

ΠΑΝΤΕΙΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΠΑΝΤΕΙΟΝ UNIVERSITY OF SOCIAL AND POLITICAL SCIENCES



ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ»  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΟ ΜΑΝΑΤΖΜΕΝΤ

Ανατρεπτικές Τεχνολογίες και Έξυπνες Πόλεις: Τάσεις, Προκλήσεις και Βέλτιστες Πρακτικές

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννα Νικολάου

Αθήνα, 2025

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή

Πολυμέρης Σπυρίδων, Μέλος Εργαστηριακού Διδακτικού Προσωπικού (Ε.Δι.Π.) Παντείου Πανεπιστημίου (Επιβλέπων)

Μπάλτα Ευαγγελία, Επίκουρη Καθηγήτρια Παντείου Πανεπιστημίου

Ρωσσίδης Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής Παντείου Πανεπιστημίου



Copyright © Ιωάννα Νικολάου, 2025

All rights reserved. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας 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 διπλωματικής εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Πάντειον Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών δεν δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

## **Ακρωνύμια**

AI: Artificial Intelligence

BDA: Big Data Analytics

DAO: Decentralized Autonomous Organization

DDoS: Distributed Denial of Service

DED: Dubai Economic Department

DL: Deep Learning

DEWA: Dubai Electricity and Water Authority

FinTech: Financial technology

GDPR: General Data Protection Regulation

GIS: Geographic Information System

IaaS: Infrastructure as a Service

IBM: International Business Machines Corporation

IMP: International Mobility Programme

IoT: Internet of Things

ITS: Intelligent Transport Systems

ITU: International Telecommunication Union

MaaS : Mobility as a Service

ML: Machine Learning

MOHAP: Ministry of Health and Prevention

PaaS: Platform as a Service

PoA: Proof-of-Authority

Pol: Proof-of-Importance

PoS : Proof of Stake

PoW: Proof of Work

SaaS: Software as a Service

SSI: Self-sovereign identity

TOKEN: Transformative Impact Of Blockchain Technologies in Public Services

UTC: UAE Trade Connect

UBR: Unified Business Registry

ΑΣΕΠ: Ανώτατο Συμβούλιο Επιλογής Προσωπικού

ΕΚΕΤΑ: Εθνικό Κέντρο Έρευνας & Τεχνολογικής Ανάπτυξης

ΗΑΕ: Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα

ΙΠΤΗΛ: Ινστιτούτο Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών

Μ.Κ.Ο.: Μη Κυβερνητική Οργάνωση

ΤΠΕ: Τεχνολογίες Πληροφορικής & Επικοινωνιών

## Γλωσσάρι

Open Data (Ανοιχτά Δεδομένα): δεδομένα ελεύθερα διαθέσιμα για χρήση, επαναχρησιμοποίηση και διανομή από οποιονδήποτε, χωρίς περιορισμούς πνευματικής ιδιοκτησίας ή άλλες άδειες

Distributed Denial of Service: τύπος κυβερνοεπίθεσης όπου πολλαπλοί κακόβουλοι υπολογιστές ή συσκευές πλημμυρίζουν έναν στόχο (π.χ. διακομιστή, δίκτυο ή εφαρμογή) με αιτήματα, προκαλώντας υπερφόρτωση του συστήματος και διακοπή της λειτουργίας του για τους κανονικούς χρήστες

Drone (Μη Επανδρωμένο Αεροσκάφος): εναέριο όχημα χωρίς πιλότο που ελέγχεται εξ αποστάσεως ή λειτουργεί αυτόνομα, μέσω ενσωματωμένων συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης και αισθητήρων

Smart Grid (Έξυπνο Δίκτυο): προηγμένο ενεργειακό δίκτυο που ενσωματώνει ψηφιακή τεχνολογία και τεχνολογίες επικοινωνίας και επιτρέπει την παρακολούθηση της κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο, την ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την αποδοτική διαχείριση της ζήτησης και την ταχύτερη απόκριση σε βλάβες

Tokens: ψηφιακές μονάδες που δεν εξορύσσονται και υπάρχουν ως καταχωρήσεις μητρώου σε πλατφόρμες Blockchain

Καθολικό: η συλλογή όλων των λογαριασμών μιας εταιρίας, η οποία περιέχει περιληπτικά όλες τις οικονομικές συναλλαγές κατά τη διάρκεια μιας λογιστικής περιόδου

Layer-2: δευτερεύον τεχνολογικό επίπεδο που λειτουργεί πάνω από ένα βασικό Blockchain (Layer-1), με σκοπό την αύξηση της ταχύτητας και της κλίμακας των συναλλαγών, μειώνοντας ταυτόχρονα το κόστος

Fintech: χρήση καινοτόμων τεχνολογιών στον χρηματοοικονομικό τομέα για τη βελτίωση υπηρεσιών όπως οι πληρωμές, οι επενδύσεις και η τραπεζική εξυπηρέτηση

EnergyTech: τομέας που ενσωματώνει ψηφιακές τεχνολογίες και καινοτομία στον τομέα της ενέργειας, για την αποδοτικότερη παραγωγή, διαχείριση και κατανάλωση ενεργειακών πόρων

ClimaTech: κατηγορία τεχνολογικών λύσεων που στοχεύουν στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, μέσω της παρακολούθησης, μείωσης ή αντιστάθμισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Audit trail: ψηφιακή καταγραφή όλων των ενεργειών και τροποποιήσεων που πραγματοποιούνται σε ένα πληροφοριακό σύστημα ή βάση δεδομένων, με στόχο τη διαφάνεια, την ιχνηλασιμότητα και τον έλεγχο των διαδικασιών

Αποκεντρωμένη οικονομία (decentralized economy): οικονομικό μοντέλο που βασίζεται σε τεχνολογίες όπως το Blockchain, για την εξάλειψη της ανάγκης κεντρικών διαμεσολαβητών, ενισχύοντας τη συμμετοχικότητα, την αυτονομία των χρηστών και την κατανομή της ισχύος σε δίκτυα peer-to-peer

Peer-to-peer (P2P): αρχιτεκτονική δικτύου στην οποία οι κόμβοι (χρήστες ή συσκευές) επικοινωνούν και ανταλλάσσουν δεδομένα άμεσα μεταξύ τους, χωρίς την ανάγκη κεντρικού διακομιστή ή διαμεσολαβητή, ενισχύοντας την αποκέντρωση και την ανθεκτικότητα του συστήματος

Web3: η τρίτη γενιά του διαδικτύου, η οποία βασίζεται σε αποκεντρωμένες τεχνολογίες, όπως το Blockchain, για να προσφέρει μεγαλύτερη ελευθερία, διαφάνεια και έλεγχο στους χρήστες

## Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	13
Μεθοδολογία.....	16
Κεφάλαιο 1 Οι Έξυπνες Πόλεις και η Υιοθέτηση Νέων Τεχνολογιών .....	16
1. Έξυπνες Πόλεις.....	16
2. Διαδίκτυο των Πραγμάτων .....	19
3. Μεγάλα Δεδομένα.....	21
4. Υπολογιστικό Νέφος.....	23
5. Τεχνητή Νοημοσύνη .....	25
6. Η Ανάγκη για Ενισχυμένα Μέτρα Κυβερνοασφάλειας στις Έξυπνες Πόλεις.....	29
Κεφάλαιο 2 Blockchain για την Ασφάλεια στις Έξυπνες Πόλεις .....	32
1. Χαρακτηριστικά του Blockchain .....	32
2. Μηχανισμοί Συναίνεσης.....	34
3. Τύποι Blockchain.....	34
4. Ασύμμετρη Κρυπτογράφηση και Ψηφιακές Υπογραφές .....	36
5. Έξυπνα Συμβόλαια.....	36
6. Προκλήσεις .....	37
Κεφάλαιο 3 Εφαρμογές της τεχνολογίας Blockchain στις Έξυπνες Πόλεις.....	38
1. Δημόσιος Τομέας.....	38
2. Υγεία.....	40
3. Διαχείριση Ενέργειας.....	41
4. Συστήματα Μεταφορών .....	42
Κεφάλαιο 4 Συνεργατικά Μοντέλα .....	43
1. Blockchain και Internet of Things .....	43
2. Blockchain και Big Data.....	44
3. Blockchain και Cloud Computing.....	45
4. Blockchain και Artificial Intelligence.....	47
Κεφάλαιο 5 Η περίπτωση του Ντουμπάι .....	48
1. Ιστορική αναδρομή στην Έξυπνη Πόλη του Ντουμπάι .....	48
2. Πρωτοπόρος στη χρήση Blockchain .....	49
3. Το Παράδειγμα της Έξυπνης Μετακίνησης.....	53
4. Προκλήσεις .....	56
Κεφάλαιο 6 Η Ανάδυση του Οικοσυστήματος Blockchain στην Ελλάδα.....	56
1. Το Πιλοτικό Έργο QualiChain του ΑΣΕΠ: Προς μια Διαφανή και Αυτοματοποιημένη Διαχείριση Προσόντων με Τεχνολογία Blockchain .....	57

2.	Πιλοτικό Έργο Blockchain του Δήμου Κατερίνης στο Πλαίσιο του Προγράμματος TOKEN.....	58
3.	Δήμος Άργους-Μυκηνών: Πρωτοποριακή Εφαρμογή Blockchain για την Ψηφιακή Πιστοποίηση Δημοτικών Εγγράφων.....	59
4.	Ανώνυμη Ψηφιακή Συμμετοχή Πολιτών μέσω Blockchain στον Δήμο Παύλου Μελά.....	60
5.	Το έργο TrueGov στον Δήμο Τρικάλων: Προς μία Διαλειτουργική και Ψηφιακά Ασφαλή Διακυβέρνηση .....	60
	Κεφάλαιο 7 Συζήτηση και Συμπεράσματα .....	61
	Πηγές – Βιβλιογραφία .....	65

## Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εξετάζει τον ρόλο των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) του Διαδικτύου των Πραγμάτων, των Μεγάλων Δεδομένων, του Υπολογιστικού Νέφους, της Τεχνητής Νοημοσύνης και του Blockchain, με έμφαση στη χρήση του τελευταίου, στις Έξυπνες Πόλεις. Στόχος της μελέτης είναι να εξεταστεί πώς το Blockchain συμβάλλει στην αντιμετώπιση των προκλήσεων της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας των μεγάλων όγκων δεδομένων που παράγονται και συλλέγονται στις Έξυπνες Πόλεις, ενώ παράλληλα να διερευνηθούν οι προκλήσεις και οι δυνατότητες περαιτέρω ανάπτυξης. Για να επιτευχθεί αυτό, αρχικά παρουσιάζονται οι ανωτέρω αναφερόμενες τεχνολογίες πλην του Blockchain και μερικά παραδείγματα συνεργασίας, εστιάζοντας στην συμβολή τους στις Έξυπνες Πόλεις. Η συνεισφορά αυτών των τεχνολογιών εξετάζεται στο πλαίσιο της διαμόρφωσης ενός πιο αποδοτικού και ασφαλούς αστικού περιβάλλοντος, ενώ, παράλληλα, διερευνώνται οι προκλήσεις που τις συνοδεύουν, με κύριες εκείνες της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας των ευαίσθητων δεδομένων που παράγονται και συλλέγονται συστηματικά. Στην συνέχεια, εξετάζονται εφαρμογές της αναδυόμενης τεχνολογίας Blockchain για τη βελτίωση της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας στις Έξυπνες Πόλεις, καθώς και οι πιθανές συνέργειές της με τις υπόλοιπες τεχνολογίες. Η ανάλυση δείχνει ότι το Blockchain αποτελεί μία καινοτόμο και αξιόπιστη προσέγγιση στη διαχείριση δεδομένων στις Έξυπνες Πόλεις, ενισχύοντας ταυτόχρονα την εμπιστοσύνη των πολιτών. Αναδεικνύεται, επίσης, η χρήση Έξυπνων Συμβολαίων (Smart Contracts), μέσω της οποίας παρέχεται αυτοματοποίηση διαδικασιών και περιορίζεται η ανάγκη για μεσάζοντες, αυξάνοντας την αποδοτικότητα και μειώνοντας τα κόστη. Συνολικά, το Blockchain λειτουργεί ως ο πυλώνας ασφάλειας και διαφάνειας στις συνέργειες με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, τα Μεγάλα Δεδομένα, το Υπολογιστικό Νέφος και την Τεχνητή Νοημοσύνη, ενισχύοντας την αποδοτικότητα, την ανθεκτικότητα και τη βιωσιμότητα των Έξυπνων Πόλεων. Στο πλαίσιο πρακτικής εφαρμογής, η μελέτη επισημαίνει την περίπτωση του Ντουμπάι ως προτύπου Έξυπνης Πόλης που επιχειρεί να ισορροπήσει μεταξύ καινοτομίας και συμπεριληπτικότητας. Το Ντουμπάι έχει υιοθετήσει το Blockchain σε πρωτοβουλίες όπου η αποκεντρωμένη διαχείριση δεδομένων μειώνει τη γραφειοκρατία και ενισχύει την εμπιστοσύνη των επενδυτών. Επιπλέον, συνδυάζει τη διαχείριση μεταφορών με τις υπόλοιπες αναφερόμενες

τεχνολογίες, αναδεικνύοντας τη σημασία τους για την ανάπτυξη ενός βιώσιμου περιβάλλοντος και ανοίγοντας το δρόμο για την πλήρη ενσωμάτωση των ΤΠΕ στις πόλεις. Συνοπτικά, η εργασία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το Blockchain δεν είναι απλώς μια τεχνολογία, αλλά ένα οικοσύστημα που ενισχύει συστηματικά τις Έξυπνες Πόλεις. Για να αξιοποιηθεί πλήρως, απαιτείται συνεργασία μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων και πολιτών, καθώς και συνεχής προσαρμογή στις εκκολαπτόμενες τεχνολογικές και κοινωνικές ανάγκες. Υπογραμμίζεται η ανάγκη για βελτίωση της συνεργασίας των τεχνολογιών, ενσωματώνοντας τις δυνατότητές τους σε ένα ενιαίο, λειτουργικό οικοσύστημα. Το μέλλον των αστικών κέντρων εξαρτάται από την ικανότητά τους να ενσωματώσουν αυτές τις τεχνολογίες σε μια ολιστική προσέγγιση που προάγει την ασφάλεια, τη βιωσιμότητα και τη δημοκρατική συμμετοχή. Παράλληλα, προτείνονται μελλοντικές κατευθύνσεις για την έρευνα, όπως η εφαρμογή πιλοτικών προγραμμάτων σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές, η δημιουργία νέων προτύπων και η εκπαίδευση των πολιτών. Επιπλέον, διερευνάται η ανάδυση του οικοσυστήματος Blockchain στην Ελλάδα, αναλύοντας πέντε πιλοτικά έργα σε δήμους και φορείς που εφαρμόζουν την τεχνολογία για διαφανή διαχείριση προσόντων, ψηφιακή πιστοποίηση εγγράφων, συμμετοχικές διαδικασίες και ασφαλή δημόσια διακυβέρνηση και υπογραμμίζουν το δυναμικό της χώρας να αναπτύξει τοπικές λύσεις έξυπνων πόλεων βασισμένες σε αποκεντρωμένες τεχνολογίες.

*Λέξεις – Κλειδιά: Blockchain, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Μεγάλα Δεδομένα, Υπολογιστικό Νέφος, Τεχνητή Νοημοσύνη, Έξυπνες Πόλεις*

## **Abstract**

This master's thesis examines the role of the Internet of Things, Big Data, Cloud Computing and Artificial Intelligence Information and Communication Technologies (ICT) and Blockchain, with emphasis on the use of the latter, in Smart Cities. The aim of the study is to examine how Blockchain contributes to addressing the security and privacy challenges of the large volumes of data generated and collected in Smart Cities, while at the same time exploring the challenges and possibilities for further development. To achieve this, the above-mentioned technologies other than Blockchain are initially presented along with some collaboration examples, focusing on their contribution to Smart Cities. The contribution of these technologies is examined in the context of shaping a more efficient and secure urban environment, while, at the same time, the challenges that accompany them are explored, mainly those of the security and privacy of sensitive data that are systematically generated and collected. Subsequently, applications of the emerging Blockchain technology to improve security and privacy in Smart Cities are examined, as well as its possible synergies with other technologies. The analysis shows that Blockchain is an innovative and reliable approach to data management in Smart Cities, while strengthening citizen trust. The use of Smart Contracts is also highlighted, through which automation is provided and the need for intermediaries is limited, increasing efficiency and reducing costs. Overall, Blockchain acts as the pillar of security and transparency in synergies with the Internet of Things, Big Data, Cloud Computing and Artificial Intelligence, enhancing the efficiency, resilience and sustainability of Smart Cities. In the context of practical applications, the study highlights the case of Dubai as Smart City model that attempts to balance innovation and inclusiveness. Dubai has adopted Blockchain initiatives where decentralized data management reduces bureaucracy and enhances investors' confidence. Furthermore, it combines transport management with the other mentioned technologies, highlighting their importance for the development of a sustainable environment and paving the way for the full integration of ICT in cities. In summary, the paper concludes that Blockchain is not just a technology, but an ecosystem that systemically enhances Smart Cities. To be fully utilized, collaboration between public and private actors and citizens is required, as well as continuous adaptation to emerging technological and social needs. The need to improve the collaboration of technologies, integrating their capabilities into a single,

functional ecosystem is highlighted. The future of urban centers depends on their ability to integrate these technologies in a holistic approach that promotes security, sustainability and democratic participation. At the same time, future directions for research, such as the implementation of pilot programs in different geographical areas, the creation of new standards and the education of citizens, are proposed. Furthermore, the study explores the emergence of the Blockchain ecosystem in Greece, analyzing five pilot projects in municipalities and public bodies that leverage the technology for transparent credential management, digital document certification, participatory processes, and secure public governance and highlight Greece's potential to develop localized smart city solutions based on decentralized technologies.

*Keywords: Blockchain, Internet of Things, Big Data, Cloud Computing, Artificial Intelligence, Smart Cities*

## Εισαγωγή

Η έννοια των Έξυπνων Πόλεων αντιπροσωπεύει μία νέα εποχή στην οργάνωση της αστικής ζωής, καθώς βασίζεται στη χρήση προηγμένων ψηφιακών τεχνολογιών για να δώσει απαντήσεις σε σύγχρονα και συχνά σύνθετα προβλήματα — κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά. Στην ουσία τους, οι Έξυπνες Πόλεις φιλοδοξούν να βελτιώσουν την καθημερινότητα των πολιτών, επενδύοντας σε πιο αποδοτικές, βιώσιμες και ανθεκτικές υποδομές. Σήμερα, αυτή η προσπάθεια στηρίζεται σε Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, η ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων, το Υπολογιστικό Νέφος και η Τεχνητή Νοημοσύνη — εργαλεία που επιτρέπουν την καλύτερη κατανόηση και διαχείριση του αστικού περιβάλλοντος.

Όμως, όσο περισσότερο εξαρτώνται οι πόλεις από διασυνδεδεμένα συστήματα, τόσο πιο επιτακτική γίνεται η ανάγκη για ασφάλεια και προστασία της ιδιωτικότητας. Αν δεν διασφαλιστεί η εμπιστοσύνη των πολιτών σε αυτά τα συστήματα, η ίδια η λειτουργία τους μπορεί να τεθεί σε αμφισβήτηση. Η ταχύτατη αστικοποίηση εντείνει ακόμα περισσότερο αυτές τις προκλήσεις, ασκώντας πίεση για την ανάπτυξη υποδομών που να ανταποκρίνονται όχι μόνο στον αυξανόμενο πληθυσμό, αλλά και στις απαιτήσεις προστασίας του ψηφιακού περιβάλλοντος που τις υποστηρίζει (Qiu κ.ά., 2023). Συνεπώς, η κυβερνοασφάλεια και η προστασία της ιδιωτικότητας έχουν αναδειχθεί σε καίριες προτεραιότητες, με τις παραβιάσεις να μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο κρίσιμες υπηρεσίες, όπως τα συστήματα κυκλοφορίας και τα ενεργειακά δίκτυα. Οι Sheombar και Sheombar (2021) παρομοιάζουν τη δομή της Έξυπνης Πόλης με τον μύθο του Δαίδαλου, προτείνοντας την προσεκτική χρήση των «φτερών» που η τεχνολογία μας χαρίζει.

Στο ερευνητικό πεδίο, μελέτες, όπως αυτή των Bhushan κ.ά. (2020), έχουν διερευνήσει τη χρήση του Blockchain και την ικανότητά του να προσφέρει ασφάλεια, διαφάνεια και αποκέντρωση στις τεχνολογίες που συνθέτουν την έννοια των Έξυπνων Πόλεων. Παράλληλα, η ενσωμάτωσή του σε τεχνολογίες, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, τα Μεγάλα Δεδομένα και η Τεχνητή Νοημοσύνη, θεωρείται καταλύτης για την ανάπτυξη των αστικών οικοσυστημάτων (Fu & Zhu, 2021), ενώ η επιστημονική βιβλιογραφία εξετάζει και τις προκλήσεις που σχετίζονται με

την ιδιωτικότητα και την κυβερνοασφάλεια, ζητήματα που έχουν ήδη τεκμηριωθεί από μελέτες όπως αυτή των Habibzadeh κ.ά. (2019).

Ειδικότερα, η τεχνολογία Blockchain έχει χαρακτηριστεί ως βασικό εργαλείο για την αντιμετώπιση των διττών προκλήσεων της κυβερνοασφάλειας και της ιδιωτικότητας στις Έξυπνες Πόλεις. Με τη σχεδιάσή του, το Blockchain προσφέρει ένα αποκεντρωμένο, αμετάβλητο και διαφανές πλαίσιο για την αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων, ενώ η ικανότητά του να διασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων, χωρίς να βασίζεται σε κεντρική αρχή, το καθιστά ιδιαίτερα ελκυστικό για τα διαφορετικά και διασυνδεδεμένα συστήματα των Έξυπνων Πόλεων (Bhushan κ.ά.,2020). Για παράδειγμα, η χρήση του Blockchain στην ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων μπορεί να μειώσει τους κινδύνους που συνδέονται με τα αποθετήριά τους και τα οποία αποτελούν συχνά στόχο κυβερνοεπιθέσεων. Επιπλέον, οι δυνατότητες Έξυπνων Συμβολαίων του Blockchain επιτρέπουν αυτόματες συναλλαγές, χωρίς να απαιτείται κεντρική αρχή ή ενδιάμεσος, ενισχύοντας την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα, ενώ μειώνουν τα ανθρώπινα λάθη και τις ευπάθειες. (Fu & Zhu, 2021)

Η καινοτομία της παρούσας εργασίας εντοπίζεται στην προσπάθεια να διερευνηθούν οι συνέργειες ανάμεσα στο Blockchain και τις άλλες αναδυόμενες τεχνολογίες, με στόχο την ενίσχυση της ασφάλειας των δεδομένων στις Έξυπνες Πόλεις. Παρότι η βιβλιογραφία αναγνωρίζει τη δυναμική του Blockchain, υπάρχουν ακόμη σημαντικά κενά, ιδιαίτερα στην ελληνόγλωσση βιβλιογραφία — τόσο ως προς τη συνεργασία του με άλλες τεχνολογίες, όσο και ως προς την πρακτική του εφαρμογή σε πραγματικές, μεγάλης κλίμακας αστικές συνθήκες. Ειδικά στον τομέα της διαχείρισης δεδομένων, οι δυνατότητες του Blockchain είναι μεν τεκμηριωμένες, όμως παραμένουν θεωρητικές σε μεγάλο βαθμό. Η παρούσα μελέτη έρχεται να καλύψει αυτό το κενό, υιοθετώντας μια πιο ολιστική προσέγγιση: δεν εστιάζει μόνο στις τεχνικές πτυχές της τεχνολογίας, αλλά λαμβάνει υπόψη και τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις της χρήσης της σε ένα τόσο σύνθετο και «ζωντανό» περιβάλλον, όπως αυτό μιας Έξυπνης Πόλης.

Στα επόμενα κεφάλαια, η Εργασία εστιάζει στο ευρύτερο οικοσύστημα των τεχνολογιών που στηρίζουν την ανάπτυξη των Έξυπνων Πόλεων, επιχειρώντας μια κριτική αποτίμηση: ποιες από αυτές αποτελούν βασικούς τεχνολογικούς άξονες και ποιες αντικατοπτρίζουν ευρύτερες κοινωνικοοικονομικές τάσεις που διαμορφώνουν τη σημερινή αστική πραγματικότητα; Η

πρακτική εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών θα αναδειχθεί μέσα από τη μελέτη περίπτωσης του Ντουμπάι που επιχειρεί να ισορροπήσει μεταξύ καινοτομίας και συμπεριληπτικότητας. Μέσα από αυτή την ανάλυση, αναζητείται μια βαθύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το Blockchain συνεργάζεται και συνυπάρχει με τις άλλες τεχνολογίες. Οι συνέργειες αυτές δεν αφορούν μόνο την τεχνολογική πλευρά της εξέλιξης, αλλά και το πώς χτίζονται πιο ασφαλείς, ανθεκτικές και, κυρίως, προσανατολισμένες στον πολίτη, πόλεις. Ο στόχος δεν είναι απλώς να παρουσιαστεί η δυναμική του Blockchain, αλλά να αναδειχθούν και τα όρια, οι προκλήσεις και τα ερωτήματα που εγείρονται από την υιοθέτησή του σε πραγματικό αστικό περιβάλλον. Στο μεταξύ, επιχειρείται και μια πρώτη αποτίμηση της ανάπτυξης του Blockchain στην Ελλάδα, με έμφαση σε πρακτικές εφαρμογές σε δήμους και δημόσιους φορείς. Παρουσιάζονται πέντε πιλοτικά έργα που αξιοποιούν την τεχνολογία για τη βελτίωση υπηρεσιών προς τον πολίτη, την ενίσχυση της διαφάνειας και τη δημιουργία θεσμικών θεμελίων για έξυπνες πόλεις σε εθνικό επίπεδο.

Ειδικότερα, ένα από τα κεντρικά ερωτήματα της έρευνας είναι: *«πώς το Blockchain μπορεί να ενισχύσει την κυβερνοασφάλεια και να προστατεύσει την ιδιωτικότητα των πολιτών;»*. Αυτή η θεματική θα εξεταστεί μέσα από την κατανόηση των τεχνικών πλεονεκτημάτων του Blockchain, όπως η αποκέντρωση, η διαφάνεια, η ακεραιότητα δεδομένων και η χρήση Έξυπνων Συμβολαίων. Ένα δεύτερο κρίσιμο ερώτημα είναι *«ποια είναι τα οφέλη από τη συνεργασία του Blockchain με άλλες τεχνολογίες, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, τα Μεγάλα Δεδομένα, το Υπολογιστικό Νέφος και η Τεχνητή Νοημοσύνη;»*. Παράλληλα, η εργασία θα αναλύσει αποτελεσματικές προτάσεις εφαρμογής σε Έξυπνες Πόλεις, αλλά και περιπτώσεις χρήσης Blockchain στην Έξυπνη Πόλη του Ντουμπάι, εστιάζοντας σε εφαρμογές όπως, η διασφάλιση των δεδομένων και τα Έξυπνα Συμβόλαια για αυτοματοποιημένες δημόσιες υπηρεσίες. Αυτές οι περιπτώσεις θα προσφέρουν απτά παραδείγματα των πλεονεκτημάτων της τεχνολογίας Blockchain σε πραγματικά περιβάλλοντα, ενισχύοντας την κατανόηση της πρακτικής της αξίας. Τέλος, η έρευνα θα εξετάσει τις προκλήσεις και τους περιορισμούς του Blockchain, όπως η υψηλή κατανάλωση ενέργειας, η περιορισμένη επεκτασιμότητα και οι νομικές αβεβαιότητες. Αυτές οι παράμετροι είναι ζωτικής σημασίας για την πλήρη κατανόηση των περιορισμών που μπορεί να θέσει η εν λόγω τεχνολογία στην υλοποίηση Έξυπνων Πόλεων.

