Status, NoC, and NoC per user. The table is currently empty.

The second screenshot shows the 'Enter New Account' section with three input fields: 'Name', 'Address', and 'Private Key'. Below these fields is the text 'Active Account:' and 'Accounts'. The 'Accounts' section contains a table with one row: 'Auth' and a 'Use' button.

Εικόνα 20. Ενσωμάτωση Αρμόδιας Αρχής στην Εφαρμογή

Σενάριο 5 (Αρμόδια αρχή)

Στην εφαρμογή της αρμόδιας αρχής εμφανίζονται όλες οι εταιρίες για τις οποίες έχουν υπάρξει επικυρωμένα παράπονα από υπαλλήλους τους. Κάθε εταιρία έχει 5 χαρακτηριστικά τα οποία εμφανίζονται στην εφαρμογή, το όνομα της εταιρίας, ο κωδικός αναγνώρισης της εταιρίας, η κατάσταση της εταιρίας μέσα στο έξυπνο συμβόλαιο, ο συνολικός αριθμός παραπόνων των χρηστών της εταιρίας και ο αριθμός παραπόνων ανά διαφορετικό υπάλληλο της εταιρίας. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω μια εταιρία μπορεί να βρίσκεται σε 4 διαφορετικές καταστάσεις. Όταν μια εταιρία βρίσκεται στην κατάσταση “Χωρίς αρκετά παράπονα” τότε το όριο των παραπόνων από διαφορετικούς υπαλλήλους της δεν έχει ξεπεραστεί. Αντίθετα όταν ξεπεραστεί τότε

αλλάζει στην κατάσταση “Υπό αξιολόγηση” όπου οι αρμόδιες αρχές έχουν την δυνατότητα να την αξιολογήσουν θέτοντας την και αλλάζοντας την κατάσταση της σε “Ειλικρινή” ή “Μη ειλικρινή”. Αυτό επιλέγετε ανάλογα με την απόφαση και την έρευνα των αρχών στο αν η εταιρία κάνει χρήση μη-δηλωμένης εργασίας. Στο παρακάτω παράδειγμα φαίνεται η χρήση της πλατφόρμας για την εταιρία 2 (Company 2).

Authorities Dapp

Enter New Account

Save

Name

Address

Private Key

Active Account:

Auth

Accounts

Auth

F_Auth

Companies

ID	Name	Company ID	Status	NoC	NoC per user
0	Company 1	1	Honest	4	3
1	Company 2	2	<input type="button" value="Dishonest"/> <input type="button" value="Honest"/>	3	3

Authorities Dapp

Enter New Account

Save

Name

Address

Private Key

Active Account:

Auth

Accounts

Auth

F_Auth

Companies

ID	Name	Company ID	Status	NoC	NoC per user
0	Company 1	1	Honest	4	3
1	Company 2	2	Wait for confirmation...	3	3

Authorities Dapp

Enter New Account

Save Reset

Name

Address

Private Key

Active Account:

Auth

Accounts

Auth Use

F_Auth Use

Companies

ID	Name	Company ID	Status	NoC	NoC per user
0	Company 1	1	Honest	4	3
1	Company 2	2	Dishonest	3	3

Εικόνες 21, 22, 23. Αξιολόγηση Εταιρίας από Αρμόδια Αρχή

Σενάριο 6 (Ψευδή αρμόδια αρχή)

Όπως και στο σενάριο 5 ένας χρήστης θα αποπειραθεί να αλλάξει την κατάσταση της εταιρίας 2 με την διαφορά ότι η διεύθυνση του δεν είναι ορισμένη ως αρμόδια αρχή με αποτέλεσμα το έξυπνο συμβόλαιο να απορρίψει την αλλαγή. Θα χρησιμοποιηθεί ο χρήστης F_Auth (fake authority) με διεύθυνση 0xE243dDAaF29B4a447551450Ed237ce9abDcf129e.