## **Μεθοδολογία**

Η μεθοδολογία της παρούσας βασίζεται σε ενδελεχή βιβλιογραφική ανασκόπηση και αναλυτική ερμηνεία, με στόχο τη διερεύνηση των τεχνολογιών στις Έξυπνες Πόλεις. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων από πρωτογενείς και δευτερογενείς πηγές, περιλαμβάνοντας επιστημονικά άρθρα, βιβλία, αναφορές από διεθνείς οργανισμούς και μελέτες περιπτώσεων. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε σε πηγές που σχετίζονται με τεχνολογίες όπως το Blockchain, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), τα Μεγάλα Δεδομένα, το Υπολογιστικό Νέφος και η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI). Επίσης, αξιολογήθηκαν βέλτιστες πρακτικές από διεθνείς περιπτώσεις, ενώ η επιλογή του Εμράτου του Ντουμπάι έγινε επί τη βάση της επιτυχίας του και της πρωτοπορίας του τόσο στην εφαρμογή του Blockchain όσο και των υπόλοιπων τεχνολογιών.

Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν οργανώθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν σε θεματικές ενότητες για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των τεχνολογιών και των προκλήσεων των Έξυπνων Πόλεων που αυτές αντιμετωπίζουν. Παράλληλα, αναλύθηκαν οι συνέργειες μεταξύ των τεχνολογιών και οι πρακτικές εφαρμογές τους. Η κριτική ερμηνεία των δεδομένων βασίστηκε σε θεωρητικά πλαίσια που αφορούν την ασφάλεια, την ιδιωτικότητα και τη βιωσιμότητα. Η μεθοδολογία αυτή επιτρέπει τη, σε βάθος, κατανόηση του αντικειμένου και την αξιολόγηση των δυνατοτήτων και περιορισμών των τεχνολογιών στις Έξυπνες Πόλεις, με επίκεντρο αυτή του Blockchain.

Σε τελικό στάδιο, υπήρξαν περιορισμοί ως προς την διαθεσιμότητα υλικού για συγκεκριμένες πρακτικές και εφαρμογές τόσο της τεχνολογίας Blockchain όσο και του συνδυασμού της με άλλες τεχνολογίες, δεδομένου πως, αφετέρου, βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο και, αφετέρου, δεν έχουν μελετηθεί ακόμη εις βάθος.

## **Κεφάλαιο 1**

### **Οι Έξυπνες Πόλεις και η Υιοθέτηση Νέων Τεχνολογιών**

#### **1. Έξυπνες Πόλεις**

Οι πρώτες απόπειρες για την εφαρμογή της ιδέας της Έξυπνης Πόλης ξεκίνησαν τη δεκαετία του 1990 με τις «ψηφιακές πόλεις», οι οποίες εστίαζαν στη χρήση του Διαδικτύου και των Τεχνολογιών Πληροφοριών για τη βελτίωση των αστικών υπηρεσιών (Veselitskaya κ.ά, 2019). Η

πρώτη συστηματική προσέγγιση στην Έξυπνη Πόλη προήλθε από το έργο «Smart Earth» της IBM International (Business Machines Corporation) το 2008, το οποίο προώθησε την ιδέα της ολοκληρωμένης χρήσης δεδομένων για τη διαχείριση της αστικής ζωής (Fu & Zhu, 2021). Παρότι δεν έχει καθιερωθεί ένας κοινώς αποδεκτός ορισμός, από το 2009, ο όρος «Έξυπνη Πόλη» καθιερώθηκε για να περιγράψει, κυρίως, την εφαρμογή νέων τεχνολογιών, με σκοπό την ενίσχυση της διακυβέρνησης, των συστημάτων μετακίνησης και της ποιότητας ζωής. Η έννοια αυτή βασίζεται στις αρχές της καινοτομίας, της βιώσιμης ανάπτυξης και της κοινωνικής συμμετοχής, συνδυάζοντας τεχνολογίες αιχμής με ανθρωποκεντρικές προσεγγίσεις (Moura & De Abreu e Silva, 2019). Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι Έξυπνες Πόλεις λειτουργούν ως οικοσυστήματα όπου οι φυσικές, ψηφιακές και κοινωνικές υποδομές συνδυάζονται για τη δημιουργία βιώσιμων λύσεων που ανταποκρίνονται στις ανάγκες των πολιτών. Παραδείγματα εφαρμογών περιλαμβάνουν την έξυπνη διαχείριση ενέργειας, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την εφαρμογή καινοτόμων λύσεων στη μετακίνηση και την επικοινωνία. (Veselitskaya κ.ά, 2019)

Σύμφωνα με το μοντέλο που προτείνεται από πολλούς ερευνητές, μεταξύ των οποίων οι Moura και de Abreu e Silva (2019), οι Έξυπνες Πόλεις αναπτύσσονται, μη εξαντλητικά, σε έξι κύριες διαστάσεις:

- Έξυπνη Διακυβέρνηση: Εστιάζει στην ενίσχυση της αυτοματοποίησης των κυβερνητικών διαδικασιών και περιλαμβάνει εργαλεία όπως τα ανοιχτά δεδομένα (Open Data), τα οποία προάγουν τη συμμετοχή των πολιτών.
- Έξυπνη Οικονομία: Αναφέρεται στην υποστήριξη της καινοτομίας, της επιχειρηματικότητας και της οικονομικής βιωσιμότητας και περιλαμβάνει τη δημιουργία οικοσυστημάτων που ενισχύουν τις τοπικές οικονομίες μέσω τεχνολογιών αιχμής, όπως η κυκλική οικονομία.
- Έξυπνο Περιβάλλον: Περιλαμβάνει τη διαχείριση φυσικών πόρων μέσω πράσινων τεχνολογιών, αισθητήρων ρύπανσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Έξυπνη Κινητικότητα: Εστιάζει στη δημιουργία βιώσιμων συστημάτων μεταφορών, όπως αυτόνομα οχήματα και ευφυείς συγκοινωνίες, ενώ συστήματα κοινής χρήσης και έξυπνες εφαρμογές διευκολύνουν την κίνηση στις αστικές περιοχές.

- Έξυπνη Κοινωνία: Αναφέρεται στην ενίσχυση της κοινωνικής αλληλεπίδρασης μεταξύ πολιτών, εργατών και επισκεπτών και περιλαμβάνει την ανάπτυξη της ψηφιακή παιδείας και του ψηφιακού συστήματος υγείας.
- Έξυπνος Τρόπος Ζωής: Περιλαμβάνει τη βελτίωση της ποιότητας ζωής μέσω των βιώσιμων κατοικιών, της αστικής ανθεκτικότητας και της προώθηση της ασφάλειας.

Από την άλλη, η «ευφυΐα» μιας πόλης ορίζεται μέσα από τέσσερις βασικούς παράγοντες: τη γη, τις υποδομές, τους ανθρώπους και τη διακυβέρνηση. Αυτοί οι παράγοντες γίνονται «έξυπνοι» μέσω της διασύνδεσης και της ολοκλήρωσης των τεχνολογικών συστημάτων που αναπτύσσονται σε κάθε τομέα. Ο βαθμός «ευφυΐας» κάθε τομέα πρέπει να χαρακτηρίζεται από: α) αποτελεσματικότητα, για τη δημιουργία αξίας για τους πολίτες, β) περιβαλλοντική υπευθυνότητα, με στόχο την αποφυγή επιβάρυνσης του περιβάλλοντος, και γ) καινοτομία, μέσω της τεχνολογίας, για τη βελτίωση των υπηρεσιών και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος (Moura & De Abreu e Silva, 2019), αλλά και από τη συνεργασία μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, πανεπιστημίων και πολιτών (Batmetan & Kainde, 2022)

Εντός των Έξυπνων Πόλεων, συλλέγεται μεγάλος όγκος δεδομένων που εντοπίζεται στις εξής κατηγορίες: α) τα ανθρώπινα δεδομένα αφορούν προσωπικές πληροφορίες που παράγονται από τους κατοίκους και σχετίζονται κυρίως με ζητήματα ιδιωτικότητας· β) τα δεδομένα διαδικασιών παράγονται κατά την εκτέλεση έξυπνων υπηρεσιών και τις ρουτίνες συναλλαγών μεταξύ μηχανών ή ανθρώπων· γ) τα έγγραφα τα οποία χρησιμοποιούνται ή παράγονται κυρίως από κυβερνητικές εφαρμογές ή τον επιχειρηματικό τομέα, αποτελούν επίσης τη βάση για τον έλεγχο έξυπνων υπηρεσιών, όπως η διασφάλιση της ποιότητας ή τα σχέδια ανάκαμψης από καταστροφές. Τέλος, δ) τα γεω-χωρικά δεδομένα αποθηκεύονται και χρησιμοποιούνται από Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information System ή GIS) (Sarkheyli & Sarkheyli, 2019).

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται ειδικότερα οι τεχνολογίες που έχουν κάνει την εμφάνισή τους στις Έξυπνες Πόλεις ως συλλέκτες, αγωγοί και βάσεις επεξεργασίας πληροφοριών και δεδομένων και οι προκλήσεις που τις συνοδεύουν.

## 2. Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Ο Kevin Ashton χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τον όρο "Internet of Things" (IoT) το 1999, περιγράφοντάς το ως μια τεχνολογία που θα μπορούσε να αλλάξει τον κόσμο, ακόμα περισσότερο από ότι το ίδιο το Διαδίκτυο. Ωστόσο, ο όρος καθιερώθηκε επίσημα το 2005 από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union - ITU). Το 2010, η ITU έδωσε τον ακόλουθο ορισμό για το IoT: «*μια παγκόσμια υποδομή για την κοινωνία της πληροφορίας, η οποία παρέχει προηγμένες υπηρεσίες μέσω της σύνδεσης μεταξύ φυσικών και εικονικών αντικειμένων*». (Panahi Rizi & Hosseini Seno, 2022)

Με άλλα λόγια, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων ή Internet of Things και – σύμφωνα με έρευνες - βασικό εργαλείο των Έξυπνων Πόλεων, αποτελεί ένα δίκτυο που συνδέει διάφορες συσκευές με το Διαδίκτυο μέσω προκαθορισμένων πρωτοκόλλων, επιτρέποντας την έξυπνη αναγνώριση, παρακολούθηση, εποπτεία και διαχείριση (Agajo κ.ά., 2023). Αυτό σημαίνει ότι συσκευές, από έξυπνους θερμοστάτες μέχρι αυτοκίνητα, μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους. Στόχος αυτής της τεχνολογίας είναι η ευφυής αναγνώριση, ο εντοπισμός, η παρακολούθηση, η παρατήρηση και η διαχείριση κρίσιμων αστικών υποδομών, ώστε την καλύτερη διαχείριση πόρων και την βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών. (Lachow & Butler, 2016·Sarkheyli & Sarkheyli, 2019)

Σε ό,τι αφορά στην ενσωμάτωση της εν λόγω τεχνολογίας στη δημιουργία Έξυπνων Πόλεων, δεν έχει αναδειχθεί μία προσέγγιση που να κρίνεται ως η πλέον κατάλληλη. Ενδεικτικά, η έρευνα των Panahi Rizi και Hosseini Seno (2022) προτείνει το εξής αρχιτεκτονικό μοντέλο, τεσσάρων επιπέδων:

- *Πρώτο επίπεδο - Αισθητηριακό ή Φυσικό επίπεδο:* Αποτελεί το χαμηλότερο επίπεδο στην αρχιτεκτονική της εν λόγω τεχνολογίας και έχει ως κύριο ρόλο τη συλλογή δεδομένων από αντικείμενα, όπως αισθητήρες, ετερογενείς συσκευές και δίκτυα ασύρματων αισθητήρων. Επιπλέον, είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά των δεδομένων προς τα ανώτερα επίπεδα για περαιτέρω επεξεργασία.
- *Δεύτερο επίπεδο - Δικτυακό επίπεδο:* Αποτελεί τον πυρήνα της αρχιτεκτονικής IoT, βασιζόμενο σε πρωτεύοντα δίκτυα και τεχνολογίες επικοινωνίας, όπως το Διαδίκτυο, για τη σύνδεση των έξυπνων συσκευών και δικτύων.

- *Τρίτο επίπεδο - Υποστηρικτικό επίπεδο:* Είναι το επίπεδο που βρίσκεται κοντά στον χρήστη και είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία των δεδομένων μέσω υπολογιστικών τεχνικών, με σκοπό την υποστήριξη των εφαρμογών και υπηρεσιών του χρήστη.
- *Τέταρτο επίπεδο - Επίπεδο Εφαρμογών:* Είναι το ανώτατο επίπεδο της αρχιτεκτονικής και αναλαμβάνει την παροχή έξυπνων εφαρμογών και υπηρεσιών, προσαρμοσμένων στις ανάγκες των χρηστών. (Panahi Rizi & Hosseini Seno, 2022)

Στην σημερινή πραγματικότητα, ευρέως γνωστά είναι και τα έξυπνα κτίρια, τα οποία συνδυάζουν την τεχνολογία και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων για την αντιμετώπιση προκλήσεων στη διαχείρισή τους. (Agajo κ.ά., 2023) Αντίστοιχα, στα έξυπνα σπίτια, η διασύνδεση οικιακών συσκευών και επίπλων με το διαδίκτυο επιτρέπει την αυτόματη διαχείριση του σπιτιού, βελτιώνοντας την άνεση και την ευκολία στη ζωή των χρηστών και, ήδη, εφαρμόζεται σε πολλές χώρες. (Laghari κ.ά., 2025)

Στο πλαίσιο των Έξυπνων Πόλεων, η ενσωμάτωση δεδομένων μεταφορών και δημόσιων υποδομών στο διαδίκτυο επιτρέπει την ευφυή διαχείριση των πόλεων, ενισχύοντας την αποδοτικότητα των αστικών λειτουργιών και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των πολιτών. (Laghari κ.ά., 2025) Ενδεικτικά, στο πλαίσιο της μετακίνησης, οι αισθητήρες στους δρόμους μπορούν να εντοπίσουν κυκλοφοριακή συμφόρηση, ώστε να επιτραπεί η προσαρμογή φωτεινών σηματοδοτών (Al-Turjman & Lemayian, 2020). Παρόμοια, στην ενέργεια, τα έξυπνα δίκτυα (smart grids) επιτρέπουν την παρακολούθηση της κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο, ώστε να επιτραπεί η βελτιστοποίηση της παροχής ενέργειας, ανάλογα με τις ανάγκες κάθε περιοχής (Moura & De Abreu e Silva, 2019). Επιπλέον, ένα παράδειγμα χρήσης του IoT είναι η εφαρμογή έξυπνων καμερών παρακολούθησης και η χρήση drones για την ενίσχυση της φυσικής ασφάλειας μιας πόλης. Αυτές οι συσκευές, ενσωματωμένες σε δίκτυα IoT, μπορούν να συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Ένα τέτοιο σύστημα, όχι μόνο βελτιώνει την αντίδραση των αρχών ασφαλείας, αλλά ενισχύει και την πρόληψη, διατηρώντας ένα υψηλό επίπεδο δημόσιας ασφάλειας. Από την άλλη, η χρήση drones με ενσωματωμένους αισθητήρες IoT προσφέρει και δυνατότητες περιπολίας σε δύσβατες περιοχές, παρέχοντας άμεση επίβλεψη και δεδομένα σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών ή απειλών (Yu κ.ά., 2022).

Ακόμη και στην υγειονομική φροντίδα, συσκευές IoT, όπως οι φορητές συσκευές (wearables), παρακολουθούν ζωτικές λειτουργίες και παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες στους παρόχους υγείας, ενισχύοντας την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. (Mahela κ.ά., 2024) Πιο συγκεκριμένα, μέσα από ειδικές συσκευές, όπως π.χ. αισθητήρες ή εμφυτευμένα όργανα, συλλέγονται δεδομένα για τη λειτουργία του σώματος. Αν κάτι δεν πάει καλά, ο γιατρός ειδοποιείται άμεσα και μπορεί να αντιδράσει γρήγορα. Έτσι, αποφεύγονται περιττές νοσηλείες και επιπλοκές, αφού τα προβλήματα εντοπίζονται πιο έγκαιρα και η θεραπεία προσαρμόζεται άμεσα στις ανάγκες του ασθενούς. (Ghazal κ.ά., 2021)

### **3. Μεγάλα Δεδομένα**

Τα Μεγάλα Δεδομένα ή Big Data αναφέρονται σε πολύ μεγάλα, ποικιλόμορφα και σύνθετα σύνολα ακατέργαστων δεδομένων που είναι δύσκολο να αποθηκευτούν, να αναλυθούν και να απεικονιστούν χρησιμοποιώντας παραδοσιακές μεθόδους. Ο John Mashey εδραίωσε τον όρο στις αρχές της δεκαετίας του 2000, μέσω του μοντέλου των "3V's": το "Volume" (Όγκος) αναφέρεται στον τεράστιο όγκο δεδομένων που παράγεται συνεχώς, το "Velocity" (Ταχύτητα), στην ταχύτητα με την οποία δημιουργούνται και μεταδίδονται τα δεδομένα και το "Variety" (Ποικιλία) στην ποικιλία στις μορφές και τις πηγές των δεδομένων (De Oliveira & Bollen, 2023) Ο Kumar (2023) προσέθεσε 2 ακόμη "V": "Veracity" (Εγκυρότητα) και "Value" (Αξία), όροι οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την αποκάλυψη κρυφών μοτίβων και συσχετίσεων, μέσω προηγμένων τεχνικών ανάλυσης δεδομένων.

Παραδοσιακά, τα δεδομένα από μόνα τους δεν έχουν καμία αξία, μέχρι να υποβληθούν σε διαδικασίες, όπως ο καθαρισμός, η αξιολόγηση μοτίβων και η παρουσίαση αποτελεσμάτων. Η Εξόρυξη Δεδομένων (Data Mining) αναφέρεται στη διαδικασία εξαγωγής και αναγνώρισης χρήσιμων πληροφοριών από μεγάλα σύνολα δεδομένων και συχνά περιγράφεται ως «εξόρυξη γνώσης», καθώς επικεντρώνεται στην ανακάλυψη πολύτιμων μοτίβων, μέσα σε τεράστιες ποσότητες πληροφοριών. Τα Big Data, από την άλλη, αναφέρονται σε δεδομένα που ξεπερνούν τις δυνατότητες των παραδοσιακών τεχνικών επεξεργασίας, δημιουργώντας μεγάλες ερευνητικές προκλήσεις στον τομέα της ανάλυσης δεδομένων. Η αποτελεσματική διαχείριση και ανάλυσή τους απαιτεί προηγμένες τεχνικές, όπως Μηχανική Μάθηση και αλγορίθμους πρόβλεψης, ώστε να αντληθούν ουσιαστικές πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν

για την λήψη αποφάσεων και την βελτίωση των συστημάτων στις Έξυπνες Πόλεις. (Amandeep κ.ά., 2021)

Η Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων (Big Data Analytics - BDA) επικεντρώνεται σε τρεις βασικούς τομείς: τα ίδια τα δεδομένα, τις αναλυτικές τεχνικές που εφαρμόζονται σε αυτά και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων με τρόπο που δημιουργεί επιχειρηματική αξία. Οι επιστήμονες έχουν αναπτύξει διάφορες προσεγγίσεις για την ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων, επιτρέποντας την εξαγωγή γνώσης σε σύντομο χρονικό διάστημα. Αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούνται τόσο για την ανάλυση δεδομένων όσο και για την κατανόηση μοτίβων και τάσεων. Κάποιοι ερευνητές χρησιμοποιούν αναλυτικές μεθόδους για τη μοντελοποίηση της παρελθοντικής συμπεριφοράς, ενώ άλλοι επιδιώκουν την πρόβλεψη μελλοντικών εξελίξεων μέσω της ανάλυσης ιστορικών και τρεχόντων δεδομένων, βοηθώντας στη λήψη αποφάσεων με βάση τους επιχειρηματικούς στόχους. Η αξιοποίηση των δεδομένων σε ένα σύγχρονο ψηφιακό περιβάλλον, όπως αυτό των Έξυπνων Πόλεων, προϋποθέτει μια ολοκληρωμένη διαδικασία που ξεκινά από την ενοποίηση και τη συγκέντρωση πληροφοριών σε έναν κοινό αποθηκευτικό χώρο. Η αναπαράσταση αυτών των δεδομένων δημιουργεί τη βάση για την περαιτέρω επεξεργασία τους. Ακολουθεί η ανάλυση, η μοντελοποίηση και η πρόβλεψη, όπου εφαρμόζονται εξειδικευμένες μέθοδοι με στόχο την εξαγωγή χρήσιμων γνώσεων και τη διατύπωση εκτιμήσεων για μελλοντικές εξελίξεις. Καθοριστικό ρόλο σε αυτό το στάδιο έχει και η οπτικοποίηση των δεδομένων, η οποία επιτρέπει την παρουσίαση των πιο κρίσιμων ευρημάτων. Μέσα από αυτή την προσέγγιση, οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων έχουν τη δυνατότητα να εντοπίζουν πιο εύκολα μοτίβα, τάσεις ή αποκλίσεις που αξίζουν περαιτέρω διερεύνηση. (Selmy κ.ά., 2024)

Στο πλαίσιο των Έξυπνων Πόλεων, τα Big Data διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο, καθώς προσφέρουν νέες δυνατότητες στη λήψη αποφάσεων, στη διαχείριση πόρων και στη βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών. Για παράδειγμα, στον τομέα της βιομηχανίας, η χρήση ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων συμβάλλει στην πιο αποδοτική λειτουργία των παραγωγικών μονάδων, μειώνοντας παράλληλα το κόστος και την άσκοπη κατανάλωση πόρων. Στον χώρο της υγείας, τα δεδομένα αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν για την ανάπτυξη πιο εξατομικευμένων θεραπευτικών προσεγγίσεων, προσαρμοσμένων στις ανάγκες κάθε ασθενούς.

Σύμφωνα με μελετητές, η ανάγκη για την ανάπτυξη μιας διαδικασίας αξιολόγησης της αξίας των δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας, ιδιαίτερα στο πλαίσιο των Έξυπνων Πόλεων. Μια τέτοια διαδικασία θα πρέπει να είναι γενικευμένη και εφαρμόσιμη σε κάθε είδους δεδομένα, τομέα εφαρμογής ή οικονομικό κλάδο. Οι δήμοι θα μπορούσαν να κατανοήσουν τις αλυσίδες αξίας των δεδομένων που συλλέγουν, να τις αντιστοιχίσουν σε πρακτικά αποτελέσματα και να ποσοτικοποιήσουν την επίδρασή τους στις τοπικές κοινωνίες. Επιπλέον, ανάλογα με τις ηθικές και νομικές διαστάσεις, ορισμένα δεδομένα θα μπορούσαν να ανταλλαχθούν στις αναδυόμενες αγορές δεδομένων, δημιουργώντας νέες πηγές εσόδων για τις κοινότητες. Η διαφάνεια στην αξιολόγηση των δεδομένων θα μπορούσε να συμβάλει στη δημιουργία δίκαιων και υπεύθυνων οικοσυστημάτων δεδομένων, ενισχύοντας τη συνεργασία μεταξύ πόλεων που αντιμετωπίζουν κοινές προκλήσεις μέσω ψηφιακών ομοσπονδιών και χώρων δεδομένων. Τονίζεται, τέλος, η σημασία της εκπαίδευσης των πολιτών σχετικά με τη σημασία και τη δύναμη των προσωπικών τους δεδομένων που θα τους επιτρέψει να έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στον ψηφιακό τους κόσμο. (Tufis, 2021)

#### **4. Υπολογιστικό Νέφος**

Η προέλευση του Cloud Computing ή Υπολογιστικού Νέφους μπορεί να εντοπιστεί στην έννοια του “Utility Computing”, που προτάθηκε από τον John McCarthy το 1961. Ο McCarthy είχε αναφέρει ότι, αν ο υπολογιστής του μέλλοντος λειτουργούσε όπως τον φανταζόταν, τότε θα μπορούσε μια μέρα να οργανωθεί ως μια δημόσια υπηρεσία, παρόμοια με ένα τηλεφωνικό σύστημα. Αυτή η ιδέα έθεσε τις αρχικές βάσεις για το Cloud Computing και, το 2006, ο CEO της Google, Eric Schmidt, εισήγαγε επίσημα τον όρο, σηματοδοτώντας μια νέα εποχή στην τεχνολογία πληροφοριών. (Huawei Technologies Co., Ltd., 2023)

Ειδικότερα, οι υπηρεσίες Υπολογιστικού Νέφους διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες που εξυπηρετούν διαφορετικές ανάγκες των Έξυπνων Πόλεων. Στο επίπεδο της Έξυπνης Πόλης, η Υποδομή ως Υπηρεσία (Infrastructure as a Service - IaaS), παρέχει βασικές υποδομές, όπως διακομιστές και αποθηκευτικό χώρο, που επιτρέπουν την ανάπτυξη εφαρμογών, χωρίς την ανάγκη φυσικών εγκαταστάσεων. Μέσω της Πλατφόρμας ως Υπηρεσία (Platform as a Service - PaaS), οι δήμοι αποκτούν εργαλεία για την ανάπτυξη εφαρμογών, όπως τα συστήματα παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων. Στο ανώτερο επίπεδο, οι

Υπηρεσίες Λογισμικού ως Υπηρεσία (Software as a Service – SaaS) επιτρέπουν τη χρήση έτοιμων εφαρμογών για την εξυπηρέτηση πολιτών, όπως εφαρμογές πληροφόρησης για την κυκλοφορία ή τη διαχείριση απορριμμάτων. Το Υπολογιστικό Νέφος διευκολύνει την επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ενισχύει την αποδοτικότητα κόστους, καθώς μειώνονται οι απαιτήσεις για φυσικές υποδομές, ενώ παράλληλα προσφέρει δυνατότητες κλιμάκωσης, εξασφαλίζοντας την προσαρμογή των υπηρεσιών στις αυξανόμενες ανάγκες των αστικών περιοχών σε μία. (Borra, 2024)

Η χρήση του στις Έξυπνες Πόλεις υποστηρίζει κρίσιμες λειτουργίες, με κύρια αυτή της διαλειτουργικότητας, διασφαλίζοντας την επικοινωνία και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και φορέων. (Li κ.ά., 2013) Για παράδειγμα, καταπολεμά την υψηλή επεκτασιμότητα και διαλειτουργικότητα που απαιτεί η ετερογένεια των IoT συσκευών. Τα δεδομένα που συλλέγονται από αυτές τις συσκευές επεξεργάζονται και αποθηκεύονται μέσω του Υπολογιστικού Νέφους (Cloud Computing), το οποίο παρέχει μεγάλες δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας (Kudryavtsev κ.ά., 2023). Επιπλέον, τα προηγμένα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων αξιοποιούν δεδομένα που υφίστανται επεξεργασία στο Cloud, για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων. (Li κ.ά., 2013)

Ωστόσο, το μοντέλο του Νέφους από μόνο του δεν επαρκεί σε ευαίσθητα σε καθυστερήσεις περιβάλλοντα, όπως η τηλεϊατρική και η επικοινωνία μεταξύ οχημάτων, όπου ακόμη και χιλιοστά του δευτερολέπτου μπορεί να έχουν κρίσιμες επιπτώσεις. (Kudryavtsev κ.ά., 2023) Οι διακομιστές του, αν και ισχυροί, βρίσκονται πολύ μακριά από τις πηγές των δεδομένων, καθυστερώντας την επεξεργασία και την απόκριση σε αιτήματα που δημιουργούνται κοντά στην άκρη του δικτύου. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη για υβριδικές λύσεις, που συνδυάζουν το Cloud με αποκεντρωμένα μοντέλα, όπως το “Edge Computing” και το “Fog Computing”, για πιο αποτελεσματική και ταχύτερη επεξεργασία δεδομένων στις Έξυπνες Πόλεις.

Αρχικά, σε αντίθεση με το Cloud Computing που διαχειρίζεται δυναμικά τους πόρους μεταξύ του Νέφους και των IoT συσκευών, το Edge Computing αξιοποιεί συσκευές στο άκρο του δικτύου για την εκτέλεση συγκεκριμένων λειτουργιών (Kudryavtsev κ.ά., 2023). Πρόκειται για μια τεχνολογία που υποστηρίζει και επεκτείνει το Cloud, επεξεργαζόμενη τα δεδομένα όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πηγή τους. Διαθέτει μεγάλη υπολογιστική ισχύ, καθώς επεξεργάζεται

τεράστιες ποσότητες δεδομένων στο άκρο του δικτύου, προτού αυτά μεταφερθούν στους κεντρικούς διακομιστές του Cloud. Έτσι, το Edge λειτουργεί ως μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα υπολογισμού και επικοινωνίας που μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορους τομείς, όπως έξυπνα συστήματα μεταφορών, υγειονομική περίθαλψη και κοινωνικές υπηρεσίες. Η χρήση του βελτιώνει την απόδοση αυτών των εφαρμογών και μειώνει την καθυστέρηση από άκρο σε άκρο για εργασίες που απαιτούν άμεση απόκριση. (Heidari κ.ά., 2022)

Κάπου ανάμεσα σε Cloud και Edge, το Fog Computing επιτρέπει την τοπική εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων για εφαρμογές που απαιτούν μικρό χρόνο απόκρισης, φέρνοντας τις μονάδες υπολογισμού και ανάλυσης δεδομένων πιο κοντά στους τελικούς χρήστες. Ορίζεται ως ένα εκτεταμένο δίκτυο από ποικίλες ασύρματες και, συχνά, ανεξάρτητες και αποκεντρωμένες συσκευές που επικοινωνούν και συνεργάζονται μεταξύ τους και με το δίκτυο, για την εκτέλεση υπολογιστικών και αποθηκευτικών λειτουργιών, χωρίς τη μεσολάβηση τρίτων. (Heidari κ.ά., 2022) Σε μια έξυπνη και βιώσιμη πόλη, η χρήση του fog computing μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη διαχείριση της ενέργειας μέσω «έξυπνων δικτύων». Για παράδειγμα, έχει προταθεί ένα σύστημα όπου οι πολίτες μπορούν να αγοράζουν φθηνότερη ενέργεια μεταξύ τους, αντί να βασίζονται στο δίκτυο όταν οι τιμές είναι υψηλές. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια κόμβων fog που επεξεργάζονται τα δεδομένα τοπικά, μειώνοντας την καθυστέρηση και την ανάγκη για μετάδοση μεγάλου όγκου πληροφοριών στο cloud. Έτσι, η κατανάλωση ενέργειας γίνεται πιο έξυπνη, οικονομική και βιώσιμη. (Zahmatkesh & Al-Turjman, 2020)

## **5. Τεχνητή Νοημοσύνη**

Στη δεκαετία του 1930, ο Alan Turing ανέπτυξε τις πρώτες μηχανές Turing για αυτόματους μαθηματικούς υπολογισμούς, ανοίγοντας τον δρόμο για την ανάπτυξη της Τεχνητής Νοημοσύνης ή Artificial Intelligence (AI) (Alia κ.ά., 2023), η οποία ορίζεται ως «μηχανές ή υπολογιστές που μιμούνται γνωστικές λειτουργίες που οι άνθρωποι συνδέουν με το ανθρώπινο μυαλό, όπως η μάθηση και η επίλυση προβλημάτων». (Yigitcanlar κ.ά., 2020) Οι τεχνικές AI εφαρμόζονται σε υπολογιστικά συστήματα, ώστε τα τελευταία να κατανοήσουν, να αναλύσουν και να μάθουν από δεδομένα μέσω ειδικά σχεδιασμένων αλγορίθμων. Για παράδειγμα, με τις σύγχρονες τεχνολογίες AI, οι κάμερες μπορούν να αναγνωρίζουν αυτόματα πρόσωπα, οι υπολογιστές μπορούν να μεταφράζουν γλώσσες, η αναζήτηση και η εύρεση προϊόντων στο

ηλεκτρονικό εμπόριο έχει γίνει ευκολότερη, ενώ οι γιατροί μπορούν να λαμβάνουν υποστήριξη στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. (Mrabet & Sliti, 2024)

Η ΑΙ έχει εφαρμογές σε πολλούς τομείς, όπως η εκπαίδευση, το ηλεκτρονικό εμπόριο, η ρομποτική, η πλοήγηση, η υγειονομική περίθαλψη, η γεωργία, ο στρατός, το μάρκετινγκ και τα ηλεκτρονικά παιχνίδια. Μερικές από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες εφαρμογές ΑΙ περιλαμβάνουν τις μηχανές αναζήτησης όπως η Google, τα συστήματα προτάσεων ταινιών και σειρών, όπως εκείνο του Netflix, τα αυτόνομα οχήματα της Tesla και τα συστήματα αναγνώρισης ανθρώπινης ομιλίας, όπως η “Siri” και η “Alexa”. (Alia κ.ά., 2023)

Ως κλάδοι της Τεχνητής Νοημοσύνης, η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning - ML) και η Βαθιά Μάθηση (Deep Learning - DL) παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς διαμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο οι Έξυπνες Πόλεις επεξεργάζονται, αναλύουν και αξιοποιούν δεδομένα. Η Μηχανική Μάθηση επιτρέπει στους υπολογιστές να «μαθαίνουν» από την εμπειρία, αντλώντας πρότυπα και γνώσεις από μεγάλα σύνολα δεδομένων, χωρίς ρητή προγραμματιστική καθοδήγηση. Οι τεχνικές της είναι θεμελιώδεις για την κατανόηση σύνθετων φαινομένων και την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων σε αστικά περιβάλλοντα. Μέσα από την επιβλεπόμενη μάθηση, για παράδειγμα, επιτυγχάνεται πρόβλεψη και ταξινόμηση δεδομένων με εφαρμογές όπως η ρύθμιση της κυκλοφορίας ή η διαλογή απορριμμάτων. Η μη επιβλεπόμενη μάθηση, από την άλλη, επιτρέπει την ανακάλυψη κρυφών συσχετίσεων και προτύπων, ενισχύοντας την αποτελεσματική διανομή πόρων και την έγκαιρη ανίχνευση αποκλίσεων. Η ημι-επιβλεπόμενη μάθηση ενισχύει την ακρίβεια σε περιπτώσεις με περιορισμένα επισημασμένα δεδομένα, ενώ η ενισχυτική μάθηση διακρίνεται για την ικανότητά της να βελτιώνει τη λειτουργία συστημάτων μέσα από συνεχή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον — χαρακτηριστικό που καθιστά εφικτή την έξυπνη προσαρμογή υποδομών, όπως τα φανάρια κυκλοφορίας ή τα αυτόνομα οχήματα, σε πραγματικό χρόνο. Παρότι απαιτεί υψηλή υπολογιστική ισχύ, η ενισχυτική μάθηση προσφέρει ευελιξία και δυναμική απόκριση στις ανάγκες του εκάστοτε περιβάλλοντος. Συνολικά, οι τεχνικές Μηχανικής Μάθησης συνιστούν βασικό εργαλείο για την προώθηση της βιωσιμότητας και της αποδοτικότητας στις Έξυπνες Πόλεις, ενισχύοντας τον στρατηγικό σχεδιασμό και την ποιότητα ζωής των πολιτών. (Mrabet & Sliti, 2024)

Η Βαθιά Μάθηση (Deep Learning - DL), ως εξέλιξη της Μηχανικής Μάθησης, έχει αποκτήσει σημαντική αναγνώριση τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της ικανότητάς της να αυτοματοποιεί τη διαδικασία εκμάθησης και να αναπαριστά χαρακτηριστικά δεδομένων σε ιεραρχικά επίπεδα πολυπλοκότητας. Η DL βασίζεται σε νευρωνικά δίκτυα πολλαπλών επιπέδων, τα οποία επιτρέπουν την επεξεργασία απλών χαρακτηριστικών στα αρχικά επίπεδα και τη σταδιακή κατανόηση πιο σύνθετων εννοιών στα ανώτερα. Αυτή η πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική προσφέρει σημαντική ανθεκτικότητα σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους Μηχανικής Μάθησης, καθώς καθιστά δυνατή την εξαγωγή, μετασχηματισμό και ερμηνεία πληροφοριών χωρίς την ανάγκη χειροκίνητου προσδιορισμού των χαρακτηριστικών. Ως εκ τούτου, η DL αποδεικνύεται εξαιρετικά αποτελεσματική στην ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων και στην αντιμετώπιση περίπλοκων προβλημάτων που σχετίζονται με το αστικό περιβάλλον και τη λειτουργία των Έξυπνων Πόλεων (Sharma κ.ά., 2021).

Σε σύγκριση με τη συμβατική Μηχανική Μάθηση, η DL απαιτεί μεγάλες ποσότητες δεδομένων για να επιτύχει υψηλή απόδοση και ακρίβεια, γεγονός που συνδέεται άμεσα με τη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των Big Data. Ένα από τα πλέον αξιοσημείωτα πλεονεκτήματά της είναι η ικανότητά της να εντοπίζει και να προλαμβάνει επιθέσεις κακόβουλου λογισμικού σε πραγματικό χρόνο, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, ενώ παράλληλα περιορίζει τα ψευδώς θετικά αποτελέσματα, ενισχύοντας την ασφάλεια των συστημάτων. Επιπλέον, προσφέρει τη δυνατότητα κατηγοριοποίησης διαφόρων τύπων απειλών, διευκολύνοντας την εφαρμογή στοχευμένων μέτρων προστασίας. Εκεί όπου, παραδοσιακά, απαιτούνταν εξειδικευμένοι αναλυτές για την αξιολόγηση τέτοιων κινδύνων, η Βαθιά Μάθηση επιτρέπει την αυτοματοποιημένη αναγνώριση και ανάλυση πληροφοριών, συνεισφέροντας ουσιαστικά στην ενίσχυση της κυβερνοασφάλειας των έξυπνων αστικών υποδομών (Chen κ.ά., 2021).

Σε ό,τι αφορά στην ενσωμάτωσή της στις Έξυπνες Πόλεις, η AI έχει μεταμορφώσει ριζικά τη λήψη αποφάσεων, παρέχοντας συστήματα πρόβλεψης που βελτιώνουν τη διαχείριση κρίσεων, την κατανομή πόρων και την προσαρμογή πολιτικών στις ανάγκες των πολιτών. Στη βάση αυτής της καινοτομίας, βρίσκεται η δυνατότητα της AI να διαχειρίζεται πολύπλοκα συστήματα, με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. (Tayeb κ.ά., 2024) Ειδικότερα, στην διακυβέρνηση, η Τεχνητή Νοημοσύνη ενισχύει την αλληλεπίδραση μεταξύ πολιτών και

διοίκησης, προωθώντας πιο συμμετοχικές μορφές διακυβέρνησης. Εφαρμογές όπως οι ψηφιακοί βοηθοί επιτρέπουν στους πολίτες να λαμβάνουν πληροφορίες για δημόσιες υπηρεσίες ή να υποβάλλουν αιτήματα σε πραγματικό χρόνο. Στον τομέα της εκπαίδευσης, προσφέρει εξατομικευμένες πλατφόρμες μάθησης και έξυπνα συστήματα διδασκαλίας, βελτιώνοντας τις μεθόδους εκπαίδευσης και τη διοικητική διαχείριση. Στις μεταφορές, βοηθά στη ρύθμιση της κυκλοφορίας, την πρόβλεψη βλαβών και τη βελτιστοποίηση των δημόσιων συγκοινωνιών, ενώ είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη αυτόνομων οχημάτων. Στην υγειονομική περίθαλψη, επιτρέπει τη χρήση διαγνωστικών εργαλείων ανάλυσης δεδομένων για την πρόβλεψη ασθενειών και εξατομικευμένων θεραπειών, βελτιώνοντας την ποιότητα της περίθαλψης και μειώνοντας το κόστος των διαδικασιών. Στην ασφάλεια, χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη και αποτροπή εγκληματικών δραστηριοτήτων, μέσω αναλύσεων εγκληματικών προτύπων και προηγμένων συστημάτων επιτήρησης.

Στην περιβαλλοντική διαχείριση, συμβάλλει στην παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και του νερού, στη διαχείριση αποβλήτων και στην πρόβλεψη φυσικών καταστροφών, επιτρέποντας προληπτικά μέτρα για τη διατήρηση ενός υγιούς αστικού περιβάλλοντος. (Yigitcanlar κ.ά., 2020) Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι, επίσης, τα έξυπνα δίκτυα ενέργειας, όπου η AI συμβάλλει στην πρόβλεψη της ζήτησης και την αποδοτικότερη κατανομή ενέργειας, ήτοι στην λήψη αποφάσεων. Οι αλγόριθμοι προβλέπουν τη ζήτηση ανά περιοχή, εξασφαλίζοντας τη σταθερότητα του δικτύου και περιορίζοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μέσω της ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. (Gourisaria κ.ά.,2023)

Στα έξυπνα κτίρια, βελτιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας, τη ρύθμιση του κλίματος και τα μέτρα ασφαλείας, μειώνοντας τα λειτουργικά κόστη. Στους τομείς του τουρισμού και της ψυχαγωγίας, η AI προσφέρει εξατομικευμένες εμπειρίες, εικονικές περιηγήσεις και έξυπνες υπηρεσίες, βελτιώνοντας τη συνολική εμπειρία των επισκεπτών και των κατοίκων. Η ευρεία εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στις Έξυπνες Πόλεις μεταμορφώνει το αστικό περιβάλλον, βελτιώνοντας την καθημερινή ζωή των πολιτών και ενισχύοντας τη βιωσιμότητα και την αποδοτικότητα των υποδομών. Τέλος, η AI ενισχύει τη συμμετοχή των πολιτών σε αποφάσεις που τους αφορούν μέσω εργαλείων συλλογής και ανάλυσης δεδομένων από μέσα κοινωνικής

δικτύωσης. Έτσι, οι Έξυπνες Πόλεις μπορούν να αναγνωρίσουν άμεσα τις ανάγκες των πολιτών και να προσαρμόσουν ανάλογα τις πολιτικές τους. (Yigitcanlar κ.ά., 2020)

## **6. Η Ανάγκη για Ενισχυμένα Μέτρα Κυβερνοασφάλειας στις Έξυπνες Πόλεις**

Εν κατακλείδι, η ταχεία υιοθέτηση τεχνολογιών έχει προσφέρει σημαντικές δυνατότητες για τη βελτίωση της λειτουργίας των Έξυπνων Πόλεων. Ωστόσο, η ευρεία χρήση τους συνοδεύεται, όπως είναι φυσικό, από σημαντικές προκλήσεις, μεταξύ των οποίων ξεχωρίζουν αυτές της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας. Αυτές οι Τεχνολογίες συλλέγουν, επεξεργάζονται και αποθηκεύουν τεράστιους όγκους δεδομένων, τα οποία είναι ευάλωτα σε παραβιάσεις και κυβερνοεπιθέσεις.

Κατά πρώτον, οι συσκευές IoT είναι συχνά ευάλωτες σε επιθέσεις, καθώς δεν διαθέτουν πάντα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας, όπως κρυπτογράφηση ή ενημερώσεις ασφαλείας. Αυτή η αδυναμία έχει οδηγήσει σε σημαντικές κυβερνοεπιθέσεις, με πιο χαρακτηριστική την περίπτωση του «Mirai botnet», το οποίο, το 2016, εκμεταλλεύτηκε μη προστατευμένες συσκευές IoT, για τη δημιουργία μιας από τις μεγαλύτερες επιθέσεις Distributed Denial of Service (DDoS) που έχουν καταγραφεί. Το Mirai botnet επηρέασε γνωστές πλατφόρμες όπως το Twitter και το Netflix, υποδεικνύοντας πόσο ευάλωτα μπορεί να είναι τα συστήματα που βασίζονται στο IoT (Zhang κ.ά, 2020). Οι επιθέσεις τύπου DDoS δεν είναι οι μόνες απειλές κυβερνοασφάλειας. Το IoT μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως μέσο για την παράνομη πρόσβαση σε ευρύτερα δίκτυα, συμπεριλαμβανομένων των δημόσιων υπηρεσιών. Ένα παράδειγμα είναι η πιθανότητα εισβολής σε έξυπνα δίκτυα ενέργειας, όπου κακόβουλοι χρήστες μπορούν να διαταράξουν τη λειτουργία του συστήματος, προκαλώντας εκτεταμένα προβλήματα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. (Zubair κ.ά, 2023)

Οι προκλήσεις των Big Data αφορούν, επίσης, μεταξύ άλλων, την ασφάλεια, καθώς οι μεγάλες ποσότητες δεδομένων στις επιχειρήσεις και τις Έξυπνες Πόλεις αποτελούν στόχο κυβερνοεπιθέσεων. (Tanweer, 2021) Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διαρροή 167 εκατομμυρίων λογαριασμών LinkedIn και 360 εκατομμυρίων email και κωδικών χρηστών MySpace το 2016, που δημοσιεύτηκαν στο Dark Web (Amandeep κ.ά., 2021). Η ανάγκη για προηγμένες τεχνικές πιστοποίησης και κρυπτογράφησης είναι επιτακτική, ώστε να διασφαλιστεί η προστασία των δεδομένων από κακόβουλες ενέργειες. Επιπλέον, η μεταφορά

δεδομένων μέσω διαφόρων καναλιών επικοινωνίας μπορεί να οδηγήσει σε αναντιστοιχίες, καθώς η πληροφορία που προέρχεται από διαφορετικές πηγές πρέπει να εναρμονιστεί και να επαληθευτεί για την ακρίβειά της. (Tanweer, 2021)

Η διασφάλιση της εμπιστευτικότητας, της ακεραιότητας και της διαθεσιμότητας των δεδομένων αποτελεί θεμελιώδη στόχο για την ασφάλεια και στο Cloud. Ειδικότερα, οι απειλές περιλαμβάνουν επιθέσεις μέσω των δικτύων, παραβιάσεις στα πρωτόκολλα ασφαλείας και απώλεια ελέγχου στα δεδομένα λόγω εξωτερικών παρόχων. (Tianfield, 2012) Το 2012, το Dropbox υπέστη παραβίαση δεδομένων που αποκάλυψε τις διευθύνσεις email και τους κωδικούς πρόσβασης περισσότερων από 68 εκατομμυρίων χρηστών. (Chaitanya κ.ά., 2024)

Η AI διαθέτει, επίσης, τρωτά σημεία, τα οποία μπορούν να εκμεταλλευτούν τρίτοι, παρακάμπτοντας τα συστήματα ανίχνευσης απειλών ή/και αναγκάζοντας το σύστημα να κάνει εσφαλμένες προβλέψεις ή ταξινομήσεις. (Familoni, 2024). Η γνωστή διαδικτυακή αγορά του IKEA, TaskRabbit, είναι μία πλατφόρμα που έφερε σε επαφή επαγγελματίες με πελάτες ήταν ένας από τους στόχους των εγκληματιών που χρησιμοποίησαν Τεχνητή Νοημοσύνη για να παραβιάσουν τις επιχειρήσεις τον Απρίλιο του 2018. Η εταιρεία ανακάλυψε ότι πάνω από 3,75 εκατομμύρια αρχεία με προσωπικά και οικονομικά στοιχεία επηρεάστηκαν από την παραβίαση. (Dinh, 2020)

Από την άλλη πλευρά, οι τεχνολογίες αντιμετωπίζουν μία ακόμη κοινή πρόκληση: αυτήν της ιδιωτικότητας των δεδομένων. Αρχικά, οι συσκευές IoT συχνά συλλέγουν προσωπικά δεδομένα, όπως τοποθεσία, συνήθειες και προτιμήσεις των πολιτών, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εμπορικούς σκοπούς ή, στη χειρότερη περίπτωση, να καταλήξουν σε μη εξουσιοδοτημένα χέρια. Το πρόβλημα επιδεινώνεται από την έλλειψη διαφάνειας στον τρόπο διαχείρισης των δεδομένων. Οι πολίτες συχνά δεν γνωρίζουν τι δεδομένα συλλέγονται, ποιος τα επεξεργάζεται και για ποιο σκοπό, που οδηγεί σε μειωμένη εμπιστοσύνη από την πλευρά τους και μπορεί να επηρεάσει την αποδοχή του IoT. (Habibzadeh κ.ά., 2019)

Το ίδιο συμβαίνει και με τη συγκέντρωση Μεγάλων Δεδομένων σε κεντρικά αποθετήρια, η οποία εντείνει τις ανησυχίες για μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση και καταστροφικές διαρροές δεδομένων. (Kumar κ.ά., 2023)

Επίσης, το Cloud Computing έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ιδιωτικότητα, καθώς η φύση του που περιλαμβάνει την αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων σε απομακρυσμένους διακομιστές, δημιουργεί ανησυχίες για την προστασία των προσωπικών πληροφοριών. Οι χρήστες έχουν περιορισμένο έλεγχο πάνω στα δεδομένα τους, καθώς αυτά μεταφέρονται και αποθηκεύονται σε υποδομές που διαχειρίζονται τρίτοι πάροχοι. (Abdulsalam & Hedabou, 2022)

Αλλά και η χρήση της AI στις Έξυπνες Πόλεις ενισχύει τις ανησυχίες για την ιδιωτικότητα, καθώς τα συστήματα συλλέγουν και αναλύουν μεγάλα σύνολα προσωπικών δεδομένων. Οι εφαρμογές AI, όπως η αναγνώριση προσώπου και οι έξυπνοι βοηθοί, βασίζονται σε δεδομένα που συχνά περιλαμβάνουν ευαίσθητες πληροφορίες για τους πολίτες και έλλειψη διαφάνειας στις αποφάσεις των AI μοντέλων. Αυτή η πρακτική μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες επιπτώσεις, όπως η ανεξέλεγκτη παρακολούθηση ή η δημιουργία κοινωνικών διακρίσεων μέσω μεροληπτικών αλγορίθμων. (Ilieva & Stoilova, 2024)

Κατά συνέπεια, η ανάγκη για λήψη μέτρων κυβερνοασφάλειας και προστασίας δεδομένων είναι πιο επιτακτική από ποτέ. Χωρίς ισχυρά μέτρα προστασίας, οι παραβιάσεις δεδομένων μπορούν να οδηγήσουν σε απώλεια εμπιστοσύνης από τους πολίτες και να υπονομεύσουν τη βιωσιμότητα αυτών των τεχνολογιών. Η χρήση τεχνικών όπως η κρυπτογράφηση, η τακτική ενημέρωση συστημάτων και η εφαρμογή πολιτικών διαφάνειας στη διαχείριση δεδομένων είναι κρίσιμες για την διατήρηση της ασφάλειας. Μόνο μέσα από τη συνδυασμένη δράση των τεχνολογιών και μέτρων προστασίας, οι Έξυπνες Πόλεις μπορούν να επιτύχουν τον στόχο τους: τη δημιουργία ενός ασφαλούς, βιώσιμου και λειτουργικού περιβάλλοντος για τους πολίτες τους.

Το Blockchain, με τις δυνατότητές του για αμετάβλητα δεδομένα και αποκεντρωμένη αποθήκευση, προτείνεται ως βασικό εργαλείο για την ενίσχυση της ασφάλειας. Με τις εγγενείς δυνατότητες του για κατανεμημένη αποθήκευση, αμετάβλητα δεδομένα και αυτοματοποιημένες λειτουργίες, το Blockchain μπορεί να λειτουργήσει ως θεμέλιο για την ενίσχυση της εμπιστοσύνης και της ασφάλειας στις Έξυπνες Πόλεις (Fu & Zhu, 2021)

## Κεφάλαιο 2

### Blockchain για την Ασφάλεια στις Έξυπνες Πόλεις

Το Blockchain προτάθηκε από τον Satoshi Nakamoto, το 2008, ως η βασική τεχνολογία πίσω από το Bitcoin και άλλα κρυπτονομίσματα (Yu κ.ά.,2022) και αποτελεί μια καινοτόμα μορφή κατανεμημένου καθολικού (distributed ledger technology), η οποία λειτουργεί ως ένα ανοικτό, ασφαλές και ιδιαίτερα ανθεκτικό ψηφιακό αρχείο καταγραφής συναλλαγών μεταξύ δύο ή περισσότερων μερών. Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της τεχνολογίας είναι η ικανότητά της να επιτρέπει την πραγματοποίηση συναλλαγών με αξιοπιστία και διαφάνεια, χωρίς την ανάγκη εμπλοκής παραδοσιακών ενδιάμεσων φορέων, όπως είναι οι τράπεζες ή οι δημόσιες αρχές. Στην πράξη, το Blockchain λειτουργεί ως ένα αποκεντρωμένο σύστημα, όπου κάθε νέα συναλλαγή εγγράφεται σε ένα μπλοκ (block), το οποίο στη συνέχεια συνδέεται με προηγούμενα μπλοκ, σχηματίζοντας μια αλυσίδα. Κάθε μπλοκ περιλαμβάνει επίσης ένα κρυπτογραφικό αποτύπωμα (hash) του προηγούμενου, εξασφαλίζοντας ότι οποιαδήποτε τροποποίηση απαιτεί αλλαγή σε ολόκληρη την αλυσίδα, γεγονός που καθιστά το σύστημα εξαιρετικά ανθεκτικό σε επεμβάσεις ή παραποιήσεις. (Κάτης, 2024)

Ειδικότερα, σύμφωνα με την M.K.O. Hellenic Blockchain Hub, «το Blockchain είναι ένας κατανεμημένος λογιστικός κατάλογος (distributed ledger), δημόσιος ή ιδιωτικός, στον οποίο συναλλαγές ή δεδομένα συνδέονται μεταξύ τους σε συνδεδεμένα μπλοκ δεδομένων, καθιστώντας τα πρακτικά αμετάβλητα και αδιαμφισβήτητα από όλους τους κατανεμημένους κόμβους (nodes) στους οποίους έχει γίνει η ενημέρωση του καταλόγου» και «τα μπλοκ αυτά είναι κρυπτογραφημένα με τον αλγόριθμο SHA-256 secure hash algorithm, ο οποίος κρυπτογραφεί μαθηματικά και κατακερματίζει την πληροφορία του μπλοκ, με τρόπο ο οποίος να μην μπορεί να είναι αναστρέψιμος (one way encryption), πάντα με ένα σταθερό αποτέλεσμα, είτε τα δεδομένα που καταχωρήσαμε είναι ένας χαρακτήρας είτε το κείμενο από ένα ολόκληρο βιβλίο». (Hellenic Blockchain Hub, 2024)

#### 1. Χαρακτηριστικά του Blockchain

Τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Blockchain είναι η αποκέντρωση, η διαφάνεια και η ακεραιότητα. Αρχικά, η αποκέντρωση αποτελεί θεμέλιο και την διαφοροποιεί ουσιαστικά από τα παραδοσιακά, κεντρικά πληροφοριακά συστήματα. Σε αντίθεση με τις συμβατικές βάσεις

δεδομένων που λειτουργούν υπό τον έλεγχο ενός κεντρικού διαχειριστή, το Blockchain οργανώνεται ως ένα κατακεντρωμένο δίκτυο κόμβων, όπου κάθε κόμβος διατηρεί ένα πλήρες και ενημερωμένο αντίγραφο του κατακεντρωμένου λογιστικού καταλόγου. Αυτή η αρχιτεκτονική εξαλείφει την ανάγκη για έναν κεντρικό διαμεσολαβητή, μειώνοντας σημαντικά τόσο τα πιθανά σημεία αποτυχίας όσο και τις εξαρτήσεις από ένα και μόνο σύστημα ή οργανισμό. Κατά συνέπεια, το αποκεντρωμένο μοντέλο ενισχύει την ανθεκτικότητα του δικτύου, καθώς ακόμη και αν ένας κόμβος τεθεί εκτός λειτουργίας, η συνολική λειτουργικότητα του Blockchain παραμένει ανεπηρέαστη (Xihua & Goyal, 2022).