Authorities Dapp

Enter New Account

Save Reset

Name

Address

Private Key

Active Account:

F_Auth

Accounts

Auth Use

F_Auth Use

Companies

ID	Name	Company ID	Status	NoC	NoC per user
0	Company 1	1	Honest	4	3
1	Company 2	2	Dishonest Honest	3	3

Enter New Account

Save Reset

Name

Address

Private Key

Companies

ID	Name	Company ID	Status	NoC	NoC per user
0	Company 1	1	Honest	4	3
1	Company 2	2	Error	3	3

Active Account:

F_Auth

Accounts

Auth Use

F_Auth Use

Εικόνες 24, 25. Χρήση Διεύθυνσης που δεν είναι Αρμόδια Αρχή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Ανάλυση Αποτελεσμάτων – Συζήτηση

5.1. Ανησυχίες σχετικά με κακόβουλους χρήστες

Η κύρια ανησυχία σχετικά με την πλατφόρμα παραπόνων είναι ο πιθανός αντίκτυπος των κακόβουλων χρηστών. Επιτρέποντας στους χρήστες να εισάγουν αυθαίρετες γεωγραφικές συντεταγμένες, υπάρχει ο κίνδυνος υποβολής ψευδών αναφορών, με τους χρήστες να αναφέρουν ψευδώς περιστατικά υποβάλλοντας συντεταγμένες του χώρου εργασίας τους χωρίς να είναι πραγματικά παρόντες. Ωστόσο, η σημασία αυτού του ζητήματος είναι μικρή για δύο λόγους. Πρώτον, η πλατφόρμα βασίζεται στη συλλογική συμβολή πολλών χρηστών, γεγονός που καθιστά δύσκολο για έναν μόνο χρήστη να χειριστεί το σύστημα σε μεγάλη κλίμακα. Δεύτερον, οι αρχές είναι υποχρεωμένες να διεξάγουν επιτόπιες έρευνες για την επαλήθευση των ισχυρισμών, παρέχοντας προστασία έναντι ψευδών καταγγελιών. Καθώς ο αριθμός των καταγγελιών αυξάνεται και όλες οι πληροφορίες καταγράφονται με διαφάνεια, μπορούν να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος.

5.2. Προκλήσεις επεκτασιμότητας

Η πλατφόρμα παραπόνων για την προστασία της εργασίας αντιμετωπίζει προκλήσεις επεκτασιμότητας. Η τεχνολογία Blockchain έχει εγγενείς περιορισμούς όσον αφορά τη διεκπεραίωση των συναλλαγών και τη χωρητικότητα αποθήκευσης. Για να διασφαλιστεί ότι η πλατφόρμα μπορεί να χειριστεί έναν δυνητικά μεγάλο αριθμό παραπόνων ενώ τα επικυρώνει έγκαιρα χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την απόδοση, θα πρέπει να διερευνηθούν λύσεις επεκτασιμότητας, όπως αποθήκευση δεδομένων εκτός αλυσίδας ή λύσεις επιπέδου δύο. Η εκφόρτωση μη κρίσιμων δεδομένων ή η χρήση δευτερευόντων επιπέδων για την επεξεργασία συναλλαγών μπορεί να ενισχύσει την επεκτασιμότητα, ενώ παράλληλα αξιοποιεί την ασφάλεια και την αμετάβλητη αλυσίδα μπλοκ για κρίσιμες λειτουργίες.

5.3. Αντίσταση από τα ενδιαφερόμενα μέρη

Η αντίσταση από τους εργοδότες ή τους ρυθμιστικούς φορείς είναι μια άλλη πιθανή πρόκληση για την εφαρμογή της πλατφόρμας. Οι εργοδότες μπορεί να διστάσουν να το υιοθετήσουν λόγω ανησυχιών για αυξημένο έλεγχο ή αρνητικές επιπτώσεις στη φήμη τους. Οι ρυθμιστικοί φορείς ενδέχεται επίσης να διαφέρουν ως προς την αποδοχή και την κατανόηση της τεχνολογίας blockchain, εμποδίζοντας την υιοθέτηση. Η προληπτική επικοινωνία και η συνεργασία με τα ενδιαφερόμενα μέρη είναι ζωτικής σημασίας για την αντιμετώπιση των ανησυχιών τους, την παροχή σαφήνειας σχετικά με τα οφέλη και την

επίδειξη του τρόπου με τον οποίο η πλατφόρμα ενισχύει την προστασία της εργασίας διασφαλίζοντας παράλληλα τη συμμόρφωση με τους υφιστάμενους κανονισμούς.