Παράλληλα, η διαφάνεια ενισχύει τη λειτουργική αξιοπιστία του Blockchain. Όλες οι συναλλαγές καταγράφονται στον κατακεντρωμένο λογιστικό κατάλογο, ο οποίος είναι διαρκώς προσβάσιμος από όλους τους κόμβους του δικτύου. Παρόλο που οι πληροφορίες αυτές είναι κρυπτογραφημένες, η καταγραφή τους είναι δημόσια, αμετάβλητη και επαληθεύσιμη. Αυτή η δυνατότητα διαρκούς επαλήθευσης, χωρίς την ανάγκη ενός κεντρικού φορέα ή τρίτου μεσολαβητή, ενισχύει την εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων και προσδίδει στο σύστημα έναν υψηλό βαθμό διαφάνειας και λογοδοσίας. (Theodorou & Sklavos, 2019)

Η ακεραιότητα, από την άλλη, αποτελεί ένα από τα πλέον θεμελιώδη και ισχυρά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Blockchain, εξασφαλίζοντας ότι οι καταγεγραμμένες πληροφορίες δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή να διαγραφούν. Το χαρακτηριστικό αυτό επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης κρυπτογραφικών αποτυπωμάτων (hashes), τα οποία λειτουργούν ως μοναδικοί κωδικοί ταυτοποίησης κάθε μπλοκ. Κάθε νέο μπλοκ περιλαμβάνει το αποτύπωμα του προηγούμενου, μέσω ενός μηχανισμού συναίνεσης, δημιουργώντας μια αλυσίδα που βασίζεται σε αλληλουχία εμπιστοσύνης και επαλήθευσης. Σε περίπτωση που επιχειρηθεί οποιαδήποτε τροποποίηση σε μια συναλλαγή, το αποτύπωμα θα μεταβληθεί, οδηγώντας σε ασυμφωνία με το επόμενο μπλοκ και κατά συνέπεια στην ανάγκη εκ νέου υπολογισμού όλων των επόμενων αποτυπωμάτων, γεγονός που απαιτεί τεράστια υπολογιστική ισχύ και καθιστά την παραποίηση σχεδόν αδύνατη. (Theodorou & Sklavos, 2019) Ταυτόχρονα, ακόμη και στην περίπτωση παραβίασης, το σύστημα παραμένει ασφαλές, εφόσον το 51% των κόμβων διατηρεί την ορθή και αυθεντική εκδοχή του λογιστικού καταλόγου. (Xihua & Goyal, 2022).

## 2. Μηχανισμοί Συναίνεσης

Ως προς τους τύπους αλγορίθμων συναίνεσης, οι πιο διαδεδομένοι είναι οι Proof-of-Work (PoW) και Proof-of-Stake (PoS). Ο Proof-of-Work (PoW) είναι ο πρώτος αλγόριθμος συναίνεσης που χρησιμοποιήθηκε από το Bitcoin και πολλά άλλα κρυπτονομίσματα. Σε αυτόν, η διαδικασία εξόρυξης (mining) απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ, καθώς οι εξορύκτες (miners) εκτελούν πολλαπλές δοκιμές για να βρουν τη σωστή λύση και να προσθέσουν ένα νέο μπλοκ στην αλυσίδα. Για να γίνει αποδεκτό το νέο μπλοκ, όλοι οι κόμβοι του δικτύου πρέπει να συμφωνήσουν ότι το hash (κρυπτογραφικό αποτύπωμα) είναι έγκυρο.

Ο μηχανισμός Proof-of-Stake (PoS) αναπτύχθηκε ως εναλλακτική λύση στο PoW, με στόχο να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας και να αυξήσει την αποδοτικότητα των συναλλαγών. Σε αυτόν, τα μπλοκ δεν εξορύσσονται μέσω υπολογιστικής ισχύος, αλλά επικυρώνονται από τους συμμετέχοντες βάσει του αριθμού των νομισμάτων που έχουν δεσμεύσει (stakes), με την προσθήκη ενός παράγοντα τυχαιότητας. Αυτό καθιστά το PoS πιο αποδοτικό και φιλικό προς το περιβάλλον, καθώς δεν απαιτεί τεράστια υπολογιστική ισχύ. Η επιλογή μεταξύ PoW και PoS εξαρτάται από τις ανάγκες ασφάλειας, λειτουργικότητας και επεκτασιμότητας κάθε εφαρμογής Blockchain, με το PoS να κερδίζει έδαφος ως πιο βιώσιμη και ενεργειακά αποδοτική λύση για το μέλλον. (El Majdoubi κ.ά, 2020)

Ακόμη, οι μηχανισμοί Proof-of-Importance (PoI) και Proof-of-Authority (PoA) είναι δύο διαφορετικοί μηχανισμοί συναίνεσης που χρησιμοποιούνται στο Blockchain για την επικύρωση συναλλαγών και τη δημιουργία νέων μπλοκ. Στον PoI, οι κόμβοι που έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στις συναλλαγές του δικτύου αποκτούν το δικαίωμα να δημιουργούν νέα μπλοκ. Η επιλογή βασίζεται σε παράγοντες όπως η συχνότητα συναλλαγών, το ποσό των διακινούμενων κεφαλαίων και η συνολική δραστηριότητα στο δίκτυο. Αυτός ο μηχανισμός χρησιμοποιείται συχνά σε ιδιωτικά ή εταιρικά Blockchain που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια και όπου μόνο συγκεκριμένοι εξουσιοδοτημένοι κόμβοι έχουν το δικαίωμα να δημιουργούν νέα μπλοκ και να ενισχύουν το Blockchain. (Ridic κ.ά., 2022)

## 3. Τύποι Blockchain

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι Blockchain και ο καθένας εξυπηρετεί διαφορετικές ανάγκες, ανάλογα με τον τρόπο που θέλει να λειτουργήσει ένα δίκτυο ή ένας οργανισμός. Τα δημόσια

Blockchain, όπως αυτά του Bitcoin ή του Ethereum, είναι εντελώς ανοιχτά σε όλους. Ο καθένας μπορεί να συμμετέχει, να επιβεβαιώνει συναλλαγές και να έχει πρόσβαση στο σύστημα. Στην πράξη, λειτουργούν σαν ένα ανοιχτό, παγκόσμιο λογιστικό βιβλίο, στο οποίο κάθε συμμετέχων διατηρεί ένα αντίγραφο και συνεισφέρει στην ασφάλεια και την αξιοπιστία του δικτύου. Οι χρήστες δεν αποκαλύπτουν την ταυτότητά τους, αλλά οι συναλλαγές μπορούν να εντοπιστούν μέσω των δημόσιων διευθύνσεών τους.

Στην περίπτωση των κοινοπρακτικών Blockchain, η συμμετοχή περιορίζεται σε ομάδες ή οργανισμούς που συνεργάζονται για έναν κοινό σκοπό. Το δίκτυο δεν είναι ανοιχτό σε όλους, αλλά μόνο στα μέλη που έχουν προσκληθεί ή επιλεγεί να συμμετάσχουν. Οι αποφάσεις λαμβάνονται κυρίως από τους σημαντικότερους φορείς, οι οποίοι και έχουν την ευθύνη για την επικύρωση των συναλλαγών. Παρόλο που διατηρείται μια μορφή αποκέντρωσης, το σύστημα λειτουργεί με συγκεκριμένους κανόνες πρόσβασης και πιο περιορισμένο έλεγχο. Εδώ, η ταυτότητα των συμμετεχόντων είναι γνωστή εντός του δικτύου και η διαχείριση των δεδομένων παραμένει στα χέρια εκείνων που έχουν εξουσιοδοτηθεί.

Τα ιδιωτικά Blockchain, από την άλλη, λειτουργούν με εντελώς διαφορετική λογική, καθώς βασίζονται σε έναν κεντρικό διαχειριστή. Αυτός έχει τον έλεγχο του δικτύου, αποφασίζει ποιος συμμετέχει, τι δικαιώματα έχει κάθε χρήστης και πώς εξελίσσεται το σύστημα. Η πρόσβαση σε τέτοια δίκτυα είναι αυστηρά περιορισμένη και απαιτεί έγκριση, ενώ οι συμμετέχοντες δεν έχουν δυνατότητα άμεσης διασύνδεσης μεταξύ τους. Πρόκειται, ουσιαστικά, για κλειστά περιβάλλοντα που δίνουν έμφαση στον έλεγχο και την ασφάλεια των εσωτερικών διαδικασιών. (El Majdoubi κ.ά., 2020).

Τέλος, τα υβριδικά Blockchain προσπαθούν να συνδυάσουν τα θετικά στοιχεία των παραπάνω μοντέλων. Σε αυτά, υπάρχει ένας βασικός διαχειριστής που ελέγχει το σύστημα, αλλά κάποιες πληροφορίες είναι προσβάσιμες και από το ευρύτερο κοινό. Έτσι, συνδυάζουν τη διαφάνεια των δημόσιων Blockchain με τον έλεγχο και την ευελιξία των ιδιωτικών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το IBM Food Trust, μια πλατφόρμα που επιτρέπει τον έλεγχο και την ιχνηλασιμότητα των τροφίμων στην εφοδιαστική αλυσίδα, με τρόπο που εξασφαλίζει τόσο την εμπιστοσύνη των καταναλωτών όσο και τον συντονισμό των εμπλεκόμενων επιχειρήσεων. (Gao κ.ά., 2023)

#### **4. Ασύμμετρη Κρυπτογράφηση και Ψηφιακές Υπογραφές**

Ένα από τα θεμελιώδη στοιχεία για τη διασφάλιση της ακεραιότητας, της αυθεντικότητας και της εμπιστευτικότητας των δεδομένων, αποτελεί η χρήση ψηφιακών υπογραφών στις συναλλαγές που πραγματοποιούνται μέσω Blockchain. Αυτές οι ψηφιακές υπογραφές βασίζονται στην αρχή της ασύμμετρης κρυπτογράφησης, η οποία αξιοποιεί ένα ζεύγος κρυπτογραφικών κλειδιών, ένα δημόσιο και ένα ιδιωτικό. Το δημόσιο κλειδί μπορεί να κοινοποιείται ελεύθερα, ενώ το ιδιωτικό κλειδί παραμένει αυστηρά απόρρητο και γνωστό μόνο στον κάτοχό του. Μέσω αυτής της τεχνολογίας, κάθε χρήστης μπορεί να υπογράψει ψηφιακά τις συναλλαγές του με το ιδιωτικό του κλειδί, δημιουργώντας έναν μοναδικό ψηφιακό κώδικα που μπορεί να επαληθευτεί από άλλους χρήστες με τη χρήση του αντίστοιχου δημόσιου κλειδιού. Η συγκεκριμένη διαδικασία διασφαλίζει ότι τα δεδομένα που μεταδίδονται δεν έχουν παραποιηθεί και ότι προέρχονται πράγματι από τον δηλωθέντα αποστολέα, χωρίς να απαιτείται η αποκάλυψη της ταυτότητάς του. Επιπλέον, διατηρείται η ψευδωνυμοποίηση των χρηστών, προσφέροντας ένα επίπεδο ιδιωτικότητας σε κάθε συναλλαγή. Σημαντικό είναι, επίσης, ότι το ιδιωτικό κλειδί δεν μπορεί να εξαχθεί ή να υπολογιστεί από το δημόσιο, γεγονός που ενισχύει την ασφάλεια του συστήματος και αποτρέπει κακόβουλες παρεμβάσεις ή παραβιάσεις των δεδομένων (El Majdoubi κ.ά., 2020).

#### **5. Έξυπνα Συμβόλαια**

Η πιο σημαντική αλλαγή που έφερε το Blockchain είναι η δυνατότητα αποθήκευσης και δημιουργίας Έξυπνων Συμβολαίων. Το Ethereum, με το δικό του κρυπτονόμισμα, το Ether, βασίζεται εξ ολοκλήρου στην τεχνολογία Blockchain, με τη βασική του διαφορά από το Bitcoin να είναι ότι το τελευταίο έχει σχεδιαστεί για την καταγραφή συναλλαγών και τη χρήση του ως κρυπτονόμισμα, ενώ το Ethereum μπορεί να διαχειρίζεται Έξυπνα Συμβόλαια. Τα Έξυπνα Συμβόλαια είναι ψηφιακά πρωτόκολλα συναλλαγών που αποθηκεύονται στο Blockchain και επιτρέπουν στις εμπλεκόμενες πλευρές να συμφωνούν απευθείας, χωρίς να απαιτείται η έγκριση από κάποιον τρίτο, όπως ένας δικηγόρος. Καθώς τα Έξυπνα Συμβόλαια δημιουργούνται αυτόματα (από μηχανή σε μηχανή), οι τρίτοι καθίστανται περιττοί, προσφέροντας ταχύτητα και αυτοματισμό στις συναλλαγές. (Theodorou & Sklavos, 2019) Σήμερα, τα περισσότερα Έξυπνα Συμβόλαια βασίζονται στη λογική «εάν-τότε», που σημαίνει ότι ακολουθούν προκαθορισμένη

λογική. Στο μέλλον, με την εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), η λογική αυτή αναμένεται να αντικατασταθεί από ένα πιο ευφυές σύστημα, «τι-εάν», το οποίο θα μπορεί να προσαρμόζεται δυναμικά στις ανάγκες διαφορετικών σεναρίων, βελτιώνοντας τη λειτουργικότητα των Έξυπνων Συμβολαίων. (Xihua & Goyal, 2022)

Οι Theodorou και Sklavos (2019) αναφέρουν στην μελέτη τους ένα σενάριο διαπραγματευτικής συναλλαγής μεταξύ δύο χρηστών και το συγκρίνουν με την συναλλαγή μέσω Blockchain. Παραδοσιακά, όταν ο χρήστης A πληρώνει τον B μέσω κάρτας, δεν γίνεται απευθείας η συναλλαγή μεταξύ τους. Αντίθετα, η τράπεζα του A ελέγχει αν υπάρχουν αρκετά χρήματα και, αν ναι, πληρώνει τον B εκ μέρους του. Με το Blockchain όμως, τα χρήματα του A είναι ήδη καταγεγραμμένα σε έναν κοινό ψηφιακό κατάλογο, προσβάσιμο από όλα τα μέρη. Έτσι, αφού γίνει η ανταλλαγή των απαραίτητων κρυπτογραφικών κλειδιών, η συναλλαγή μπορεί να γίνει απευθείας, χωρίς μεσολάβηση τρίτου, όπως μιας τράπεζας. Αυτό κάνει τη διαδικασία πιο γρήγορη και οικονομική.

## **6. Προκλήσεις**

Το ζήτημα της ιδιωτικότητας στο Blockchain προκαλεί έντονες συζητήσεις, καθώς στα δημόσια δίκτυα τα δεδομένα είναι προσβάσιμα σε όλους τους συμμετέχοντες, ενισχύοντας, μεν, τη διαφάνεια, αλλά υπονομεύοντας την ιδιωτικότητα των χρηστών. Αντίθετα, τα ιδιωτικά Blockchain προσφέρουν αυξημένο έλεγχο μέσω περιορισμένης πρόσβασης, εις βάρος όμως της αποκέντρωσης. Αν και η τεχνολογία θεωρείται ασφαλέστερη από τις παραδοσιακές βάσεις δεδομένων, δεν είναι άτρωτη· η επίθεση στον DAO (Decentralized Autonomous Organization) το 2016 αποκάλυψε τις ευπάθειες των Έξυπνων Συμβολαίων και ανέδειξε την ανάγκη ανεξάρτητου ελέγχου και θεσμικής προσαρμογής για την αποτροπή παρόμοιων περιστατικών. (Khan κ.ά., 2022) Παράλληλα, η αποδοτικότητα και η κατανάλωση ενέργειας είναι κρίσιμα ζητήματα για την τεχνολογία Blockchain, καθώς επηρεάζουν άμεσα τη βιωσιμότητα και την επεκτασιμότητά της. (Bhushan et al., 2020; Xie et al., 2019)

Πέρα από τα τεχνικά ζητήματα, η ευρύτερη εφαρμογή του Blockchain εμποδίζεται από την έλλειψη ώριμων κανονιστικών πλαισίων και προτύπων. Πολλές ρυθμιστικές αρχές δεν διαθέτουν την απαραίτητη εξειδίκευση για να διαχειριστούν τις ιδιαιτερότητες της τεχνολογίας, με αποτέλεσμα καθυστερήσεις στη θεσμική ενσωμάτωσή της. Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων

του Blockchain για διαφάνεια, λογοδοσία και ασφάλεια προϋποθέτει σαφή νομικά και τεχνολογικά πλαίσια, καθώς και νέες πολιτικές που θα ενισχύουν τη λογική της αποκέντρωσης, διασφαλίζοντας τη βιώσιμη και αποτελεσματική του εφαρμογή. (Khan κ.ά., 2022)

### **Κεφάλαιο 3**

#### **Εφαρμογές της τεχνολογίας Blockchain στις Έξυπνες Πόλεις**

Η ενσωμάτωση της Blockchain τεχνολογίας στις Έξυπνες Πόλεις έχει τεράστιες δυνατότητες και μπορεί να αντιμετωπίσει σημαντικά ζητήματα ασφαλείας, διαμορφώνοντας το μέλλον των Έξυπνων Πόλεων. (Ullah κ.ά., 2023) Κατά πρώτον, επιτρέπει τον έλεγχο πρόσβασης στη βάση δεδομένων, διασφαλίζοντας ότι κάθε συμμετέχων μπορεί να έχει μερική, πλήρη ή μηδενική πρόσβαση στα δεδομένα, χωρίς να τίθενται σε κίνδυνο η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα. (Xihua & Goyal, 2022) Κατά δεύτερον, μέσω των Έξυπνων Συμβολαίων, επιτρέπει την αυτοματοποίηση και την αύξηση της διαφάνειας. Κατά τρίτον, συμβάλλει στην ανίχνευση ύποπτων ή κακόβουλων χρηστών, εντοπίζοντας όσους προσπαθούν να παραποιήσουν δεδομένα. (Ullah κ.ά., 2023). Κατά τέταρτον, βοηθά στην διαλειτουργικότητα υπηρεσιών (Monanu, 2023).

Παρακάτω, παρουσιάζονται, μη εξαντλητικά, σημαντικοί για την Έξυπνη Πόλη τομείς, όπου η τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί με μεγάλη προοπτική επιτυχίας, καθιστώντας τους ίδιους τους πολίτες συν-διαμορφωτές πολιτικών.

#### **1. Δημόσιος Τομέας**

Με βασικά του πλεονεκτήματα τη διαφάνεια, την ασφάλεια και τον σεβασμό στην ιδιωτικότητα, το Blockchain δίνει λύσεις σε πολλές από τις σημερινές προκλήσεις της δημόσιας διοίκησης, κυρίως όσον αφορά στην προστασία των δεδομένων, την διαλειτουργικότητα και την ενίσχυση της εμπιστοσύνης των πολιτών. Μέσα από την τεχνολογία αυτή, είναι εφικτή η πιο ακριβής διαχείριση πληροφοριών, ο καλύτερος συντονισμός μεταξύ υπηρεσιών και η διασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων, χωρίς να απαιτείται η πλήρης ανατροπή των υπαρχόντων δομών.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι συναλλαγές μεταξύ διαφορετικών δημόσιων φορέων ή υπεύθυνων λειτουργιών είναι δύσκολες, κυρίως επειδή τα πληροφοριακά τους συστήματα δεν επικοινωνούν μεταξύ τους. Το Blockchain, όμως, μπορεί να αλλάξει αυτή την πραγματικότητα. Όταν οι φορείς συμμετέχουν σε ένα κοινό δίκτυο Blockchain, έχουν πρόσβαση σε ένα κοινό

μητρώο, όπου τα δεδομένα είναι διαφανή και ταυτόχρονα ασφαλή. Αυτό σημαίνει ότι όλοι εργάζονται με τις ίδιες, ακριβείς πληροφορίες, μειώνοντας τα λάθη και τις παρεξηγήσεις. Με τον τρόπο αυτό, η συνεργασία ανάμεσα σε οργανισμούς γίνεται πιο αποτελεσματική, (Monaup, 2023) ενώ μέσα από τα έξυπνα συμβόλαια, κάποιες διαδικασίες μπορούν να γίνουν αυτόματα, χωρίς την ανάγκη μεσολαβητών, κάνοντας τις συναλλαγές πιο γρήγορες, απλές και αξιόπιστες. (Treiblmaier κ.ά., 2020)

Το Blockchain δεν περιορίζεται μόνο στη διαχείριση συναλλαγών· μπορεί να υποστηρίξει πολλές λειτουργίες του κράτους, όπως η κοινωνική πρόνοια και οι εκλογές. (Monaup, 2023) Συγκεκριμένα, σε ό,τι αφορά στην δυνητική εφαρμογή της εν λόγω τεχνολογίας σε εκλογές, οι ερευνητές τονίζουν πως μέσω αποκεντρωμένων δικτύων, η καταγραφή των ψήφων γίνεται με ασφάλεια και διαφάνεια, διασφαλίζοντας ότι κάθε ψήφος είναι μοναδική, αμετάβλητη και ανώνυμη. Επίσης, ένας άλλος κρίσιμος τομέας εφαρμογής είναι η διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και αδειών. Το Blockchain παρέχει μια ασφαλή και διαφανή πλατφόρμα για την καταγραφή και τη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων, όπως γη και ακίνητα, μειώνοντας τη γραφειοκρατία και διασφαλίζοντας τη γνησιότητα των εγγράφων (Jennath et al., 2019).

Παράλληλα, φέρνει έναν νέο, πιο ασφαλή και δίκαιο τρόπο διαχείρισης των ψηφιακών ταυτοτήτων, δίνοντας τον έλεγχο των προσωπικών δεδομένων απευθείας στους πολίτες. Μέσα από το μοντέλο της «αυτοκυρίαρχης ταυτότητας» (Self – Sovereign Identity) SSI και τα «αποκεντρωμένα αναγνωριστικά» (Decentralized Identifiers - DIDs), κάθε άτομο μπορεί να διαχειρίζεται με ασφάλεια τις ψηφιακές του ταυτότητες και να επιλέγει ποια δεδομένα θα κοινοποιεί και σε ποιον. Κάθε άτομο μπορεί να δημιουργήσει περισσότερες από μία ταυτότητες, τις οποίες διαχειρίζεται ανεξάρτητα, προστατεύοντας τα δεδομένα του από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Χάρη στην κρυπτογράφηση και την ακεραιότητα που προσφέρει το Blockchain, οι ταυτότητες προστατεύονται από παραβιάσεις ή αλλοιώσεις, ενώ διευκολύνεται και η συνεργασία μεταξύ διαφορετικών συστημάτων χωρίς απώλειες ή κινδύνους. (Gao κ.ά.,2023).

Η Εσθονία, για παράδειγμα, έχει ενσωματώσει το Blockchain σε βασικές δημόσιες υπηρεσίες όπως η υγεία, το πληθυσμιακό μητρώο, η ασφάλεια, η γη, η νομοθεσία και οι εμπορικές ή επιχειρηματικές εγγραφές. Τα δεδομένα αποθηκεύονται με ασφάλεια και είναι προσβάσιμα

μόνο από εξουσιοδοτημένα άτομα, ενώ κάθε πρόσβαση καταγράφεται με τη βοήθεια του Blockchain, εξασφαλίζοντας τη διαφάνεια και την προστασία της ιδιωτικότητας.(Majeed κ.ά., 2021) Αξίζει να σημειωθεί, δε, πως το μοντέλο των ψηφιακών ταυτοτήτων μπορεί να υλοποιείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Γενικού Κανονισμού για την Προστασία Δεδομένων (GDPR), καθώς, εδώ, το Blockchain σέβεται την αρχή της συγκατάθεσης και της διαχείρισης των προσωπικών δεδομένων από τον ίδιο τον χρήστη. Έτσι, η χρήση του στην ταυτοποίηση δεν αποτελεί μόνο τεχνολογική πρόοδο, αλλά και ουσιαστική ενίσχυση των δικαιωμάτων και της ιδιωτικής ζωής των πολιτών. (Gao κ.ά.,2023).

## **2. Υγεία**

Η τεχνολογία Blockchain αρχίζει να αλλάζει ουσιαστικά και τον χώρο της υγείας, προσφέροντας μεγαλύτερη ασφάλεια, διαφάνεια και αποτελεσματικότητα στη διαχείριση των ιατρικών δεδομένων και των υπηρεσιών. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά κεντρικά συστήματα, τα δεδομένα στο Blockchain αποθηκεύονται σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο, γεγονός που ενισχύει την προστασία της ιδιωτικότητας των ασθενών. Έτσι, η πρόσβαση στις πληροφορίες επιτρέπεται μόνο σε επαγγελματίες υγείας που είναι εξουσιοδοτημένοι, περιορίζοντας τον κίνδυνο διαρροών ή κακής χρήσης. Επιπλέον, το Blockchain βοηθά στην καλύτερη παρακολούθηση κρίσιμων πληροφοριών, όπως τα επαγγελματικά πιστοποιητικά γιατρών και νοσηλευτών, κρατώντας τα πάντα ενημερωμένα και εύκολα ελέγξιμα. Όταν αλλάζει κάτι στο σύστημα, η ενημέρωση γίνεται αυτόματα και άμεσα σε όλο το δίκτυο, χωρίς καθυστερήσεις ή περιθώρια σφάλματος. Η τεχνολογία αυτή μπορεί επίσης να μειώσει το λειτουργικό κόστος, καθώς πολλές διαδικασίες γίνονται αυτόματα, ενώ, παράλληλα, ενισχύεται η ασφάλεια των δεδομένων (Bhushan κ.ά., 2020·Treiblmaier κ.ά., 2020). Σύμφωνα με τους Xihua και Goyal (2022), κάθε ασθενής μπορεί να διαθέτει έναν μοναδικό αναγνωριστικό κωδικό που συνδέει με ασφάλεια και ακρίβεια τα προσωπικά του στοιχεία με την ταυτότητά του.

Παράλληλα, τα Έξυπνα Συμβόλαια (Smart Contracts) προσφέρουν μια ακόμη πρακτική εφαρμογή του Blockchain, καθώς επιτρέπουν την αυτοματοποιημένη και διαφανή διαχείριση διαδικασιών όπως οι ασφαλιστικές αποζημιώσεις, μειώνοντας τον χρόνο αναμονής και τα λάθη, και εξασφαλίζοντας δίκαιη μεταχείριση για όλους (Bhushan κ.ά., 2020·Treiblmaier κ.ά., 2020). Στο ίδιο πνεύμα, υπάρχουν εφαρμογές Έξυπνων Συμβολαίων που εστιάζουν στην

παρακολούθηση της κατανάλωσης φαρμάκων από τους ασθενείς, με βάση τις ιατρικές συνταγές, ώστε να εξασφαλίζεται και η ορθολογική χρήση τους (Ullah κ.ά., 2023). Η τεχνολογία Blockchain συμβάλλει, συνάμα, καθοριστικά στη διαχείριση των κλινικών δοκιμών, προσφέροντας ένα σύστημα καταγραφής που αποτρέπει τη χειραγώγηση των δεδομένων. Έτσι, ενισχύεται η αξιοπιστία των ερευνητικών αποτελεσμάτων και ενδυναμώνεται η εμπιστοσύνη προς τις διαδικασίες της ιατρικής έρευνας (Bhushan κ.ά., 2020·Treiblmaier κ.ά., 2020).

### **3. Διαχείριση Ενέργειας**

Η τεχνολογία Blockchain προσφέρει καινοτόμες λύσεις στη διαχείριση ενέργειας, συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός πιο βιώσιμου και αποτελεσματικού ενεργειακού συστήματος. Μια από τις κύριες εφαρμογές της είναι η ενίσχυση της διαφάνειας και της ιχνηλασιμότητας στην παραγωγή, διανομή και κατανάλωση ενέργειας, κυρίως μέσω έξυπνων «μικροδικτύων» (microgrids). Τα μικροδίκτυα αυτά επιτρέπουν σε κοινότητες ή ακόμα και μεμονωμένους χρήστες να παράγουν, να καταναλώνουν και να εμπορεύονται ενέργεια με αποδοτικό τρόπο. Οι συναλλαγές ενέργειας μεταξύ των χρηστών έτσι αυτοματοποιούνται, μειώνοντας το κόστος και ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα (Bhushan κ.ά., 2020·Treiblmaier κ.ά., 2020). Πιο αναλυτικά, παραδοσιακά, το ενεργειακό σύστημα επιτρέπει στους καταναλωτές να πωλούν την πλεονάζουσα ενέργεια που παράγουν από ηλιακά πάνελ στους προμηθευτές, με την ενέργεια αυτή να εισέρχεται στο δίκτυο μετά την ολοκλήρωση της συναλλαγής. Με την ενσωμάτωση του Blockchain στη διαδικασία, η ανάγκη για μεσολάβηση από εξωτερικές εταιρείες μπορεί να μειωθεί, επιτρέποντας απευθείας συναλλαγές μεταξύ των χρηστών. Για παράδειγμα, ένα σπίτι με ηλιακά πάνελ θα μπορούσε να πουλά την πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια στους γείτονές του, με τη συναλλαγή να ολοκληρώνεται αυτόματα μέσω του καθολικού Blockchain, δημιουργώντας, έτσι, μια αποκεντρωμένη ενεργειακή αγορά χωρίς την ανάγκη τρίτων μερών. (Alnahari & Ariaratnam, 2022)

Ένα διαφορετικό πλαίσιο προτείνει πως ένα σύστημα παρακολούθησης των πηγών ενέργειας μπορεί να διευκολύνει την αυτόματη μετατόπιση της κατανάλωσης προς ανανεώσιμες πηγές, ενισχύοντας περαιτέρω τη βιωσιμότητα. (Alnahari & Ariaratnam, 2022) Μέσω της τεχνολογίας αυτής, είναι δυνατή η ακριβής παρακολούθηση της παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, καθώς και η πιστοποίηση της

προέλευσης της ενέργειας. Αυτό ενισχύει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών και διευκολύνει τη συμμετοχή τους στην αγορά «πράσινης» ενέργειας. Παράλληλα, η δυνατότητα παρακολούθησης δεδομένων σχετικών με τις εκπομπές άνθρακα και την κατανάλωση πόρων ενισχύει την περιβαλλοντική ευαισθησία και προωθεί πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον, σε απόλυτη ευθυγράμμιση με τους στόχους των Έξυπνων Πόλεων για βιώσιμη ανάπτυξη (Bhushan κ.ά., 2020·Treiblmaier κ.ά., 2020).

#### **4. Συστήματα Μεταφορών**

Η τεχνολογία Blockchain αρχίζει να παίζει καθοριστικό ρόλο και στη βελτίωση των μετακινήσεων στις Έξυπνες Πόλεις, συμβάλλοντας στην αποδοτικότητα, τη διαφάνεια και τη βιώσιμη ανάπτυξη των συστημάτων μεταφορών. Ένας από τους βασικούς τρόπους που αξιοποιείται είναι στη διαχείριση των δεδομένων κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο. Μέσα από ένα αποκεντρωμένο σύστημα καταγραφής, είναι δυνατή η ακριβής παρακολούθηση της κίνησης, γεγονός που βοηθά στον καλύτερο προγραμματισμό των δρομολογίων και στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Επίσης, διευκολύνει την ανάπτυξη ολοκληρωμένων υπηρεσιών μετακίνησης, όπως το μοντέλο “Κινητικότητα ως Υπηρεσία” (Mobility as a Service - MaaS), στο οποίο ο χρήστης μπορεί μέσω μίας μόνο εφαρμογής να συνδυάζει μέσα όπως λεωφορεία, τρένα, ποδήλατα ή κοινόχρηστα αυτοκίνητα. Η πληρωμή γίνεται αυτόματα και με ασφάλεια μέσω Έξυπνων Συμβολαίων, διασφαλίζοντας ότι η τιμολόγηση είναι δίκαιη και διαφανής.

Παράλληλα, το Blockchain βρίσκει εφαρμογή και στη διαχείριση στόλων ηλεκτρικών οχημάτων. Καταγράφονται με ακρίβεια πληροφορίες όπως η κατανάλωση ενέργειας, η κατάσταση της μπαταρίας και η διαδρομή κάθε οχήματος, γεγονός που επιτρέπει την καλύτερη οργάνωση και συντήρηση των οχημάτων. Επιπλέον, ενισχύει τη διαφάνεια στη χρήση σταθμών φόρτισης, προσφέροντας ασφαλείς και ξεκάθαρους τρόπους τιμολόγησης. Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα αφορά την ασφάλεια: με τη βοήθεια αποκεντρωμένων μητρώων, μπορούν να παρακολουθούνται συνεχώς τόσο τα οχήματα όσο και οι υποδομές, αποτρέποντας δυσλειτουργίες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ατυχήματα. Τέλος, και οι ασφαλιστικές διαδικασίες βελτιώνονται χάρη στα Έξυπνα Συμβόλαια, τα οποία επιτρέπουν την αυτόματη και

άμεση αποζημίωση σε περίπτωση ατυχήματος, χωρίς περιττές καθυστερήσεις ή γραφειοκρατία (Gao κ.ά., 2023·Treiblmaier κ.ά., 2020).

## **Κεφάλαιο 4**

### **Συνεργατικά Μοντέλα**

#### **1. Blockchain και Internet of Things**

Παρόλο που, μέχρι σήμερα, δεν έχει παρατηρηθεί ένα απόλυτα αλάνθαστο και ισχυρό μοντέλο που να μπορεί να αντιστέκεται αποτελεσματικά στις κυβερνοεπιθέσεις στο πλαίσιο του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) (Khan κ.ά., 2024), το Blockchain μπορεί να δώσει λύσεις σε ορισμένα προβλήματά του, παρέχοντας ασφάλεια, διαφάνεια και αποκεντρωμένη διαχείριση των δεδομένων.

Καταρχάς, οι συσκευές μπορούν πια να συνεργάζονται μεταξύ τους με αποδοτικό, ασφαλή και ελεγχόμενο τρόπο πέρα από το να επικοινωνούν, μέσω της αξιοποίησης Έξυπνων Συμβολαίων, τα οποία επιτρέπουν την αυτοματοποίηση των διαδικασιών μεταξύ συσκευών. (Rust, 2023) Ταυτόχρονα, μέσω κρυπτογραφικών αλγορίθμων και μηχανισμών αυθεντικοποίησης, το Blockchain εξασφαλίζει ότι μόνο εξουσιοδοτημένοι χρήστες ή συσκευές έχουν πρόσβαση στα δεδομένα που αποθηκεύονται ή ανταλλάσσονται στο δίκτυο, ενισχύοντας, έτσι, την προστασία των προσωπικών και ευαίσθητων πληροφοριών, μειώνοντας δραστικά την πιθανότητα παραβίασης δεδομένων και κακόβουλων επιθέσεων. Επιπλέον, η αμετάβλητη φύση του Blockchain, που διασφαλίζεται μέσω των κατανεμημένων και κωδικοποιημένων δομών του, εγγυάται την ακεραιότητα των δεδομένων. Όλες οι συναλλαγές ή αλλαγές καταγράφονται μόνιμα, καθιστώντας αδύνατη την τροποποίηση ή τη διαγραφή τους χωρίς ανιχνεύσιμες ενδείξεις. Αυτή η διαφάνεια δημιουργεί ένα πλαίσιο εμπιστοσύνης μεταξύ των συμμετεχόντων και διασφαλίζει ότι τα δεδομένα παραμένουν ασφαλή καθ' όλη τη διάρκεια της χρήσης τους. (Dash & Yadav, 2024·Rust, 2023).

Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα που μπορεί να προσφέρει η εν λόγω συνεργασία είναι η εξοικονόμηση κόστους. Οι περισσότερες IoT εφαρμογές βασίζονται σε κεντρικούς διακομιστές, γεγονός που επιβαρύνει την αποθήκευση και την επεξεργασία δεδομένων. Το Blockchain επιτρέπει τη διανεμημένη αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων, αξιοποιώντας ανενεργές συσκευές. Επιπλέον, εξοικονομεί κόστος μέσω της δημιουργίας αυτόνομων κέντρων

συντήρησης, όπως, για παράδειγμα, στη συνδεδεμένη αυτοκίνηση (vehicle networking). Ενώ οι πληροφορίες της κυκλοφορίας, σήμερα, διαβιβάζονται μέσω κεντρικών βάσεων δεδομένων με μειωμένη ταχύτητα και ακρίβεια δεδομένων, το Blockchain επιτρέπει στα οχήματα να επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους με ανώνυμο και ασφαλή τρόπο, καταγράφοντας την τοποθεσία τους σε πραγματικό χρόνο και βελτιστοποιώντας τις διαδρομές. (Shuling, 2018)

Μία αξιοσημείωτη εφαρμογή του συνεργατικού αυτού μοντέλου, αποτελεί το γερμανικό Slock.it. Το Slock.it αναπτύσσει έξυπνες ηλεκτρονικές κλειδαριές ("Slocks") που μπορούν να ξεκλειδωθούν με τη χρήση tokens, αγορασμένων μέσω Έξυπνων Συμβολαίων. Για παράδειγμα, ένας ιδιοκτήτης που θέλει να νοικιάσει το σπίτι ή το αυτοκίνητό του μπορεί να ορίσει ένα κόστος για περιορισμένη πρόσβαση στην κλειδαριά. Οι ενδιαφερόμενοι, μέσω μιας εφαρμογής, μπορούν να πληρώσουν με Ether και να στείλουν το κατάλληλο μήνυμα για να ξεκλειδώσουν την κλειδαριά, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο επικοινωνίας Whisper. Η χρέωση απλοποιείται, καθώς όλες οι κλειδαριές Slocks λειτουργούν μέσω του ίδιου Blockchain (Sun κ.ά., 2016).

## **2. Blockchain και Big Data**

Τα Μεγάλα Δεδομένα, μέσα από την ανάλυση και την εξαγωγή προγνωστικών πληροφοριών, ενισχύονται από το Blockchain, το οποίο εγγυάται την ασφάλεια, την ακεραιότητα και τη διαφάνεια των δεδομένων, όπως συμβαίνει και με το IoT. Μέσω της διασύνδεσης συστημάτων και της αποκεντρωμένης φύσης του Blockchain, οι πληροφορίες που συλλέγονται και αναλύονται από μεγάλες βάσεις δεδομένων μπορούν να επεξεργαστούν με ασφάλεια, ακόμη και σε περιβάλλοντα χωρίς συνεχή σύνδεση. Η χρήση Blockchain για την καταγραφή και επαλήθευση δεδομένων ενισχύει την αξιοπιστία των πληροφοριών, επιτρέποντας την ακριβή ανάλυση και πρόβλεψη τάσεων. (Muheidat κ.ά., 2021)

Επιπλέον, οι data scientists αφιερώνουν μεγάλο μέρος του χρόνου τους στην ενοποίηση και καθαρισμό δεδομένων, καθώς η άντληση πληροφοριών από διαφορετικές πηγές συχνά οδηγεί σε λανθασμένα ή αδόμητα δεδομένα. Για να πραγματοποιηθούν ακριβείς αναλύσεις, όλα τα δεδομένα πρέπει να ομογενοποιηθούν, διαδικασία που είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα και απαιτητική. Η τεχνολογία Blockchain επιλύει αυτό το πρόβλημα, βελτιώνοντας την ακρίβεια και την ποιότητα των δεδομένων μέσω της δομημένης και ασφαλούς αποθήκευσης πληροφοριών. Αυτό μειώνει τον απαιτούμενο χρόνο και τους πόρους που δαπανούν οι data scientists,

βελτιώνοντας την αποδοτικότητά τους και διευκολύνοντας τη διαχείριση Μεγάλων Δεδομένων. (Deera κ.ά., 2022) Έτσι, με την εισαγωγή του Blockchain, η κυβέρνηση μίας Έξυπνης Πόλης μπορεί να περιοριστεί στον καθορισμό προτύπων και κανονισμών, αφήνοντας σε ιδιώτες και πολίτες την ελεύθερη αξιοποίηση των δεδομένων. Αυτό θα μειώσει το κόστος, θα βελτιώσει την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών και θα προωθήσει την οργανική ενσωμάτωση δεδομένων και υπηρεσιών, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα και τη μακροχρόνια ανάπτυξη. (Shuling, 2018)

Τα οφέλη που μπορεί να αποκομίσει η τεχνολογία των Big Data μέσω της ενσωμάτωσης του Blockchain προσομοιάζουν σε εκείνα του IoT, δεδομένου πως πρόκειται για την ασφάλεια και την ακεραιότητα δεδομένων, σε πολλές, δε, περιπτώσεις, ευαίσθητων. Στις μέρες μας, οι έξυπνες πόλεις απαιτούν συλλογή μεγάλων δεδομένων και την ικανότητα ανάλυσης μεγάλων δεδομένων χρησιμοποιώντας έξυπνους αλγόριθμους. Αυτά εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα και την αξιοπιστία των δεδομένων, όπως συμβαίνει και με εκείνα που συλλέγονται από το IoT. Στην έρευνα των Yu και Yang (2019), προτείνεται, για την ασφάλεια των υποδομών, η δημιουργία Blockchain που ονομάζεται Data Auditing Blockchain (DAB) που μπορεί να εντοπίσει όλο το ιστορικό ελέγχου και να επιτρέψει την επαλήθευση όλων των αρχείων δεδομένων από οποιονδήποτε κάτοχο ή χρήστη δεδομένων ανά πάσα στιγμή, προστατεύοντας την ιδιωτικότητα των κατόχων δεδομένων.

### **3. Blockchain και Cloud Computing**

Η ενσωμάτωση του Blockchain στο Cloud Computing οδηγεί στην επόμενη γενιά ασφάλειας δεδομένων και βελτίωσης της χρηστικότητας των υπηρεσιών. Κατά πρώτον, παρόμοια με τα πλεονεκτήματα που δύναται να προσφέρει σε συνεργασία με το IoT και τα Big Data, προσφέρει ακεραιότητα δεδομένων. Τα δεδομένα στο Cloud συχνά αποκρυπτογραφούνται πριν από την αποθήκευσή τους, γεγονός που δημιουργεί ανησυχίες σχετικά με την αξιοπιστία τους. Αν το Blockchain χρησιμοποιηθεί για την ασφάλεια της εκτέλεσης εργασιών στο Cloud, η δημιουργία μοναδικού κρυπτογραφικού αποτυπώματος για κάθε αποθηκευμένη πληροφορία θα μπορούσε να διασφαλίσει τη σταθερότητα και την αξιοπιστία των δεδομένων. Κατά δεύτερον, το Blockchain, μέσω των Έξυπνων Συμβολαίων, επιτρέπει διαφανείς συμφωνίες που ενισχύουν την εμπιστοσύνη μεταξύ αγνώστων χρηστών, διασφαλίζοντας δίκαιες και αυτόματες συναλλαγές,

σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συμβόλαια παροχής υπηρεσιών στο Cloud που συχνά ευνοούν είτε τον πάροχο είτε τον πελάτη, χωρίς δίκαιη ισορροπία.

Κατά τρίτον, με την ενσωμάτωση του Blockchain, κάθε Cloud λειτουργεί ως κόμβος στο Blockchain δίκτυο, επιτρέποντας την διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών Cloud συστημάτων, κάτι που πολύ συχνά δεν επιτρέπεται. Κατά τέταρτον, ενώ τα δεδομένα στο Cloud αποθηκεύονται με αδόμητο τρόπο, στο Blockchain η αποθήκευση γίνεται με οργανωμένο και ιχνηλάσιμο τρόπο, δημιουργώντας έτσι ένα ανιχνεύσιμο δίκτυο μέσω των κρυπτογραφικών αποτυπωμάτων. (Santosh, 2023)

Παράλληλα, η διαχείριση ταυτότητας με βάση το Blockchain στο Cloud Computing αποτελεί μια πρωτοποριακή προσέγγιση που επιδιώκει να αντιμετωπίσει τα προβλήματα ασφάλειας, ιδιωτικότητας και εμπιστοσύνης που σχετίζονται με τη διαχείριση ψηφιακών ταυτοτήτων. Σε αυτό το μοντέλο, οι ταυτότητες των χρηστών και τα σχετικά χαρακτηριστικά τους αποθηκεύονται στο Blockchain ως αμετάβλητα αρχεία, διασφαλισμένα με κρυπτογραφικές τεχνικές. Αυτό μειώνει την ανάγκη για μια κεντρική αρχή, μειώνοντας τις πιθανότητες αποτυχίας και ενισχύοντας τον έλεγχο των χρηστών πάνω στα δεδομένα τους. (Bundela κ.ά., 2024)

Σύμφωνα με μελέτες, συνεργατικά μοντέλα μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλούς σημαντικούς τομείς της Έξυπνης Πόλης, όπως, για παράδειγμα, στις κυβερνητικές υπηρεσίες. Εκεί, η διαφάνεια και η ασφάλεια που παρέχει το Blockchain, σε συνδυασμό με την αποδοτικότητα του Cloud, αφενός βελτιώνουν τις υπηρεσίες δημόσιας διοίκησης και, αφετέρου ενισχύουν την εμπιστοσύνη των πολιτών. Παρόμοια, στην υγειονομική περίθαλψη, οι τεχνολογίες Blockchain και Cloud διασφαλίζουν την ασφαλή αποθήκευση και ανταλλαγή ευαίσθητων δεδομένων ασθενών, ενισχύοντας τη συνεργασία μεταξύ παρόχων υγείας. (Nair, 2023) Ο Swazi (2025), μέσω της έρευνάς του, αναδεικνύει τη σημασία της συνεργασίας Blockchain και οικοσυστημάτων IoT που βασίζονται σε Cloud. Το τελευταίο επιτρέπει στα οικοσυστήματα IoT να διαχειρίζονται τεράστιες ποσότητες δεδομένων, αλλά οι κίνδυνοι ασφαλείας εξακολουθούν να υπάρχουν λόγω της κεντρικής αποθήκευσης. Το προτεινόμενο πλαίσιο, με την αποκεντρωμένη φύση του Blockchain, διασφαλίζει ασφαλείς συναλλαγές, αποτρέπει μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση και βελτιώνει την αξιοπιστία των δεδομένων στις αστικές υποδομές.

#### 4. Blockchain και Artificial Intelligence

Ο συνδυασμός της Τεχνητής Νοημοσύνης και της τεχνολογίας blockchain αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται και λειτουργούν οι βιώσιμες, «έξυπνες» πόλεις. Η τεχνητή νοημοσύνη βοηθά στη λήψη αποφάσεων βασισμένων σε δεδομένα, στην αυτοματοποίηση και στην πρόβλεψη αναγκών, ενώ το blockchain προσφέρει ασφάλεια, διαφάνεια και αξιοπιστία στις πληροφορίες που διακινούνται. Παρά τις διαφορές τους, όπου η AI είναι κεντρική και κλειστή, ενώ το Blockchain αποκεντρωμένο και διαφανές, η συνεργασία μεταξύ τους έχει τη δυνατότητα να ανοίξει νέες ευκαιρίες. Αρχικά, το Blockchain μπορεί να καλύψει αδυναμίες της AI, όπως ζητήματα ιδιωτικότητας και αξιοπιστίας, παρέχοντας ασφάλεια και ανωνυμία στις εφαρμογές της. (Singh κ.ά., 2020)

Μαζί, οι δύο τεχνολογίες δίνουν τη δυνατότητα για πιο αποτελεσματική διαχείριση της κυκλοφορίας, της ενέργειας, της υγείας, της ασφάλειας και της διακυβέρνησης. Για παράδειγμα, τα «έξυπνα» συστήματα κυκλοφορίας που βασίζονται σε τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να λειτουργούν πιο αξιόπιστα, χάρη στην ασφάλεια των δεδομένων που προσφέρει το blockchain. Αντίστοιχα, στην ενέργεια, η ανταλλαγή ρεύματος από πολίτη σε πολίτη γίνεται πιο διαφανής και αποδοτική, κάτι που ενισχύει τη βιωσιμότητα. Στον τομέα της υγείας και της δημόσιας ασφάλειας, τα εργαλεία πρόγνωσης και διάγνωσης της τεχνητής νοημοσύνης λειτουργούν καλύτερα όταν τα δεδομένα είναι προστατευμένα και εμπιστευτικά, όπως διασφαλίζει το blockchain. (Macron, 2025)

Σε σχέση με τις μελλοντικές κατευθύνσεις στον τομέα, σε συνδυασμό με την Τεχνητή Νοημοσύνη, το Blockchain μπορεί να δώσει απαντήσεις σε προκλήσεις όπως η ιχνηλασιμότητα των φαρμάκων και η καταπολέμηση των παραποιημένων σκευασμάτων, επιτρέποντας την παρακολούθηση της προέλευσής τους σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα. Πρόσφατες μελέτες, όπως των Ullah κ.ά. (2023), αναδεικνύουν τη σημασία της ψηφιακής ιχνηλασιμότητας με έμφαση στη νομοθετική συμμόρφωση, την εμπιστοσύνη των εμπλεκόμενων και τη διαχείριση των δεδομένων μέσω Blockchain. Άλλα προτεινόμενα μοντέλα συνδυάζουν την τεχνολογία Blockchain με μεθόδους Βαθιάς Μάθησης (Deep Learning), επιτρέποντας την έγκαιρη ανίχνευση και πρόληψη επιθέσεων στα δίκτυα των έξυπνων οχημάτων.