5.4. Υιοθέτηση και Συμμετοχή Χρηστών

Η υιοθέτηση και η συμμετοχή των χρηστών είναι κρίσιμες για την επιτυχία της πλατφόρμας. Η ενθάρρυνση των εργαζομένων να χρησιμοποιούν ενεργά την πλατφόρμα και να υποβάλλουν παράπονα μπορεί να αποδειχθεί πρόκληση. Για να ξεπεραστεί αυτό, είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός μιας φιλικής προς το χρήστη διεπαφής με σαφείς οδηγίες για εύκολη και ανώνυμη υποβολή παραπόνων. Τα προγράμματα εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης μπορούν να διαδραματίσουν ζωτικό ρόλο βοηθώντας τους εργαζόμενους να κατανοήσουν τα οφέλη της πλατφόρμας, δίνοντας έμφαση στον τρόπο με τον οποίο προστατεύει τα δικαιώματά τους και βελτιώνει τις συνθήκες στο χώρο εργασίας. Η συνεργασία με εργατικά συνδικάτα και οργανώσεις εργαζομένων μπορεί επίσης να βοηθήσει στην προώθηση της πλατφόρμας στον κοινό-στόχο.

5.5 Ενοποίηση με Υφιστάμενα Συστήματα

Η ενσωμάτωση με τα υπάρχοντα συστήματα προστασίας της εργασίας προσθέτει πολυπλοκότητα στην εφαρμογή. Τα ζητήματα συμβατότητας, ο συγχρονισμός δεδομένων και η διαλειτουργικότητα του συστήματος χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή για να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη διαδικασία ενοποίησης και να αποφευχθούν διακοπές. Η συνεργασία με τους σχετικούς ενδιαφερόμενους φορείς, η διεξαγωγή ολοκληρωμένων δοκιμών και η επικύρωση μπορεί να συμβάλει στην ελαχιστοποίηση των διαταραχών και να εξασφαλίσει μια ομαλή διαδικασία ολοκλήρωσης. Ένα καλά καθορισμένο σχέδιο για την ολοκλήρωση και η σαφής κατανόηση των απαιτήσεων των υφιστάμενων συστημάτων είναι ζωτικής σημασίας.

5.6. Πλεονεκτήματα

Παρά τις προκλήσεις, η πλατφόρμα παραπόνων που βασίζεται σε blockchain υπόσχεται πολλά για τον μετασχηματισμό της προστασίας της εργασίας και των συνθηκών στο χώρο εργασίας. Αξιοποιώντας τη διαφάνεια και την υπευθυνότητα που παρέχει η τεχνολογία blockchain, η πλατφόρμα δημιουργεί ένα αποκεντρωμένο και ανθεκτικό σε παραβιάσεις σύστημα για την καταγραφή των παραπόνων και την επικύρωση της υπερωριακής εργασίας. Αυτή η ενισχυμένη διαφάνεια προωθεί ένα πιο δίκαιο περιβάλλον, όπου οι εταιρείες λογοδοτούν για τις πρακτικές απασχόλησης τους, διασφαλίζοντας τη συμμόρφωση με τους εργατικούς κανονισμούς και ενθαρρύνοντας τον θεμιτό ανταγωνισμό.

5.7. Αποτελεσματική Επιβολή των Κανονισμών Εργασίας

Ένα από τα βασικά οφέλη της πλατφόρμας είναι η ικανότητά της να διευκολύνει την αποτελεσματικότερη επιβολή των κανονισμών εργασίας. Παρέχοντας επαληθεύσιμα στοιχεία για εργατικές παραβάσεις και απλοποιώντας τη διαδικασία επίλυσης παραπόνων, εξοπλίζει τις αρχές με τα απαραίτητα εργαλεία για την άμεση και αποτελεσματική διερεύνηση και αντιμετώπιση των εργατικών παραβιάσεων. Τα αμετάβλητα αρχεία στο blockchain επιτρέπουν την παρακολούθηση και την ανάλυση των προτύπων μη συμμόρφωσης, επιτρέποντας καλύτερη κατανομή πόρων για τις επιθεωρήσεις εργασίας.

Συμπερασματικά, ενώ υπάρχουν προκλήσεις και περιορισμοί στην εφαρμογή μιας πλατφόρμας παραπόνων που βασίζεται σε blockchain για την προστασία της εργασίας, τα προληπτικά μέτρα και η συνεχής βελτίωση μπορούν να βοηθήσουν να ξεπεραστούν αυτά τα εμπόδια και να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη. Αντιμετωπίζοντας προβλήματα επεκτασιμότητας, δεσμεύοντας τα ενδιαφερόμενα μέρη, διασφαλίζοντας την υιοθέτηση των χρηστών και την πλοήγηση στην πολυπλοκότητα της ολοκλήρωσης, η πλατφόρμα έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στην προστασία της εργασίας, τον θεμιτό ανταγωνισμό και τις συνθήκες εργασίας, δημιουργώντας τελικά ένα πιο διαφανές και υπεύθυνο οικοσύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συμπεράσματα – Προτάσεις