## Κεφάλαιο 5

### Η περίπτωση του Ντουμπάι

#### 1. Ιστορική αναδρομή στην Έξυπνη Πόλη του Ντουμπάι

Με πληθυσμό 2.880.000 κατοίκων και τον τίτλο της μεγαλύτερης πόλης των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων, το Ντουμπάι αποτελεί το μεγαλύτερο εμπορικό, οικονομικό και τουριστικό κέντρο της χώρας. Σήμερα, το Διεθνές Κέντρο Ανταγωνισμού IMD κατατάσσει το Ντουμπάι στην 12<sup>η</sup> θέση μίας λίστας με 142 συνολικά πόλεις, σύμφωνα με το Δείκτη Έξυπνων Πόλεων του 2024. Με προτεραιότητες τους τομείς της προσιτής στέγασης, της ανεργίας, της κυκλοφοριακής συμφόρησης, της ικανοποιητικής εργασίας, της ατμοσφαιρικής μόλυνσης και των υπηρεσιών υγείας, με άλλους να ακολουθούν, έχει καταφέρει μία συνεχιζόμενη ανοδική πορεία, με τον δείκτη ικανοποίησης των πολιτών του να υπερτερεί του μέσου όρου ικανοποίησης των πολιτών των υπόλοιπων χωρών, τόσο στους τομείς της υποδομής όσο και σε εκείνους της τεχνολογίας. (World Competitiveness Center, 2024)

Παλαιότερα, η πόλη είχε ήδη υλοποιήσει αρκετά σημαντικά έργα που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με την έννοια της «Έξυπνης Πόλης», πριν ακόμη από την επίσημη έναρξη της πρωτοβουλίας. Το 1999 τέθηκε σε εφαρμογή η Στρατηγική ΤΠΕ του Ντουμπάι, ακολουθούμενη αμέσως από την ατζέντα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης το 2000. (Khan κ.ά., 2017) Η εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης ξεκίνησε πιο ουσιαστικά στο Dubai Economic Department (DED) με τη δημιουργία ενός ιστοτόπου για την καταγραφή επιχειρηματικών δραστηριοτήτων και την παροχή πληροφοριών για όρους και προϋποθέσεις. Σταδιακά, οι υπηρεσίες εξελίχθηκαν σε αμφίδρομες επικοινωνίες, επιτρέποντας άμεσες εγκρίσεις για εμπορικές άδειες. Όμως, παρά την πρόοδο, υπήρχαν σημαντικές προκλήσεις που σχετίζονταν κυρίως με καθυστερήσεις στις διαδικασίες και έλλειψη συντονισμού και, έτσι, το 2012, το Ντουμπάι έλαβε στρατηγική απόφαση να προχωρήσει σε μια συναλλακτική φάση ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, με στόχο την παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών εστιασμένων στον πελάτη. (Khan κ.ά., 2022)

Εγκαινιάζοντας επίσημα την πρωτοβουλία τον Μάρτιο του 2014 (Khan κ.ά., 2017), το Ντουμπάι ξεκίνησε μια σειρά από στρατηγικές πρωτοβουλίες για τη μετάβαση σε μια «Έξυπνη Πόλη», βασισμένες σε έξι θεμελιώδεις άξονες, που περιλαμβάνουν τη μετακίνηση, την επικοινωνία και διάφορες άλλες υπηρεσίες. (Shaikh κ.ά., 2024) Το στρατηγικό σχέδιο της

Έξυπνης Πόλης του Ντουμπάι βασίζεται σε τρεις αρχές: 1) διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ του δημόσιου τομέα, των πολιτών και του επιχειρηματικού τομέα, 2) ενσωμάτωση των πολιτών στη λήψη αποφάσεων μέσω εργαλείων ΤΠΕ, ιδιαίτερα σε θέματα που αφορούν την ευημερία τους, και 3) συνεργασία όλων των δημόσιων και ιδιωτικών φορέων για την παροχή της καλύτερης δυνατής αξίας για τους κατοίκους του Ντουμπάι. (Biygautane & Clegg, 2024)

Το 2015, παρουσιάστηκε το "Connected Dubai", μια πρωτοβουλία για τη διασύνδεση και τον εκσυγχρονισμό των υπηρεσιών σε όλα τα κυβερνητικά τμήματα. Το πλαίσιο αυτό επικεντρώθηκε στην αναδιαμόρφωση των υπηρεσιών, στην ενσωμάτωση πληροφοριών και στη χρήση της τεχνολογίας για τον ψηφιακό μετασχηματισμό. (Khan κ.ά., 2022) Ο Σείχης Μοχάμαντ μπιν Ρασίντ Αλ Μάκτουμ έχει τονίσει πως η τεχνολογία δεν αποτελεί αυτοσκοπό, αλλά ένα εργαλείο ενίσχυσης της ποιότητας ζωής, καθώς η πρωτοβουλία της Έξυπνης Πόλης στοχεύει να καταστήσει το Ντουμπάι την πιο ευτυχισμένη πόλη στον κόσμο, με την ευημερία των πολιτών να αποτελεί κεντρικό άξονα της στρατηγικής του. (Vij & Rizwan, 2022)

## **2. Πρωτοπόρος στη χρήση Blockchain**

Η ραγδαία ανάπτυξη στους τομείς των επιχειρήσεων, της κατασκευής και του τουρισμού οδήγησε το Ντουμπάι στην υιοθέτηση της τεχνολογίας Blockchain ως λύση για την απλοποίηση και τον εκσυγχρονισμό των υπηρεσιών του. (Bishr, 2019) Το 2016, έγινε το λανσάρισμα της στρατηγικής "Dubai Blockchain Strategy", μέσα από την οποία το Ντουμπάι εξελίχθηκε σε κορυφαία Έξυπνη Πόλη, προσφέροντας πιο αποδοτικές και διαφανείς υπηρεσίες τόσο για τους κατοίκους όσο και για τις επιχειρήσεις της. Η στρατηγική αυτή, διαχωρίζεται σε τρία στάδια: τη βελτίωση της κυβερνητικής αποδοτικότητας μέσω της εφαρμογής Blockchain σε όλες τις σχετικές υπηρεσίες, τη δημιουργία βιομηχανίας που θα υποστηρίζει νεοφυείς επιχειρήσεις και επιχειρηματίες σε ένα ευνοϊκό οικοσύστημα και την ανάδειξη της χώρας σε παγκόσμιο ηγέτη της τεχνολογίας Blockchain, με επίκεντρο την ανάπτυξη δεξιοτήτων και τη συγκέντρωση τεχνογνωσίας. (Bishr, 2019-Baroudi & Benghida, 2022)

Στο μεταξύ, ο ΟΗΕ, αναγνωρίζοντας τις δυνατότητες της τεχνολογίας Blockchain σε πόλεις βασισμένες σε αυτήν, έθεσε συγκεκριμένους μακροπρόθεσμους στόχους που πρέπει να επιτευχθούν έως το 2030 από όλα τα κράτη μέλη. (Baroudi & Benghida, 2022) Ήδη, από το 2017, το Dubai Economic Department (DED) ενσωμάτωσε τη τεχνολογία Blockchain για να βελτιώσει

το επιχειρηματικό περιβάλλον και να επιταχύνει την παραγωγικότητα, δημιουργώντας έναν οδικό χάρτη Blockchain που εστιάζει σε αποτελεσματικές και διαφανείς διαδικασίες. Κατά την πρώτη φάση της εφαρμογής, δημιουργήθηκε ένα Proof of Concept (PoC), στο οποίο όλες οι εμπορικές άδειες μεταφέρθηκαν στο Blockchain και πιστοποιήθηκαν. Αρχικά, η εφαρμογή έγινε στο Dubai Pulse Blockchain, ενώ στη συνέχεια, πέντε κυβερνητικοί φορείς συνδέθηκαν με τον κόμβο. (Khan κ.ά., 2022) Η πρωτοβουλία αυτή περιλαμβάνει βασικές αναλυτικές υπηρεσίες, καθώς και υπηρεσίες Μεγάλων Δεδομένων, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διάφορους φορείς για να βελτιώσουν τις συνθήκες διαβίωσης και την οικονομία στα ΗΑΕ. (Mounir κ.ά., 2023)

Έτσι, το DED διασυνδέθηκε με κρατικούς φορείς, όπως η Αρχή Ηλεκτρισμού και Υδάτων του Ντουμπάι, DEWA, η Dubai Silicon Oasis Authority, DSOA και η εταιρεία τηλεπικοινωνιών, Etisalat. Με τη μεταφορά των εμπορικών αδειών στο Blockchain του DED, οι επιχειρηματίες απαλλάχθηκαν από τη διαδικασία υποβολής εγγράφων ή την ανάγκη φυσικής παρουσίας σε διαφορετικές υπηρεσίες για την ενεργοποίηση παροχών ηλεκτρικού ρεύματος, ύδρευσης και τηλεπικοινωνιών. (Khan κ.ά., 2022) Το ίδιο συνέβη και στον τομέα των ακινήτων, όπου η πλατφόρμα επέτρεψε την ψηφιακή επικύρωση εγγράφων, όπως βίζες κατοικίας, συμβόλαια ακινήτων και καταχωρίσεις ενοικιαστών, με πρόσβαση στις συνδεδεμένες αρχές. (Majeed κ.ά., 2021) Αυτή η προσέγγιση διασφαλίζει μια διαφανή και ασφαλή διαδικασία για την καταχώρηση και την απόκτηση αδειών, ενώ επιτρέπει στις επιχειρήσεις να παρακολουθούν την πρόοδο των αιτήσεών τους σε πραγματικό χρόνο.

Στη δεύτερη φάση, το σύστημα επεκτάθηκε ώστε να περιλαμβάνει όλες τις οικονομικές αρχές των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων. Η ενοποίηση αυτή δημιούργησε ένα κοινό πλαίσιο εμπορικών αδειών που συμμορφώνεται με τις ίδιες κανονιστικές απαιτήσεις, συμβάλλοντας στην αποτροπή φαινομένων απάτης και στη βελτίωση της εμπειρίας των επιχειρήσεων και των πελατών. (Khan κ.ά., 2022)

Ως προς το λειτουργικό κομμάτι της αρχιτεκτονικής διακυβέρνησης του Blockchain του DED, αυτή έχει διαμορφωθεί ως ιδιωτική, αλλά χωρίς περιορισμούς στην αδειοδότηση. Αρχικά, με εστίαση στην τεχνολογία Blockchain ως Υπηρεσία (Blockchain Platform-as-a-Service), η ένταξη νέων κόμβων ή οντοτήτων απαιτεί τη συναίνεση ή έγκριση μέσω ψηφοφορίας από τους

ήδη υπάρχοντες, αλλά το σύστημα επιτρέπει την αυτόματη αποδοχή, χωρίς την ανάγκη για τη συγκατάθεση όλων των κόμβων. Για να γίνει αποδεκτή μια νέα οντότητα, απαιτείται η θετική ψήφος τουλάχιστον τριών από τα υπάρχοντα μέλη.

Επιπλέον, η τεχνολογία DED επιτρέπει τον έλεγχο της πρόσβασης στα δεδομένα μέσω Έξυπνων Συμβολαίων, στα οποία μπορούν να καθοριστούν ειδικοί κανόνες ασφαλείας. Για να διασφαλιστεί η ασφάλεια του συστήματος, οι υπηρεσίες Blockchain του DED περιλαμβάνουν ενσωματωμένους μηχανισμούς ανίχνευσης ιών και κακόβουλου λογισμικού. Τα Έξυπνα Συμβόλαια ελέγχονται πριν από την εγκατάστασή τους τόσο στο κανάλι όσο και στον κόμβο του οργανισμού, προκειμένου να αποτραπεί η εισαγωγή κακόβουλου κώδικα. Επίσης, οι συμμετέχοντες στα δίκτυα εξόρυξης έχουν ορατότητα μόνο στο έξυπνο συμβόλαιο που τρέχει στον κόμβο τους και στα δικαιώματα πρόσβασης που έχουν, χωρίς όμως να μπορούν να δουν τη βασική επιχειρηματική λογική του συστήματος. (Khan κ.ά., 2022)

Η εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain από το Τμήμα Οικονομικής Ανάπτυξης του Ντουμπάι (DED) έχει αποφέρει σημαντικά πρακτικά οφέλη, βελτιώνοντας αισθητά την αξιοπιστία, την αποδοτικότητα και τη διαφάνεια των διοικητικών και επιχειρησιακών διαδικασιών. Οι συναλλαγές πραγματοποιούνται πλέον πολύ πιο γρήγορα, καθώς οι αλλαγές στα δεδομένα συγχρονίζονται άμεσα μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων φορέων, μειώνοντας έτσι τόσο τον χρόνο όσο και το κόστος των διαδικασιών. Χάρη στη λύση Blockchain-as-a-Service, που βασίζεται στο μοντέλο πληρωμής ανά χρήση, το DED έχει καταφέρει να μειώσει τα λειτουργικά του έξοδα μέχρι και 85%, αποφεύγοντας την ανάγκη για περίπλοκες και δαπανηρές υποδομές.

Παράλληλα, η δυνατότητα κοινής χρήσης δεδομένων μέσω ενός ενιαίου μητρώου συνέβαλε στην αναβάθμιση της ποιότητας των παρεχόμενων πληροφοριών, διευκολύνοντας παράλληλα τη συνεργασία μεταξύ των υπηρεσιών. Αυτό είχε θετικό αντίκτυπο και στους πολίτες, οι οποίοι απολαμβάνουν πλέον ταχύτερες, πιο αξιόπιστες και αποτελεσματικές υπηρεσίες, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συνολική ικανοποίησή τους. Η ασφάλεια και η λογοδοσία έχουν ενισχυθεί σημαντικά, καθώς η πλατφόρμα Pulse αξιοποιεί τις δυνατότητες του αποκεντρωμένου και αμετάβλητου χαρακτήρα του Blockchain για την ασφαλή αποθήκευση των δεδομένων. (Shuhaiber κ.ά., 2023) Τέλος, η μετάβαση σε ένα ψηφιακό σύστημα έχει θετική περιβαλλοντική επίδραση, καθώς μειώνονται οι εκπομπές ρύπων μέσω της εξάλειψης έντυπων

εγγράφων και φυσικών μετακινήσεων, καθιστώντας τις συναλλαγές πιο βιώσιμες και φιλικές προς το περιβάλλον. (Khan κ.ά., 2022)

Ένα επιτυχημένο παράδειγμα της χρήσης Blockchain στις κυβερνητικές υπηρεσίες του Ντουμπάι, αποτελεί το Σύστημα Διακανονισμών Blockchain της DubaiPay, το οποίο αναπτύχθηκε από την κυβέρνηση του Ντουμπάι το 2018 και στοχεύει στη βελτίωση της διαδικασίας πληρωμών και διακανονισμού, μέσω της τεχνολογίας Blockchain. Η πλατφόρμα επιτρέπει την ταχεία επεξεργασία πληρωμών, μειώνοντας τον χρόνο από 45 ημέρες σε μερικά δευτερόλεπτα, προσφέροντας παράλληλα διαφάνεια και αποδοτικότητα. Χρησιμοποιεί Έξυπνα Συμβόλαια για την αυτοματοποίηση των συναλλαγών και ενσωματώνει προηγμένα χαρακτηριστικά ασφαλείας, όπως κρυπτογράφηση, προστατεύοντας τις πληρωμές από απάτες και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Η εφαρμογή του συστήματος έχει αποφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη, ενώ, παράλληλα, ενισχύει τη διαφάνεια και την αποδοτικότητα των κυβερνητικών πληρωμών και αποτελεί κεντρικό στοιχείο στη στρατηγική ψηφιακής μεταρρύθμισης του Ντουμπάι. (Shuhaiber κ.ά., 2023)

Στον χρηματοοικονομικό τομέα, επίσης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση συνεργασίας του Blockchain με την Τεχνητή Νοημοσύνη: η πλατφόρμα UAE Trade Connect (UTC) αποτελεί ένα σύγχρονο παράδειγμα του πώς η τεχνολογία Blockchain μπορεί να προσφέρει ουσιαστική προστασία από φαινόμενα απάτης στις εμπορικές συναλλαγές. Μέσω της αποκεντρωμένης αρχιτεκτονικής της, η UTC βοηθά τις τράπεζες να εντοπίζουν περιπτώσεις όπου το ίδιο τιμολόγιο υποβάλλεται σε περισσότερους από έναν φορείς, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο εξαπάτησης. Ουσιαστικά, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη οποιαδήποτε προσπάθεια αλλοίωσης ή παραποίησης των εγγράφων, αφού τα δεδομένα αποθηκεύονται με τρόπο που δεν επιδέχεται τροποποιήσεις χωρίς να αφήνονται ίχνη. Η πρωτοβουλία αυτή στηρίζεται στη συνεργασία οκτώ τραπεζών των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων και συντονίζεται από τον όμιλο Etisalat, ο οποίος διατηρεί ουδέτερο ρόλο. Με την επιπλέον ενσωμάτωση τεχνολογιών Τεχνητής Νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης, η πλατφόρμα έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει ακόμα και πιο σύνθετες μορφές απάτης, όπως για παράδειγμα την παραποίηση τιμολογίων ή άλλων εγγράφων. Συνδυάζοντας την αξιοπιστία του Blockchain με τις δυνατότητες της έξυπνης ανάλυσης δεδομένων, η UTC δημιουργεί ένα ασφαλές, διαφανές και αποδοτικό περιβάλλον για τον

χρηματοπιστωτικό τομέα, συμβάλλοντας καθοριστικά στην καταπολέμηση της απάτης και στην ενίσχυση της εμπιστοσύνης στις εμπορικές συναλλαγές. (Baroudi & Benghida, 2022)

Από την άλλη, η τεχνολογία Blockchain φέρνει σημαντικές αλλαγές και στον τομέα της Υγείας, μέσω του Υπουργείου Υγείας και Πρόληψης των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων (MOHAP), το οποίο χρησιμοποιεί την τεχνολογία για τη διασύνδεση ιατρικών φακέλων και αδειοδοτήσεων επαγγελματιών υγείας σε ένα κοινό, ασφαλές δίκτυο. Στο ίδιο πλαίσιο, το Ντουμπάι έχει ενσωματώσει το Blockchain και στη διαδικασία έκδοσης επαγγελματικών αδειών, αξιοποιώντας συστήματα όπως το Masaar και το Sheryan, ώστε η διαχείριση των πιστοποιήσεων να γίνεται πιο εύκολα, γρήγορα και με πλήρη διαφάνεια. (Baroudi & Benghida, 2022) Στον ίδιο τομέα, το σύστημα "Hayat" του MOHAP χρησιμοποιεί το Blockchain για την ασφάλεια και την καταγραφή της δωρεάς οργάνων, διευκολύνοντας τη διαδικασία μεταμοσχεύσεων. Το μητρώο δωρητών Hayat, αναπτυγμένο από την Dhonor Healthtech σε συνεργασία με το MOHAP, χρησιμοποιεί την τεχνολογία Blockchain για να διασφαλίσει την ασφάλεια και τη διαφάνεια στη διαδικασία δωρεάς οργάνων στα ΗΑΕ. Με κρυπτογραφημένη και αμετάβλητη καταγραφή δεδομένων, επιτρέπει στους πολίτες να δηλώσουν με ασφάλεια τη βούλησή τους ως δωρητές, αποτρέποντας την απάτη και το παράνομο εμπόριο οργάνων. (Shuhaiber κ.ά., 2023)

### **3. Το Παράδειγμα της Έξυπνης Μετακίνησης**

Η Αρχή Οδών και Μεταφορών του Ντουμπάι (RTA) είναι η κύρια ανεξάρτητη αρχή οδικών μεταφορών και συγκοινωνιών του Ντουμπάι και ο μοναδικός πάροχος δημόσιας συγκοινωνίας. (Karaarslan & Babiker, 2021) Η Αρχή έχει αναλάβει πρωτοβουλίες για την αντιμετώπιση της αύξησης της κυκλοφορίας στην πόλη, ενσωματώνοντας σύγχρονα συστήματα έξυπνης κυκλοφορίας και στάθμευσης με μία ολιστική προσέγγιση που περιλαμβάνει όλες τις προαναφερόμενες, πλην του Blockchain, τεχνολογίες. Χρησιμοποιώντας, αρχικά, την τεχνολογία Internet of Things, αξιοποιεί έξυπνους αισθητήρες και προηγμένα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας για τη δυναμική προσαρμογή των φωτεινών σηματοδοτών, μειώνοντας τη συμφόρηση και βελτιώνοντας τη ροή των οχημάτων. Επίσης, η τεχνολογία έξυπνης στάθμευσης, η οποία χρησιμοποιείται και μέσω κινητών, εντοπίζει τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης με την χρήση ασύρματων αισθητήρων και καθοδηγεί τους οδηγούς προς αυτές, προσφέροντας μια πιο αποδοτική εμπειρία. (Rana κ.ά., 2024)

Από την άλλη, η πλατφόρμα AI αποτελεί τη βάση για μια σειρά έργων της RTA, καλύπτοντας πάνω από 100 περιπτώσεις χρήσης σε τομείς όπως η προγνωστική συντήρηση και η παροχή έξυπνων υπηρεσιών. Μέσω αυτής της στρατηγικής, η RTA προγραμματίζει να ενσωματώσει τεχνολογίες AI σε όλα τα συστήματα της μέχρι το 2031, εστιάζοντας στον σχεδιασμό του δικτύου δημόσιων συγκοινωνιών και τη διαχείριση πλήθους. Η πλατφόρμα ενσωματώνει τα δεδομένα και την AI για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων και την πρόβλεψη μελλοντικών απαιτήσεων, συνάδοντας με τη στρατηγική AI των ΗΑΕ.

Επίσης, η πλατφόρμα AI συνδέεται με την πλατφόρμα Big Data της RTA για την αξιοποίηση ιστορικών δεδομένων και την ανάπτυξη περιπτώσεων χρήσης που καλύπτουν στρατηγικές και επιχειρησιακές απαιτήσεις. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν την ανάλυση δεδομένων κυκλοφορίας, την αναγνώριση προτύπων και προβλέψεων, συμβάλλοντας έτσι στον αποτελεσματικό σχεδιασμό του οδικού δικτύου και στη μείωση της συμφόρησης. (Government of Dubai/ Roads&Transport Authority, 2023)

Η χρήση Big Data έχει αναγνωριστεί ως κρίσιμη για την ενίσχυση της συμπεριληπτικής ανάπτυξης στο Ντουμπάι, επιτρέποντας στην RTA να αποκτήσει αρκετές πληροφορίες για τις ανάγκες των κατοίκων του Ντουμπάι. Αυτό φάνηκε από την υψηλή αποδοχή που είχαν οι κάτοικοι για όλα τα έργα που υλοποιήθηκαν από τον οργανισμό, καθώς προέκυψε πως η RTA προσέφερε υπηρεσίες που ήταν αναγκαίες για τους κατοίκους και διευκόλυναν τη ζωή τους. Σύμφωνα με τους Batayneh κ.ά.(2021), οι κάτοικοι του Ντουμπάι είναι ευχαριστημένοι λόγω της βελτιωμένης παροχής υπηρεσιών, όπως η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και η αύξηση της αποδοτικότητας σε υπηρεσίες όπως η στάθμευση. Η χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και Big Data εξασφάλισε μια πιο συμπεριληπτική παροχή υπηρεσιών, όπου τόσο οι νέοι όσο και οι ηλικιωμένοι κάτοικοι είχαν πρόσβαση σε θέσεις στάθμευσης, ενώ μειώθηκε η πιθανότητα τα ταξί να καταλαμβάνουν υπερβολικό χώρο στην πόλη. Αν και αυτό μπορεί να μην έχει άμεσο οικονομικό όφελος, οι οικονομικές ωφέλειες από τέτοιες εφαρμογές δεν μπορούν να παραβλεφθούν, καθώς η αποδοτικότητα προσελκύει επενδυτές στο Εμιράτο του Ντουμπάι.

Σε ό,τι αφορά στην χρήση Υπολογιστικού Νέφους, η RTA έχει συνάψει συμφωνία με την Amazon Web Services (AWS), βάσει της οποίας η θυγατρική της Amazon θα υποστηρίξει τη μετάβαση της RTA στο Cloud Computing. Η μετάβαση αυτή αναμένεται να ενισχύσει την

καινοτομία, να βελτιώσει την ασφάλεια δεδομένων, να επιταχύνει τον ψηφιακό μετασχηματισμό και να επιτρέψει τη διαχείριση μεγάλων όγκων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Η μετάβαση των κυβερνητικών υπηρεσιών στο Cloud στηρίζει στρατηγικές, όπως η πλήρης εξάλειψη της χρήσης χαρτιού, βελτιώνοντας τη διαφάνεια και την προσβασιμότητα των δημοσίων υπηρεσιών. (SmartCLOUD, 2024) Από την άλλη, το προαναφερόμενο Dubai Pulse, η «καρδιά» της κυβέρνησης, λειτουργεί, ήδη, ως κοινόχρηστη πλατφόρμα για τους κρατικούς φορείς, προσφέροντας μια σειρά από υπηρεσίες Cloud που λειτουργούν είτε με βάση τη χρήση είτε μέσω μοντέλου πληρωμής ανάλογα με την κατανάλωση. Η πλατφόρμα συγκεντρώνει όλα τα κυβερνητικά δεδομένα σε ένα κεντρικό σημείο, διευκολύνοντας την παροχή της κατάλληλης πληροφορίας στους αρμόδιους φορείς τη στιγμή που τη χρειάζονται, διευκολύνοντας την λήψη αποφάσεων από το DED. Η πρωτοβουλία αυτή βελτιώνει τη λειτουργική αποδοτικότητα μειώνοντας το κόστος πρόσβασης στα δεδομένα. Παράλληλα, διευκολύνει την ανταλλαγή ανοικτών και κοινών δεδομένων μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων, αλλά και πολιτών, συμβάλλοντας σταδιακά στην πλήρη ψηφιακή μετάβαση του Εμιράτου του Ντουμπάι. (Khan κ.ά., 2022)

Για το μέλλον, το Ντουμπάι, αξιοποιώντας την αυξανόμενη ζήτηση για αυτόνομα οχήματα, αναπτύσσει και ένα ψηφιακό οικοσύστημα Blockchain για την αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων των οχημάτων. Μέσω ενός αποκεντρωμένου καθολικού, οι πληροφορίες όπως ταυτοποίηση, κατοχή, φθορές, μισθώσεις και συντήρηση θα αποθηκεύονται με περιορισμένη πρόσβαση, επιτρέποντας στους εξουσιοδοτημένους φορείς να τις χρησιμοποιούν άμεσα. Στόχος του Ντουμπάι είναι μέχρι το 2030 το 25% των ταξιδιών να πραγματοποιούνται με αυτόνομα οχήματα, παράγοντας ετήσια οικονομικά έσοδα ύψους 22 δισεκατομμυρίων AED. Η Στρατηγική Αυτόνομης Μεταφοράς του Ντουμπάι στοχεύει στη μείωση του κόστους μετακίνησης κατά 44% και την εξοικονόμηση άνω των 900 εκατομμυρίων AED ετησίως, ενώ παράλληλα προβλέπεται μείωση των ατυχημάτων και των ζημιών κατά 12%. Παράλληλα, θα επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση χρόνου και μείωση των εκπομπών άνθρακα, ενώ αναμένονται και λιγότερες ανάγκες για θέσεις στάθμευσης, ενισχύοντας την αποδοτικότητα των μεταφορικών συστημάτων της πόλης. (Baroudi & Benghida, 2022)

#### **4. Προκλήσεις**

Σύμφωνα με την μελέτη των Khan κ.ά. (2022), οι προκλήσεις της χρήσης Blockchain στο Ντουμπάι ανέδειξαν ζητήματα, όπως η περιορισμένη αξιοποίηση των δεδομένων λόγω του μικρού αριθμού συμμετεχόντων στην αλυσίδα, η τεχνική ανωριμότητα του μηχανισμού συναίνεσης για την κοινοποίηση δεδομένων και η έλλειψη ενημέρωσης και εμπιστοσύνης εκ μέρους των οργανισμών, γεγονός που οδήγησε στη δημιουργία του Dubai Blockchain Center για την εκπαίδευση και τη ρύθμιση του πλαισίου χρήσης της τεχνολογίας. Παράλληλα, η έλλειψη εξειδικευμένων προγραμματιστών αποτελεί σημαντική πρόκληση, την οποία η κυβέρνηση επιχειρεί να αντιμετωπίσει μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Τέλος, οι δυσκολίες μετάβασης από τα παλαιά συστήματα στο Blockchain απαιτούν λεπτομερή έλεγχο ποιότητας των δεδομένων, ενώ η αλλαγή του μοντέλου διακυβέρνησης από συγκεντρωτικό σε αποκεντρωμένο προϋποθέτει την ενίσχυση της εμπιστοσύνης των χρηστών προς την πλατφόρμα, καθιστώντας τη μετάβαση σταδιακή και απαιτητική.

### **Κεφάλαιο 6**

#### **Η Ανάδυση του Οικοσυστήματος Blockchain στην Ελλάδα**

Η απόδοση της Ελλάδας στον τομέα του ψηφιακού μετασχηματισμού παρουσιάζει βελτίωση, ωστόσο εξακολουθεί να υπολείπεται σημαντικά του μέσου όρου της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει η χώρα σχετίζονται με την υποδομή συνδεσιμότητας, τις περιορισμένες ψηφιακές δεξιότητες του πληθυσμού, τη χαμηλή ψηφιοποίηση των επιχειρήσεων και την ανεπαρκή παροχή ψηφιακών δημόσιων υπηρεσιών. (IOBE, 2020).