Σε αυτή την διπλωματική παρουσιάστηκε ένα σύστημα καταγγελιών για τους εργαζόμενους που δουλεύουν σε επιχειρήσεις που δεν καταγράφουν ώρες εργασίας. Η εφαρμογή, σε πραγματικό χρόνο καταγράφει τις γεωγραφικές συντεταγμένες και την ώρα των καταγγελιών με σκοπό στη συνέχεια να τις επικυρώσει. Αυτή η εφαρμογή δουλεύει συνεργατικά με την ψηφιακή κάρτα εργασίας που, επίσης σε πραγματικό χρόνο, καταγράφει την ώρα έναρξης και λήξης εργασίας κάθε εργαζομένου στο πληροφοριακό σύστημα ΕΡΓΑΝΗ ταυτόχρονα όμως μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί σε κάθε πληροφοριακό σύστημα με δεδομένα πραγματικού χρόνου. Το σύστημα που παρουσιάζεται χρησιμοποιεί την τεχνολογία Blockchain για την ανώνυμη καταγραφή των καταγγελιών από τους εργαζόμενους, την διαφάνεια των πληροφοριών που εγγράφονται σε αυτό καθώς και την ανθεκτικότητα τους στον χρόνο. Επίσης, λόγω της ντετερμινιστικής φύσης του, προσδίδει ακριβείς και αυτοματοποιημένες διεργασίες χρήσιμες για την εφαρμογή. Σκοπός του συστήματος είναι να δώσει ένα εργαλείο στον εργαζόμενο για να μπορεί ανώνυμα αλλά και με διαφάνεια να καταγγείλει την μη-δηλωμένη εργασία ώστε να μην στοχοποιηθούν και ταυτόχρονα να φαίνεται σε όλους τους χρήστες του συστήματος η καταγγελία. Οι αρμόδιοι που χρησιμοποιούν το σύστημα ενημερώνονται αυτόματα για τις καταγγελίες αλλά και για την εγκυρότητα τους σε πραγματικό χρόνο και αφού τις διερευνήσουν, μπορούν να καταγράψουν στην εφαρμογή αν όντως μια εταιρία δουλεύει με παράνομη εργασία. Παρατηρήθηκε επίσης ότι υπάρχουν κάποια προβλήματα σε σχέση με το πώς αυτή η εφαρμογή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από χρήστες με κακόβουλο σκοπό ωστόσο είναι προβλήματα που μπορούν να ξεπεραστούν εκτός των πλαισίων της εφαρμογής. Τα επόμενα βήματα που θα μπορούσαν να ακολουθηθούν είναι το σύστημα να υλοποιηθεί σε διαφορετικά δίκτυα blockchain με διαφορετικό αριθμό κόμβων ώστε να μελετηθεί πιο είναι το πιο αποδοτικό. Στην συνέχεια θα μπορούσαν να δημιουργηθούν επιπλέον έξυπνα συμβόλαια που να ελέγχουν την κακόβουλη χρήση του συστήματος σε επίπεδο χρήστη. Σε εμπορικό επίπεδο θα μπορούσαν να δημιουργηθούν plug-ins που να ενσωματώνουν με μεγαλύτερη ευκολία το σύστημα στα ήδη υπάρχοντα πληροφοριακά συστήματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ

1. Satoshi Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", <https://bitcoin.org/>, last accessed 2023/4/15
2. OSHA Homepage, <https://www.dol.gov/agencies/oasam/centers-offices/ocio/privacy/osha/ois>, last accessed 2023/4/15
3. BAuA Homepage, https://www.baua.de/EN/Home/Home_node.html, last accessed 2023/4/15
4. HSE, Homepage, <https://www.hse.gov.uk/>, last accessed 2023/4/15
5. ERGANI Homepage, <https://www.hli.gov.gr/ergasiakes-scheseis/ergodotes-ergasiakes-scheseis/ergani/p-s-ergani/>, last accessed 2023/4/15
6. <https://www.taxheaven.gr/news/59941/pshfiakh-karta-ergasias-apo-1h-ioylioy-se-trapezes-kai-soyper-market-pws-oa-ylopoihoi>
7. Antzela Kosta, Nikolaos Pappas and Vangelis Angelakis. "Age of Information: A New Concept, Metric, and Tool", 2017
8. Mohamed A. Abd-Elmagid, Nikolaos Pappas and Harpreet S. Dhillon. "On the Role of Age of Information in the Internet of Things", IEEE Communications Magazine, Volume: 57, Issue: 12, December 2019
9. Hoe Tung Yew Ming Fung Ng Soh Zhi Ping Seng Kheau Chung Ali Chekima and Jamal A. Dargham. "IoT Based Real-Time Remote Patient Monitoring System", 2020 16th IEEE International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA), 2020
10. Md Masum Billah, Zulkhairi Mohd Yusof, Kushsairy Kadir, Abdul Malik Mohd Ali and Izanoordina Ahmad. "Quality Maintenance of Fish Farm: Development of Real-time Water Quality Monitoring system", 2019 IEEE International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA), 2019
11. Bikash Kumar Moharana, Prateek Anand, Sarvesh Kumar and Prakash Kodali. "Development of an IoT-based Real-Time Air Quality Monitoring Device", 2020 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), 2020
12. Zibin Zheng, Shaoan Xie, Hongning Dai, Xiangping Chen and Huaimin Wang. "An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends", 2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress), 2017
13. Minsu Kim, Sungho Lee, Chanwon Park and Jemin Lee. "Age of Information Analysis in Hyperledger Fabric Blockchain-enabled Monitoring Networks", ICC 2021 - IEEE International Conference on Communications, 2021
14. Sungho Lee, Minsu Kim, Jemin Lee, Ruei-Hau Hsu and Tony Q. S. Quek. "Is Blockchain Suitable for Data Freshness? An Age-of-Information Perspective", IEEE Network, 2021
15. Rahman, M., Azam, M.M., and Chowdhury, F.S.: An Anonymity and Interaction Supported Complaint Platform based on Blockchain Technology for National and Social Welfare. In: Proceedings of the 2021 International Conference on Electronics, Communications and Information Technology (ICECIT), Khulna, Bangladesh, pp. 1-8 (2021). doi: 10.1109/ICECIT54077.2021.9641269.
16. Jattan, S., Kumar, V., R, A., Naik, R.R., and S, S.N.: Smart Complaint Redressal System Using Ethereum Blockchain. In: Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER), Udupi, India, pp. 224-229 (2020). doi: 10.1109/DISCOVER50404.2020.9278122.
17. Hingorani, I., Khara, R., Pomendkar, D., and Raul, N.: Police Complaint Management System using Blockchain Technology. In: Proceedings of the 2020 3rd International Conference on

- Intelligent Sustainable Systems (ICISS), Thoothukudi, India, pp. 1214-1219 (2020). doi: 10.1109/ICISS49785.2020.9315884.
18. Schmelz, D., Pinter, K., Brottrager, J., Niemeier, P., Lamber, R., and Grechenig, T.: Securing the Rights of Data Subjects with Blockchain Technology. In: Proceedings of the 2020 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT), San Jose, CA, USA, pp. 284-288 (2020). doi: 10.1109/ICICT50521.2020.00050.
 19. <https://ethereum.org/en/developers/docs/oracles/>, last visited 2023/4/15

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Κώδικας που δημιουργήθηκε κατά την διάρκεια του μεταπτυχιακού

Στη συνέχεια θα βρείτε τα links για τα repositories στο Github

- 1) Backend – Oracle – Smart Contracts – Deployment Scripts
<https://github.com/JohnChristidis/Backend-Oracle-SC-Deploy>
- 2) Frontend – Authorities
<https://github.com/JohnChristidis/Frontend-Authorities>
- 3) Frontend - Employee
<https://github.com/JohnChristidis/Frontend-Employee>

Άρθρα που δημοσιεύτηκαν κατά την διάρκεια του μεταπτυχιακού

- 1) John Christidis, Panagiotis A. Karkazis, Periklis Papadopoulos, Helen C. Leligou, “Decentralized Blockchain-Based IoT Data Marketplaces”, J. Sens. Actuator Netw. 2022, 11, 39. <https://doi.org/10.3390/jsan11030039>
- 1) John Christidis, Helen C. Leligou, Periklis Papadopoulos, “Blockchain-Enhanced Labor Protection: An Innovative Complaint Platform for Transparent Workplace Compliance and Fair Competition”, 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON NOVEL & INTELLIGENT DIGITAL SYSTEMS, 28 September – 29 September 2023, Athens, Greece