Η πιο συστηματική έρευνα για την εφαρμογή του Blockchain στον ελληνικό δημόσιο τομέα πραγματοποιήθηκε από την Ξανθοπούλου (2022) και βασίστηκε σε συνεντεύξεις με στελέχη δημόσιων οργανισμών. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η υιοθέτηση της τεχνολογίας παραμένει περιορισμένη κυρίως λόγω έλλειψης ψηφιακών δεξιοτήτων και υποστήριξης, καθώς και της εδραιωμένης γραφειοκρατικής νοοτροπίας. Ωστόσο, αναγνωρίστηκε ευρέως η δυνατότητα του Blockchain να ενισχύσει την ποιότητα και τη διαφάνεια των δημόσιων υπηρεσιών. (Xanthopoulou, 2022)

Βέβαια, η συμμετοχή της Ελλάδας στην European Blockchain Partnership και την European Blockchain Services Infrastructure δημιουργεί τις προϋποθέσεις για μελλοντική

αξιοποίηση των τεχνολογιών αυτών στις δημόσιες υπηρεσίες. Παράλληλα, φορείς όπως το Hellenic Blockchain Hub αναπτύσσουν δράσεις ευαισθητοποίησης, εκπαίδευσης και διαβούλευσης με το κράτος, προωθώντας την ενσωμάτωση του Blockchain σε κρίσιμους τομείς της διοίκησης και της οικονομίας. Το ενδιαφέρον για την τεχνολογία είναι επίσης αισθητό στον ακαδημαϊκό χώρο, με πανεπιστημιακά και ερευνητικά ιδρύματα να συμμετέχουν ενεργά στην παραγωγή καινοτομίας στον τομέα. Επίσης, Έλληνες μηχανικοί λογισμικού συμβάλλουν σε διεθνή έργα, ενώ επιχειρηματίες με διεθνές και ακαδημαϊκό υπόβαθρο πρωτοστατούν στην ίδρυση νέων επιχειρήσεων στους τομείς της Fintech, EnergyTech και ClimaTech. (Petalas, 2023). Στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας και των logistics, η τεχνολογία Blockchain χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της διαφάνειας και της ιχνηλασιμότητας, ενώ στον αγροδιατροφικό τομέα εφαρμόζεται για την πιστοποίηση της ποιότητας και της προέλευσης προϊόντων. Επιπλέον, στο πεδίο δραστηριοποιούνται εταιρείες ανάπτυξης λογισμικού που εστιάζουν σε τεχνολογίες Web3, επιδιώκοντας διεθνή επέκταση λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων της εγχώριας αγοράς (Paraskevorou et al., 2021).

### **1. Το Πιλοτικό Έργο QualiChain του ΑΣΕΠ: Προς μια Διαφανή και Αυτοματοποιημένη Διαχείριση Προσόντων με Τεχνολογία Blockchain**

Το Ανώτατο Συμβούλιο Επιλογής Προσωπικού (ΑΣΕΠ), ως ανεξάρτητη αρχή που διασφαλίζει τη διαφάνεια, την αντικειμενικότητα και την αξιοκρατία στις διαδικασίες προσλήψεων στον ελληνικό δημόσιο τομέα, συμμετείχε ενεργά στο ευρωπαϊκό ερευνητικό έργο QualiChain, αποδεικνύοντας την πρόθεσή του να ενσωματώσει καινοτόμες τεχνολογίες στον πυρήνα των διαδικασιών του (Siassiakos et al., 2020). Στο πλαίσιο αυτής της πρωτοβουλίας, το ΑΣΕΠ αξιοποίησε τις δυνατότητες του Blockchain και των εργαλείων υποστήριξης λήψης αποφάσεων με σκοπό τον επαναπροσδιορισμό του τρόπου με τον οποίο διαχειρίζεται, επαληθεύει και αξιολογεί τα ακαδημαϊκά και επαγγελματικά προσόντα των υποψηφίων, περιορίζοντας τη γραφειοκρατία και ενισχύοντας τη διαφάνεια (Observatory of Public Sector Innovation, 2021).

Μέσω της πλατφόρμας QualiChain, το ΑΣΕΠ επιδίωξε να απλοποιήσει και να αυτοματοποιήσει τη διαδικασία της υποβολής και διασταύρωσης των προσόντων, δημιουργώντας ένα αποκεντρωμένο μητρώο στο οποίο ο κάθε πολίτης μπορούσε να καταχωρεί τεκμηριωμένα προσόντα, όπως τίτλους σπουδών, πιστοποιητικά επαγγελματικής εμπειρίας και

άλλα συναφή στοιχεία. Με τη συναίνεση των ενδιαφερομένων, οι φορείς έκδοσης προσόντων είχαν τη δυνατότητα να μεταφορτώνουν τα πιστοποιητικά απευθείας στην πλατφόρμα, προσδίδοντας ακεραιότητα και διαφάνεια στη διαδικασία (Siassiakos et al., 2020). Ο έλεγχος των στοιχείων γινόταν στη συνέχεια με τη χρήση τεχνολογιών Blockchain, εξασφαλίζοντας την αυθεντικότητα και αμεταβλητότητα των εγγραφών, γεγονός που περιόριζε τους κινδύνους απάτης και λάθους (Observatory of Public Sector Innovation, 2021).

Η διαδικασία αυτή βελτίωσε την ταχύτητα των προσλήψεων και υποστήριξε τον εντοπισμό των καταλληλότερων υποψηφίων, ιδίως σε θέσεις υψηλής εξειδίκευσης, μέσω βημάτων όπως η προκαταρκτική κατάταξη, η διενέργεια συνεντεύξεων και η τελική αξιολόγηση, πάντα βασισμένη σε επικυρωμένα δεδομένα (Siassiakos et al., 2020). Το πιλοτικό πρόγραμμα περιλάμβανε καινοτομίες όπως η δυνατότητα προσωποποιημένων ειδοποιήσεων για κενές θέσεις εργασίας μέσω εργαλείων ανάλυσης δεδομένων που αντιστοιχούσαν προφίλ προσόντων με τις απαιτήσεις των διαθέσιμων θέσεων, καθώς και η χρήση προφίλ, τα οποία ενίσχυαν την ακρίβεια της αντιστοίχισης μεταξύ υποψηφίων και ευκαιριών απασχόλησης (Siassiakos et al., 2020). Επιπλέον, η εφαρμογή του QualiChain επέτρεψε την άπαξ επικύρωση των προσόντων που καταχωρίζονταν στο μητρώο του ΑΣΕΠ, καταργώντας την ανάγκη επαναλαμβανόμενης επαλήθευσης για μελλοντικές αιτήσεις, επιτυγχάνοντας ουσιαστική μείωση της διοικητικής επιβάρυνσης. Η ολοκλήρωση του πιλοτικού προγράμματος τον Δεκέμβριο του 2021 δεν αποτέλεσε απλώς το τέλος ενός πειραματικού σταδίου, αλλά την απαρχή ενός ευρύτερου διαλόγου για τη θεσμική ενσωμάτωση του QualiChain σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο (Observatory of Public Sector Innovation, 2021).

## **2. Πιλοτικό Έργο Blockchain του Δήμου Κατερίνης στο Πλαίσιο του Προγράμματος TOKEN**

Ο Δήμος Κατερίνης αποτελεί μία σημαντική περίπτωση υλοποίησης τεχνολογιών Blockchain στην τοπική αυτοδιοίκηση στην Ελλάδα, μέσα από τη συμμετοχή του στο ευρωπαϊκό έργο TOKEN, το οποίο εντάσσεται στο πρόγραμμα Horizon 2020 και πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με το ΙΠΤΗΛ/ΕΚΕΤΑ και έντεκα συνολικά εταίρους από οκτώ ευρωπαϊκές χώρες (Glykos, 2022). Το πιλοτικό έργο εστίασε στην ανάπτυξη μιας αποκεντρωμένης πλατφόρμας για τη διαφανή διαχείριση των δημοσίων οικονομικών, με έμφαση στους λογαριασμούς και τις

δημόσιες προμήθειες, καθώς και στη διενέργεια συμμετοχικών ψηφοφοριών των πολιτών μέσω ασφαλών και αδιάβλητων ψηφιακών διαδικασιών (ΚΕΔΕ, 2022).

Η εφαρμογή των τεχνολογιών Blockchain αποσκοπούσε στην εξοικονόμηση κόστους και χρόνου μέσω της αυτοματοποίησης των διαδικασιών με τη χρήση έξυπνων συμβολαίων, προσφέροντας παράλληλα τη δυνατότητα παρακολούθησης των δαπανών σε πραγματικό χρόνο και τη δημιουργία ελέγξιμων ψηφιακών αρχείων (audit trails) (Glykos, 2022). Στόχος της πρωτοβουλίας ήταν η αντιμετώπιση των αναχρονιστικών και άκαμπτων διαδικασιών προμηθειών, οι οποίες συχνά περιορίζουν την καινοτομία και την ευελιξία της δημόσιας διοίκησης. Μέσω της νέας πλατφόρμας, ενσωματωμένης στα ήδη ενεργά έργα έξυπνης πόλης του Δήμου Κατερίνης, επιχειρήθηκε η αναβάθμιση της διαφάνειας και η ενίσχυση της συμμετοχής των πολιτών, προσφέροντας ταυτόχρονα νέες δυνατότητες ελέγχου των δαπανών (Anttila, 2021).

Σημαντική καινοτομία του έργου, αποτέλεσε η εισαγωγή ενός ψηφιακού συστήματος ηλεκτρονικής ψηφοφορίας, το οποίο βασίζεται στην αρχιτεκτονική του Blockchain, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα, τη μυστικότητα και την ανωνυμία των ψήφων. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, ενισχύθηκε η συμμετοχική δημοκρατία και προωθήθηκε ένα νέο μοντέλο ανοικτής διακυβέρνησης, που βασίζεται στη συνεργασία, τη διαφάνεια και την εμπιστοσύνη μεταξύ πολιτών και διοίκησης (Glykos, 2022).

### **3. Δήμος Άργους-Μυκηνών: Πρωτοποριακή Εφαρμογή Blockchain για την Ψηφιακή Πιστοποίηση Δημοτικών Εγγράφων**

Ο Δήμος Άργους-Μυκηνών αξιοποίησε την τεχνολογία Blockchain για τον εκσυγχρονισμό των δημοτικών του υπηρεσιών, στο πλαίσιο της γενικότερης στρατηγικής του για την ψηφιακή αναβάθμιση. Η εφαρμογή αναπτύχθηκε από την εταιρεία Blockchain 2050 BV του Ομίλου ΑΡΑΤΟΣ και στοχεύει στη διασφάλιση της αυθεντικότητας και της ασφάλειας των δημοτικών εγγράφων, μέσα από μια ψηφιακή πλατφόρμα υπογραφής και πιστοποίησης. Με αυτόν τον τρόπο, περιορίζονται οι χρονοβόρες διαδικασίες, ενισχύεται η αξιοπιστία και επιτυγχάνεται υψηλότερο επίπεδο αυτοματοποίησης με ελάχιστη εμπλοκή του πολίτη. Κατά την παρουσίαση της εφαρμογής, στις 29 Ιουνίου 2020, οι δημοτικοί υπάλληλοι εκπαιδεύτηκαν από την επιστημονική ομάδα του Ομίλου ΑΡΑΤΟΣ, η οποία ανέδειξε τα πολλαπλά οφέλη της χρήσης της

τεχνολογίας για τη λειτουργία του Δήμου και την εξυπηρέτηση των δημοτών. (ΕΡΓΑΣΙΑ...συν, 2020)

#### **4. Ανώνυμη Ψηφιακή Συμμετοχή Πολιτών μέσω Blockchain στον Δήμο Παύλου Μελά**

Ο Δήμος Παύλου Μελά στη Θεσσαλονίκη, με χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ, ανέπτυξε μια καινοτόμα διαδικτυακή πλατφόρμα που επιτρέπει στους δημότες να συμμετέχουν σε ηλεκτρονικές ψηφοφορίες και διαβουλεύσεις με απόλυτη ανωνυμία. Η πλατφόρμα, που υλοποιήθηκε από την εταιρεία ΕΓΚΡΙΤΟΣ Group σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Σχεδιασμού του Δήμου, αξιοποιεί την τεχνολογία Blockchain για να διασφαλίζει την προστασία της ταυτότητας των χρηστών και την αδιάβλητη καταγραφή των αποτελεσμάτων. Η υπηρεσία λειτουργεί από το 2021, δίνοντας στους πολίτες τη δυνατότητα να συμμετέχουν ενεργά σε ζητήματα τοπικής διακυβέρνησης, όπως η διαμόρφωση κανονισμών, με τρόπο διαφανή και ασφαλή. Η εμπειρία αυτή ανέδειξε τη δυνατότητα των αποκεντρωμένων τεχνολογιών να ενισχύσουν τη διαφάνεια και τη συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων, δημιουργώντας ένα νέο πρότυπο ψηφιακής δημοκρατίας στην τοπική αυτοδιοίκηση. (Κουσιοπούλου, 2021·ΔΗΜΟΣ ΠΑΥΛΟΥ ΜΕΛΑ, 2018)

#### **5. Το έργο TrueGovn στον Δήμο Τρικάλων: Προς μία Διαλειτουργική και Ψηφιακά Ασφαλή Διακυβέρνηση**

Ο Δήμος Τρικάλων συμμετέχει ενεργά στο ευρωπαϊκό έργο TrueGovn, στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας NGI TrustChain (Call 2024), με στόχο την ανάπτυξη ενός προηγμένου πλαισίου ηλεκτρονικής διακυβέρνησης που βασίζεται σε τεχνολογίες Blockchain. Η πρωτοβουλία αυτή επικεντρώνεται στην εφαρμογή διαλειτουργικών έξυπνων συμβολαίων και μηχανισμών ψηφιακής ταυτοποίησης, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, προκειμένου να ενισχυθούν η αξιοπιστία, η ασφάλεια και η διαφάνεια στη δημόσια διοίκηση. Μέσω του έργου, προβλέπεται η υλοποίηση ενός πιλοτικού σεναρίου ηλεκτρονικής ψηφοφορίας με τη συμμετοχή των πολιτών του Δήμου, δοκιμάζοντας σε πραγματικές συνθήκες την εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών. Η τεχνολογική προσέγγιση βασίζεται σε οντολογικά καθοδηγούμενα έξυπνα συμβόλαια και λύσεις layer-2 που ενισχύουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συστημάτων. Αν και το έργο βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη, επιδιώκει να αποδείξει τη βιωσιμότητα της χρήσης του Blockchain για μεγάλης κλίμακας δημοκρατικές διαδικασίες και να ενισχύσει την εμπιστοσύνη των πολιτών

μέσω μιας ενιαίας, ασφαλούς και διαφανούς ψηφιακής δημόσιας σφαίρας. (NGI Trust Chain, χ.χ.)

## Κεφάλαιο 7

### Συζήτηση και Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία προσπάθησε να αναδείξει πώς οι τεχνολογίες —και κυρίως το Blockchain— μπορούν να συμβάλουν ουσιαστικά στη βελτίωση της ασφάλειας, της ιδιωτικότητας και της συνολικής λειτουργικότητας των Έξυπνων Πόλεων. Από την αρχή, τέθηκαν δύο βασικά ερωτήματα: πώς το Blockchain ενισχύει την κυβερνοασφάλεια και την προστασία προσωπικών δεδομένων, και ποιος είναι ο ρόλος του όταν συνδυάζεται με άλλες προηγμένες τεχνολογίες, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), τα Μεγάλα Δεδομένα, το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing) και η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI). Τα ερωτήματα αυτά αποτέλεσαν τη βάση της ανάλυσης και απαντήθηκαν με βάση μια εκτενή θεωρητική και ερευνητική προσέγγιση. Κεντρικός στόχος ήταν να εξεταστεί κατά πόσο το Blockchain μπορεί να αποτελέσει εργαλείο ενίσχυσης της ασφάλειας και της προστασίας των προσωπικών δεδομένων μέσα στο αστικό περιβάλλον. Η τεχνολογία δεν αντιμετωπίστηκε απομονωμένα, αλλά ως μέρος ενός ευρύτερου δικτύου συνεργαζόμενων τεχνολογιών σε Έξυπνες Πόλεις. Χάρη στη βιβλιογραφική ανάλυση, δόθηκε η δυνατότητα να μελετηθούν όχι μόνο οι τεχνικές δυνατότητες του Blockchain, αλλά και οι κοινωνικές και διοικητικές επιπτώσεις από την υιοθέτησή του.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν ήταν σαφή και τεκμηριωμένα τόσο θεωρητικά όσο και εμπειρικά. Πρώτα απ' όλα, φάνηκε καθαρά ότι το Blockchain, με βασικά του χαρακτηριστικά όπως η ακεραιότητα των δεδομένων, η αποκέντρωση και η διαφάνεια, μπορεί να λειτουργήσει ως σταθερός πυλώνας προστασίας σε ένα ψηφιακό περιβάλλον που, συχνά, είναι ευάλωτο. Ειδικότερα, αναδείχθηκε πώς η συνεργασία με το IoT και τα Big Data δίνει τη δυνατότητα στα αστικά συστήματα να μην περιορίζονται στην αντίδραση, αλλά να προβλέπουν και να προλαμβάνουν προβλήματα και κρίσεις με ασφάλεια και ακρίβεια, εξοικονομώντας πόρους και κόστος, ενισχύοντας τη διαλειτουργικότητα. Η συνεργασία με το IoT, επιταχύνει, επίσης, την ολοκλήρωση διαδικασιών μέσω της αυτοματοποίησης και ενσταλάζει την εμπιστοσύνη στους πολίτες. Ταυτόχρονα, η διασύνδεση με το Cloud ανέδειξε πρακτικά οφέλη, όπως η βελτιωμένη διαχείριση των δεδομένων, η μεγαλύτερη διαφάνεια και η δυνατότητα ενοποίησης υπηρεσιών

που, σε ένα παραδοσιακό σύστημα, θα λειτουργούσαν αποσπασματικά. Τέλος, η ενσωμάτωση των Έξυπνων Συμβολαίων και της Τεχνητής Νοημοσύνης δημιουργεί ένα ισχυρό πλαίσιο αυτοματοποίησης και ελέγχου ρίσκου και προσφέρει ανωνυμία, ενώ και αντίστροφα, το Blockchain μπορεί να επωφεληθεί της εκπαίδευσης από τους αλγόριθμους.

Κατά τη διάρκεια της εργασίας, διαπιστώθηκαν αρκετοί περιορισμοί που αφορούν τόσο στη μεθοδολογία όσο και στο πεδίο εφαρμογής. Αρχικά, παρά την πληθώρα θεωρητικών αναλύσεων και προτεινόμενων μοντέλων, η εφαρμογή του Blockchain δεν έχει φτάσει ακόμη σε κλίμακα που να αποτυπώνει συστημικά αποτελέσματα. Οι περισσότερες εφαρμογές παραμένουν σε στάδιο πειραματισμού ή πιλοτικών δοκιμών, με το Ντουμπάι να ξεχωρίζει. Επιπλέον, η υπολογιστική δύναμη, όπως και η νομική αβεβαιότητα που σχετίζονται με τη χρήση του Blockchain, ιδίως σε σχέση με την προστασία προσωπικών δεδομένων (όπως η συμμόρφωση με τον GDPR), με εξαίρεση τις ψηφιακές ταυτότητες και την ευχέρεια που τις συνοδεύει ως προς την κοινοποίηση δεδομένων κάθε χρήστη, καθώς και η απουσία ενιαίων διεθνών προτύπων, περιορίζουν τη διάδοσή του. Ένας άλλος περιορισμός αφορά στην ανάγκη για διαλειτουργικότητα μεταξύ υπηρεσιών, πολιτική βούληση, διαφάνεια και εκπαίδευση των πολιτών, παράγοντες που δεν είναι πάντοτε δεδομένοι σε κάθε χώρα ή πόλη. Η έρευνα ανέδειξε την ανάγκη για την ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών μέσω ενός ολιστικού μοντέλου, αντί για αποσπασματικές εφαρμογές.

Η επιτυχία των Έξυπνων Πόλεων δεν εξαρτάται μόνο από την τεχνολογία, αλλά και από την καλλιέργεια μιας κουλτούρας καινοτομίας, τη συνεργασία μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, την εκπαίδευση των πολιτών και τη διαμόρφωση μιας νέας σχέσης μεταξύ πολίτη και κράτους. Το Ντουμπάι παρουσιάστηκε ως παράδειγμα επιτυχημένης ενσωμάτωσης του Blockchain στις αστικές λειτουργίες, αν και δεν παραβλέφθηκε ότι οι πολιτικές ελευθερίες και οι κοινωνικές συνθήκες στην πόλη αυτή διαφέρουν από τα ευρωπαϊκά πρότυπα, κάτι που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη ενός οικοσυστήματος Blockchain κινείται σε πειραματικό στάδιο με αξιοσημείωτες πρωτοβουλίες. Πιλοτικά έργα όπως το QualiChain (ΑΣΕΠ), το TOKEN (Δήμος Κατερίνης), η ψηφιακή πιστοποίηση εγγράφων (Δήμος Άργους-Μυκηνών), η ανώνυμη συμμετοχή πολιτών (Δήμος Παύλου Μελά) και το TrueGov (Δήμος Τρικάλων) αποτελούν

θεμελιώδη βήματα για τη δημιουργία έξυπνων πόλεων. Παρά τα θετικά σημάδια, οι προκλήσεις παραμένουν σημαντικές: η έλλειψη εθνικής στρατηγικής, η αποσπασματικότητα των εφαρμογών και η ανάγκη για θεσμική ωρίμανση απαιτούν συστηματική προσέγγιση. Η ελληνική εμπειρία αποτελεί ωστόσο πολύτιμο εργαστηριακό μάθημα για χώρες με παρόμοιο θεσμικό πλαίσιο, επιδεικνύοντας ότι η τεχνολογία μπορεί να αναπτυχθεί ακόμη και σε μικρότερα των αστικών συστήματα μέσω σταδιακών, εστιασμένων παρεμβάσεων.

Η εργασία συνέβαλε σε τρία βασικά επίπεδα. Αφενός, κάλυψε ερευνητικά κενά στη βιβλιογραφία αναφορικά με τις συνέργειες του Blockchain με άλλες τεχνολογίες και παρουσίασε μία διατομεακή ανάλυση που ενώνει τις τεχνολογίες, τη διοίκηση και τις κοινωνικές επιστήμες. Αφετέρου, ενίσχυσε τη σύνδεση της Διοικητικής Επιστήμης με τις σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις, προάγοντας τη διακλαδική σκέψη και την πολιτική καινοτομία. Για την περαιτέρω έρευνα και εφαρμογή στον τομέα, προτείνεται η ανάπτυξη πιλοτικών έργων Blockchain σε ελληνικές πόλεις ή δήμους, όπως για παράδειγμα στην αποθήκευση δεδομένων μεταφορών, αποβλήτων ή πολεοδομικών αρχείων. Επίσης, προτείνονται διεπιστημονικές μελέτες που θα συνδυάζουν Τεχνολογία, Κοινωνιολογία, Νομική και Διοίκηση, ώστε να διαμορφωθούν πλαίσια εφαρμογής έξυπνων τεχνολογιών με σεβασμό στα ανθρώπινα δικαιώματα. Επιπλέον, η εκπαίδευση των πολιτών στην αξία των προσωπικών δεδομένων, στην ιδιωτικότητα και στους μηχανισμούς συμμετοχής τους σε ψηφιακές πόλεις είναι αναγκαία για την ενίσχυση του ψηφιακού μετασχηματισμού και της κοινωνικής αποδοχής, ενώ, παράλληλα, και η δημόσια διοίκηση θα πρέπει να κατανοήσει και να υιοθετήσει τεχνολογίες που μετασχηματίζουν το αστικό περιβάλλον.

Συμπερασματικά, το Blockchain αναδεικνύεται ως θεμέλιος λίθος της ψηφιακής ασφάλειας και διαφάνειας στις Έξυπνες Πόλεις, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με άλλες σύγχρονες τεχνολογίες, όπως το IoT, τα Big Data, το Cloud Computing και η Τεχνητή Νοημοσύνη. Ωστόσο, οι τεχνολογίες από μόνες τους δεν επαρκούν για να διασφαλίσουν την επιτυχία· απαιτείται μια ολιστική προσέγγιση που περιλαμβάνει συνεργασίες μεταξύ φορέων, πολιτικές πρωτοβουλίες και, φυσικά, την κοινωνική αποδοχή των νέων τεχνολογιών. Η μεθοδολογική επιλογή της βιβλιογραφικής και θεωρητικής ανάλυσης αποδείχθηκε κατάλληλη για την κατανόηση, τόσο των θεμελίων της τεχνολογίας, όσο και των ευκαιριών και αδυναμιών που ενσωματώνει. Ο

στόχος της εργασίας επιτεύχθηκε πλήρως, αναδεικνύοντας τη σημασία του Blockchain στην ενίσχυση της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας στις Έξυπνες Πόλεις και εξετάζοντας τις προοπτικές συνεργασίας του με άλλες καινοτόμες τεχνολογίες.

## Πηγές – Βιβλιογραφία

### Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Hellenic Blockchain Hub. (2024). *Τι είναι η τεχνολογία blockchain*. Ανάκτηση Μαρτίου 29, 2025, από <https://www.blockchain.org.gr/home/mathe/>
- Anttila, J. (2021). *Demos Helsinki*. Ανάκτηση από Four blockchain experiments to transform the public sector: <https://demoshelsinki.fi/transform-public-services-with-blockchain/>
- Glykos, K. (2022). *Introducing Blockchain in Public Sector: Lessons Learned*. Infrachain. Ανάκτηση από [https://www.youtube.com/watch?v=vhs69TPcyqA&ab\\_channel=Infrachain](https://www.youtube.com/watch?v=vhs69TPcyqA&ab_channel=Infrachain)
- IOBE. (2020). *Greece 2020 – Factsheet on Digital Transformation*. Ανάκτηση από Factsheet on Digital Transformation in Greece, prepared by the Foundation for Economic and Industrial Research – IOBE, in the context of the European Semester e-Conference on Greece 2020, organized jointly with the European Commission: [https://iobe.gr/EC\\_Conference2020/Factsheet\\_Digital%20Transformation\\_Greece%20July%202020.pdf](https://iobe.gr/EC_Conference2020/Factsheet_Digital%20Transformation_Greece%20July%202020.pdf)
- Kontogeorgou, P. (2024). *Country Comparative Guides 2024. Greece-Blockchain*. Legal 500. Ανάκτηση από <https://www.legal500.com/guides/chapter/greece-blockchain/>
- NGI Trust Chain. (χ.χ.). Ανάκτηση από TrueGov: <https://trustchain.ngi.eu/truegov/#:~:text=TRUEGov%20aims%20to%20address%20the,across%20municipalities%20and%20public%20institutions>
- Observatory of public sector innovation. (2021). *QualiChain*. Ανάκτηση από <https://oecd-opsi.org/innovations/qualichain/>
- Paraskevopoulos, C., & Karatzas & Partners. (2021). Ανάκτηση από Chambers GLOBAL PRACTICE GUIDES-Blockchain: [https://karatza-partners.gr/wp-content/uploads/2021/07/KP\\_Chambers-2021\\_Blockchain-guide\\_Greece.pdf](https://karatza-partners.gr/wp-content/uploads/2021/07/KP_Chambers-2021_Blockchain-guide_Greece.pdf)
- Petalas, G. (2023, 01). *SMART CONTRACTS & CRYPTOCURRENCIES*. Ανάκτηση από UNIVERSITY OF PIRAEUS: <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/15360/%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%20%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Siassiakos, K., Bompoti, F., Papaioannou, T., Stagka, K., Zarafidis, P., & Pavli, A. (2020). Exploring Blockchain for Public Sector Recruitment. *eLmL 2020 : The Twelfth International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning*, σσ. 1-3. Ανάκτηση από [https://digitalrepository.ekdd.gr/bitstream/123456789/968/1/elml\\_2020\\_1\\_10\\_58001.pdf](https://digitalrepository.ekdd.gr/bitstream/123456789/968/1/elml_2020_1_10_58001.pdf)
- Siassiakos, K., Ilioudi, S., Tsaktsira, E., Mitsiou, V., & Nanouris, D. (2020). Utilization of Blockchain Technology in Greek Public Administration. *Advances in Management & Applied*

- Economics*, σσ. 223-237. Ανάκτηση από [https://www.sciencpress.com/Upload/AMAE%2fVol%2010\\_4\\_12.pdf](https://www.sciencpress.com/Upload/AMAE%2fVol%2010_4_12.pdf)
- Xanthopoulou, P. (2022, 06). Blockchain and the digital transformation of the public sector: The Greek experience. *Technium Social Sciences Journal*, σσ. 558-570. doi:10.47577/tssj.v32i1.6702
- ΔΗΜΟΣ ΠΑΥΛΟΥ ΜΕΛΑ. (2018, 12 18). Ανάκτηση από Εγκρίθηκαν 420.000 ευρώ για πρόγραμμα αναβάθμισης υπηρεσιών Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Κεντρική Μακεδονία 2014 -2020»: <https://pavlosmelas.gr/egkrithikan-420-000-evro-gia-programma-anavathmisi-ypiresion-texnologion-pliroforikis-kai-epikoinonion-sto-plaisio-tou-epixeirisiakoy-programmatos-kentriki-makedonia-2014-2020/#:~:text=5>
- ΕΡΓΑΣΙΑ...συν. (2020). Ανάκτηση από Ο Δήμος Άργους-Μυκηνών έγινε ο πρώτος Δήμος που εγκατέστησε Blockchain τεχνολογία: <https://ergasia-press.gr/o-dimos-argous-mykinon-egine-o-protos-dimos-pou-egkatestise-blockchain-technologia/>
- Κάτης, Ε. (2024, 09 30). ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BLOCKCHAIN ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟ ΧΡΗΜΑ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΤΩΝ BITCOINS ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ. Ανάκτηση από ΕΑΡ Apothesis: <https://apothesis.eap.gr/archive/item/212481?lang=el>
- ΚΕΔΕ. (2022). Καινοτόμες ψηφιακές λύσεις βασισμένες σε τεχνολογία Blockchain υλοποιεί ο δήμος Κατερίνης. Ανάκτηση από <https://kede.gr/kainotomes-psifiakes-lyseis-vasismenes-se-technologia-blockchain-ylopoiei-o-dimos-katerinis/>
- Κουσιοπούλου, Ε. (2021, 05 28). Δήμος Παύλου Μελά: Ηλεκτρονική δημόσια διαβούλευση για το νέο κανονισμό καθαριότητας από την 1η Ιουνίου. Θεσσαλονίκη. Ανάκτηση από <https://www.ertnews.gr/roi-idiseon/dimos-payloy-mela-ilektroniki-dimosia-diavoyleysi-gia-to-neo-kanonismo-kathariotitas-apo-tin-1-i-ioungioy/#:~:text=H%20%CE%BD%CE%AD%CE%B1%20%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CF%86%>

### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Abdulsalam, Y., & Hedabou, M. (2022). Security and Privacy in Cloud Computing: Technical Review. *future internet*, σσ. 1-27. doi:10.3390/fi14010011
- Agajo, J., Imoru, O., & Aigbavboa, C. (2023). Convergence of Blockchain, AI and IoT for Effective Monitoring and Securing Smart City Infrastructure. *The 2nd International Conference on Multidisciplinary Engineering and Applied Sciences (ICMEAS-2023)* (σσ. 1-5). Abuja: IEEE Xplore. doi:10.1109/ICMEAS58693.2023.10429912
- Alia, O., Abdelbaki, W., Shrestha, A., Ersin, E., Alryalat, M., & Dwivedi, Y. (2023). A systematic literature review of artificial intelligence in the healthcare sector: Benefits, challenges,

- methodologies, and functionalities. *Journal of Innovation & Knowledge*, σσ. 1-19. doi:10.1016/j.jik.2023.100333
- Alnahari, M., & Ariaratnam, S. (2022). The Application of Blockchain Technology to Smart City Infrastructure. *Smart Cities*, 5, σσ. 979–993. doi:10.3390/smartcities5030049
- Al-Turjman, F., & Lemayian, J. P. (2020). Intelligence, security, and vehicular sensor networks in internet of things (IoT)-enabled smart-cities: An overview. *Computers and Electrical Engineering*, 87. doi:10.1016/j.compeleceng.2020.106776
- Amandeep, K., Ramandeep, K., & Gagandeep, J. (2021). Analyzing and Exploring the Impact of Big Data Analytics in Sports Sector. *SN Computer Science*, 2(184), 1-19. doi:10.1007/s42979-021-00575-y
- Anttila, J. (2021). *Demos Helsinki*. Ανάκτηση από Four blockchain experiments to transform the public sector: <https://demoshelsinki.fi/transform-public-services-with-blockchain/>
- Baroudi, S., & Benghida, S. (2022). Blockchain in Dubai: Toward a Sustainable Digital Future. Στο E. Abdelghani, R. Grassa, Welcome Sibanda, & W. Sibanda (Επιμ.), *Contemporary Research in Accounting and Finance* (σσ. 253–271). Singapore: Palgrave Macmillan. doi:10.1007/978-981-16-8267-4\_11
- Batayneh, R., Taleb, N., Said, R., Alshurideh, M., Ghazal, T., & Alzoubi, H. (2021). IT Governance Framework and Smart Services Integration for Future Development of Dubai Infrastructure Utilizing AI and Big Data, Its Reflection on the Citizens Standard of Living. Στο A. E. Hassanien, A. Haqiq, P. J. Tonellato, L. Bellatreche, S. Goundar, A. T. Azar, . . . D. Bouzidi (Επιμ.), *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Computer Vision (AICV2021)* (σσ. 235–247). Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-030-76346-6\_51
- Batmetan, J., & Kainde, Q. (2022). UNDERSTANDING SMART CITY STRATEGY IN DEVELOPING COUNTRIES' CITIES. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 17(3), 71-88. Ανάκτηση Οκτωβρίου 2, 2024, από <https://www.jstor.org/stable/10.2307/27160135>
- Bhushan, B., Khamparia, A., Sagayam, K., Sharmad,, S., Debnathf, N., & Ahad, M. (2020). Blockchain for smart cities: A review of architectures, integration trends and future research directions. *Sustainable Cities and Society*, 61, 1-27. doi:10.1016/j.scs.2020.102360
- Bishr, A. B. (2019). DUBAI: A CITY POWERED BY BLOCKCHAIN. *innovations / Blockchain for Global Development II*, 12(3-4). doi:doi.org/10.1162/inov\_a\_00271
- Biygautane, M., & Clegg, S. (2024, 06 17). Constructing smart cities through the use of public-private partnerships: The case of Dubai in the United Arab Emirates. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, σσ. 1-19. doi:10.24294/jipd.v8i6.3668.

- Borra, P. (2024). AN OVERVIEW OF CLOUD COMPUTING AND LEADING CLOUD SERVICE PROVIDERS. *International Journal of Computer Engineering and Technology (IJCET)*, 15(3), 122-133. doi:10.17605/OSF.IO/5HQ4M
- Bundela, R., Dhanda, N., Verma, R., & Zainab, K. (2024). Security Concerns in Cloud and Blockchain Solutions. *3rd International Conference on Sentiment Analysis and Deep Learning (ICSADL)* (σσ. 563-568). Bhimdatta: IEEE Xplore. doi:10.1109/ICSADL61749.2024.00098
- Chaitanya, N., SriLakshmi, K., Abdul, K., Ibrahim, S., & Sammy, F. (2024). Securing the Cloud: A Comprehensive Analysis of Emerging Threats and Defense Strategies. *8th International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)* (σσ. 151-155). Coimbatore: IEEE. doi:10.1109/ICISC62624.2024.00033.
- Chen, D., Wawrzynski, P., & Lv, Z. (2021). Cyber security in smart cities: A review of deep learning-based applications and case studies. *Sustainable Cities and Society*, 66(102655), 2-12. doi:10.1016/j.scs.2020.102655
- Dash, Y., & Yadav, P. (2024). The Synergy of Blockchain and IoT: A Comprehensive Security Perspective. *International Conference on Computing, Power, and Communication Technologies (IC2PCT)*. 5, σσ. 34-38. Uttar Pradesh: IEEE Xplore. doi:10.1109/IC2PCT60090.2024.10486687
- De Oliveira, R. A., & Bollen, M. H. (2023, 01). Deep learning for power quality. *Electric Power Systems Research*, σσ. 1-12. doi:doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108887
- Deepa, N., Pham, Q.-V., Nguyen, D., Bhattacharya, S., Prabadevi, B., Gadekallu, T., . . . Pathirana, P. (2022, 06). A survey on blockchain for big data: Approaches, opportunities, and future directions . *Future Generation Computer Systems*, 131, σσ. 209-226. doi:doi.org/10.1016/j.future.2022.01.017
- Dinh, G. (2020). *Digital Self-defense: The Future Cybersecurity Problem*. Ανάκτηση από <https://sites.wp.odu.edu/giaodinhids493/wp-content/uploads/sites/29015/2022/04/Research-Analysis-Paper.pdf>
- El Majdoubi, D., El Bakkali, H., & Sadki, S. (2020 ). Towards Smart Blockchain-Based System for Privacy and Security in a Smart City environment. *5th International Conference on Cloud Computing and Artificial Intelligence: Technologies and Applications (CloudTech)*. Rabat: IEEE. doi:10.1109/CloudTech49835.2020.9365905
- Familoni, B. (2024). CYBERSECURITY CHALLENGES IN THE AGE OF AI: THEORETICAL APPROACHES AND PRACTICAL SOLUTIONS. *Computer Science & IT Research Journal*, 5(3), 703-724. doi:DOI: 10.51594/csitrj.v5i3.930
- Fu, Y., & Zhu, J. (2021). Trusted data infrastructure for smart cities: a blockchain perspective. *Building Research & Information*, 49(1), 21-37. doi:10.1080/09613218.2020.1784703
- Gao, J., Xia, Q., Kwame, O., & Bonsu, A.-A. (2023). *Smart Cities: Blockchain-Based Systems, Networks and Data*. Boca Raton: CRC Press. doi:10.1201/9781003289418

- Ghazal , T., Hasan , M., Alshurideh, M., Alzoubi, H., Ahmad, M., Akbar, S., . . . Akour, I. (2021). IoT for Smart Cities: Machine Learning Approaches in Smart Healthcare—A Review. *future internet*, σσ. 1-29. doi:10.3390/fi13080218
- Glykos, K. (2022). Introducing Blockchain in Public Sector: Lessons Learned. Infrachain. Ανάκτηση από [https://www.youtube.com/watch?v=vhs69TPcyqA&ab\\_channel=Infrachain\](https://www.youtube.com/watch?v=vhs69TPcyqA&ab_channel=Infrachain)
- Gourisaria, M., Jee, G., Harshvardhan, G., Konar, D., & Singh, P. (2023). Artificially Intelligent and Sustainable Smart Cities. Στο P. Singh, M. Paprzycki, M. Essaaidi, & S. Rahimi (Επιμ.), *Sustainable Smart Cities Theoretical Foundations and Practical Considerations* (σσ. 237-268). Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-031-08815-5
- Government of Dubai/ Roads&Transport Authority. (2023). *RTA launches Enterprise Platform to design and develop AI solutions*. Ανάκτηση Μαρτίου 31, 2025, από <https://www.rta.ae/wps/portal/rta/ae/home/news-and-media/all-news/NewsDetails/rta-launches-enterprise-platform-to-design-and-develop-ai-solutions>
- Habibzadeh, H., Nussbaumb, B. H., Anjomshoa, F., Kantarcid, B., & Soyataa, T. (2019). A survey on cybersecurity, data privacy, and policy issues in cyber-physical system deployments in smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 1-20. doi:10.1016/j.scs.2019.101660
- Heidari, A., Unal, M., & Navimipour, N. (2022). Applications of ML/DL in the management of smart cities and societies based on new trends in information technologies: A systematic literature review. *Sustainable Cities and Society*, σσ. 1-24. doi:10.1016/j.scs.2022.104089
- Huawei Technologies Co., Ltd. (2023). Introduction to Cloud Computing Computing. Στο *Cloud Computing Technology* (σσ. 1-56). Hangzhou, Zhejiang: Springer. doi:10.1007/978-981-19-3026-3\_1
- Ilieva, R., & Stoilova, G. (2024). Challenges of AI-Driven Cybersecurity. *Proc. XXXIII International Scientific Conference Electronics - ET2024*. doi:10.1109/ET63133.2024.10721572
- OBE. (2020). *Greece 2020 – Factsheet on Digital Transformation*. Ανάκτηση από Factsheet on Digital Transformation in Greece, prepared by the Foundation for Economic and Industrial Research – IOBE, in the context of the European Semester e-Conference on Greece 2020, organized jointly with the European Commission: [https://iobe.gr/EC\\_Conference2020/Factsheet\\_Digital%20Transformation\\_Greece%20July%202020.pdf](https://iobe.gr/EC_Conference2020/Factsheet_Digital%20Transformation_Greece%20July%202020.pdf)
- Jennath, H., Adarsh, S., Chandra, N., Ananthan, R., Sabir, A., & Asharaf, S. (2019). Parkchain: A Blockchain Powered Parking Solution for Smart Cities. *TECHNOLOGY AND CODE*, 1-10. doi:10.3389/fbloc.2019.00006
- Karaarslan, E., & Babiker, M. (2021). Digital Twin Security Threats and Countermeasures: An Introduction. *International Conference on Information Security and Cryptology (ISCTURKEY)* (σσ. 7-11). Ankara: IEEE. doi:10.1109/ISCTURKEY53027.2021.9654360

- Khan, B., Wen Goh, K., Khan, A., Zuhairi, M., & Chaimanee, M. (2024). Integrating AI and Blockchain for Enhanced Data Security in IoT-Driven Smart Cities. *Processes*, 12(1825), 1-28. doi:10.3390/pr12091825
- Khan, M., Woo, M., Nam, K., & Prakash, K. (2017). Smart City and Smart Tourism: A Case of Dubai. *sustainability*, σσ. 1-24. doi:10.3390/su9122279
- Khan, S., Shael, M., Majdalawie, M., Nizamuddin, N., & Nicho, M. (2022). Blockchain for Governments: The Case of the Dubai Government. *sustainability*, 1-22. doi:10.3390/su14116576
- Kontogeorgou, P. (2024). Country Comparative Guides 2024. *Greece-Blockchain*. Legal 500. Ανάκτηση από <https://www.legal500.com/guides/chapter/greece-blockchain/>
- Kudryavtsev, A., Zatsepina, V., & Pavlov, I. (2023). Implementing Cloud Computing in Smart Cities. *3rd International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education (TELE)*. Lipetsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). doi:10.1109/TELE58910.2023.10184349
- Kumar, N., Sai, K., Hordiichuk, V., Menon, R., Aarthy, C., Saha, G., & Balaji, K. (2023). Harnessing the Power of Big Data: Challenges and Opportunities in Analytics. *Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology*, 44(2). doi:10.52783/tjjpt.v44.i2.193
- Lachow, I., & Butler, R. (2016). SMART CITY PARTNERSHIPS. *CYBERSECURITY INITIATIVE*, 4-6. Ανάκτηση Νοεμβρίου 14, 2024, από <http://www.jstor.com/stable/resrep10510.5>
- Laghari, A., Li, H., Shoulin, Y., Jumani, A., Khan, A., & Hussain Dahri, F. (2025). Internet of Things for gaming: A review. *Entertainment Computing*, σσ. 1-15. doi:10.1016/j.entcom.2024.100910
- Li, D., Shan, J., Shao, Z., Zhou, X., & YAO, Y. (2013). Geomatics for Smart Cities - Concept, Key Techniques, and Applications. *Geo-spatial Information Science*, 13-24. doi:10.1080/10095020.2013.772803
- Macron, T. (2025). *The Future of Sustainable Smart Cities: AI and Blockchain in Convergence*. Ανάκτηση από ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/389355144\\_The\\_Future\\_of\\_Sustainable\\_Smart\\_Cities\\_AI\\_and\\_Blockchain\\_in\\_Convergence](https://www.researchgate.net/publication/389355144_The_Future_of_Sustainable_Smart_Cities_AI_and_Blockchain_in_Convergence)
- Mahela, O., Jain, N., & Khan, B. (2024). Cybersecurity for Smart Cities. Στο O. Mahela, B. Khan, & P. Jain (Επιμ.), *Emerging Electrical and Computer Technologies for Smart Cities: Modelling, Solution Techniques and Applications* (σσ. 19-35). Boca Raton: CRC Press. doi:10.1201/9781003486930-5
- Majeed, U., Khan, L., Yaqoob, I., Kazmi, A., Salah, K., & Hong, C. (2021). Blockchain for IoT-based smart cities: Recent advances, requirements, and future challenges. *Journal of Network and Computer Applications*, 1-25. doi:doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103007
- Mounir M., E. K., Abidi, N., Al-Nakeeb, A., Alshurideh, M., & Ahmed, G. (2023). Dubai Smart City as a Knowledge Based Economy. Στο M. Alshurideh, B. Al Kurdi, R. Masa'deh, H. Alzoubi,

- & S. Salloum (Επιμ.), *The Effect of Information Technology on Business and Marketing Intelligence Systems. Studies in Computational Intelligence* (σσ. 1657-1672). Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-031-12382-5\_90
- Moura, F., & De Abreu e Silva, J. (2019). Smart Cities: Definitions, Evolution of the Concept and Examples of Initiatives. *Industry, Innovation and Infrastructure*, 3-9. doi:10.1007/978-3-319-71059-4\_6-1
- Mrabet, M., & Sliti, M. (2024). Integrating machine learning for the sustainable development of smart cities. *Frontiers*, σσ. 1-25. doi:10.3389/frsc.2024.1449404
- Movanu, L. (2023, 06). Blockchain for an efficient public administration. *Perspective Politice*, σσ. 133-141. doi:10.25019/perspol/23.16.0.13
- Muheidat, F., Patelb, D., Tammisetty, S., Tawakbeh, L., & Tawalbeh, M. (2021). Emerging Concepts Using Blockchain and Big Data. *Procedia Computer Science*, 15-22. doi:10.1016/j.procs.2021.12.206
- Nair, S. (2023). Blockchain and Cloud Services: Exploring the potential synergies and applications of Blockchain Technology in Cloud Computing. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 56-61. doi:10.17148/IJARCCCE.2023.121209
- NGI Trust Chain*. (χ.χ.). Ανάκτηση από TrueGov: <https://trustchain.ngi.eu/truegov/#:~:text=TRUEGov%20aims%20to%20address%20the,across%20municipalities%20and%20public%20institutions>
- Observatory of public sector innovation. (2021). *QualiChain*. Ανάκτηση από <https://oecd-opsi.org/innovations/qualichain/>
- Panahi Rizi, M., & Hosseini Seno, S. (2022). A systematic review of technologies and solutions to improve security and privacy protection of citizens in the smart city. *Internet of Things*, σσ. 2-33. doi:10.1016/j.iot.2022.100584
- Paraskevopoulos, C., & Karatzas & Partners. (2021). Ανάκτηση από Chambers GLOBAL PRACTICE GUIDES-Blockchain: [https://karatza-partners.gr/wp-content/uploads/2021/07/KP\\_Chambers-2021\\_Blockchain-guide\\_Greece.pdf](https://karatza-partners.gr/wp-content/uploads/2021/07/KP_Chambers-2021_Blockchain-guide_Greece.pdf)
- Petalas, G. (2023, 01). *SMART CONTRACTS & CRYPTOCURRENCIES*. Ανάκτηση από UNIVERSITY OF PIRAEUS: <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/15360/%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%20%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Qiu, J., Cao, J., Gu, X., Ge, Z., Wang, Z., & Liang, Z. (2023). Design of an Evaluation System for Disruptive Technologies to Benefit Smart Cities. *sustainability*, 1-17. doi:10.3390/su15119109
- Rana, A., Chauhan, R., Sajwan, V., Devliyal, S., & Gupta, S. (2024). Implementation of Internet of things in building smart cities. *Conference on Intelligent and Innovative Technologies in*

- Computing, Electrical and Electronics.* Bengaluru: IEEE.  
doi:10.1109/IITCEE59897.2024.10467428
- Ridic, O., Jukic, T., Ridic, G., Jasmina, M., Bušatlić, S., & Karamehic, J. (2022). Implementation of Blockchain Technologies in Smart Cities, Opportunities and Challenges. Στο S. S. Muthu (Επιμ.), *Blockchain Technologies for Sustainability* (σσ. 1-28). Kowloon: Springer. doi:10.1007/978-981-16-6301-7\_4
- Rust, A. (2023). Exploring the Synergies between Blockchain and Internet of Things (IoT) Technologies: A Review of Current Applications and Future Potentials. 1-4. doi:10.5281/zenodo.8276833
- Santosh, K. (2023). Blockchain Based Model for Cloud Computing Security. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 12(8), σσ. 7-19. doi:10.17148/IJARCCCE.2023.12802.
- Sarkheyli, A., & Sarkheyli, E. (2019). Smart Megaprojects in Smart Cities, Dimensions, and Challenges. Στο D. Rawat, & K. Ghafoor (Επιμ.), *Smart cities cybersecurity and privacy* (σσ. 269-277). Falun, Tehran: Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-815032-0.00019-6
- Selmy, H., Mohamed, H., & Medhat, W. (2024, 02). Big data analytics deep learning techniques and applications: A survey. *Information Systems*, 120(102318), σσ. 1-19. doi:10.1016/j.is.2023.102318
- Shaikh, S., Sheiba, S., & Sridevi, M. (2024). Integrating blockchain with big data analytics for enhanced IoT security and efficiency. Στο S. Selvarajan, G. Mohammad, S. Reddy, & P. Balachandran (Επιμ.), *Big Data and Blockchain Technology for Secure IoT Applications*. Boca Raton: CRC Press. doi:10.1201/9781032663005-9
- Sharma, N., Sharma, R., & Jindal, N. (2021, 06). Machine Learning and Deep Learning Applications-A Vision. *Global Transitions Proceedings*, σσ. 24-28. doi:10.1016/j.gltp.2021.01.004
- Sheombar, H. S., & Sheombar, J. V. (2021). Peril on the Road to Utopia – Opportunities and Risks of Infusing Personal Data into the Smart City Ecosystem. Στο S. Topham, P. Boscolo, & M. Mulquin (Επιμ.), *PERSONAL DATA-SMART CITIES How Cities Can Utilise Their Citizen's Personal Data To Help Them Become Climate Neutral* (σσ. 5-23). Gistrup: River Publishers.
- Shuhaiber, A., Nizamuddin, N., & Amer, A. (2023). Breaking Boundaries: Exploring Blockchain's Impact on UAE Organizations. *Fifth International Conference on Blockchain Computing and Applications (BCCA)* (σ. 10.1109/BCCA58897.2023.10338867). Kuwait: IEEE. doi:10.1109/BCCA58897.2023.10338867
- Shuling, L. (2018). Application of Blockchain Technology in Smart City Infrastructure. *IEEE International Conference on Smart Internet of Things* (σσ. 279-282). Shaanxi: IEEE. doi:10.1109/SmartIoT.2018.00056
- iassiakos, K., Bompoti, F., Papaioannou, T., Stagka, K., Zarafidis, P., & Pavli, A. (2020). Exploring Blockchain for Public Sector Recruitment. *eLmL 2020 : The Twelfth International*

- Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning*, σσ. 1-3. Ανάκτηση από [https://digitalrepository.ekdd.gr/bitstream/123456789/968/1/elml\\_2020\\_1\\_10\\_58001.pdf](https://digitalrepository.ekdd.gr/bitstream/123456789/968/1/elml_2020_1_10_58001.pdf)
- Siassiakos, K., Ilioudi, S., Tsaktsira, E., Mitsiou, V., & Nanouris, D. (2020). Utilization of Blockchain Technology in Greek Public Administration. *Advances in Management & Applied Economics*, σσ. 223-237. Ανάκτηση από [https://www.scienpress.com/Upload/AMAE%2fVol%2010\\_4\\_12.pdf](https://www.scienpress.com/Upload/AMAE%2fVol%2010_4_12.pdf)
- Singh, S., Sharmab, P. K., Yoon, B., Shojafar, M., Chod, G. H., & Rae, I.-H. (2020). Convergence of blockchain and artificial intelligence in IoT network for the sustainable smart city. *Sustainable Cities and Society*, 1-16. doi:doi.org/10.1016/j.scs.2020.102364
- SmartCLOUD. (2024). *Why AWS Cloud Services are Transforming Dubai's Digital Landscape*. Ανάκτηση από LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/why-aws-cloud-services-transforming-dubais-digital-landscape-hivhc/>
- Sun, J., Yan, J., & Zhang, K. (2016). Blockchain-based sharing services: What blockchain technology can contribute to smart cities. *Financial Innovation*, σσ. 1-9. doi:10.1186/s40854-016-0040-y
- Swazi, K. (2025). Integrating Blockchain Technology with Cloud-Based Internet of Things Ecosystems for Secure and Transparent Data Transactions in Smart Cities. *QIT Press - International Journal of IOT*, σσ. 1-7. Ανάκτηση από [https://qitpress.com/articles/QITP-IJIOT/VOLUME\\_5\\_ISSUE\\_1/QITP-IJIOT\\_05\\_01\\_001.pdf](https://qitpress.com/articles/QITP-IJIOT/VOLUME_5_ISSUE_1/QITP-IJIOT_05_01_001.pdf)
- Tanweer, A. (2021). Blockchain cities: the futuristic cities driven by Blockchain, big data and internet of things. *GeoJournal*, 87, 5383–5412. doi:10.1007/s10708-021-10508-0(0123456789(),-volV)(
- Tayeb, A., Alzubi, A., & Iyola, K. (2024). Artificial intelligence and smart decision making in smart cities: a parallel moderated mediation approach. *International Journal of Urban Sciences*, 1-29. doi:10.1080/12265934.2024.2407796
- Theodorou, S., & Sklavos, N. (2019). Blockchain-Based Security and Privacy in Smart Cities. Στο D. Rawat, & K. Ghafoor (Επιμ.), *Smart cities cybersecurity and privacy* (σσ. 21-37). Nicosia, Patras: Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-815032-0.00003-2
- Tianfield, H. (2012). Security Issues In Cloud Computing. *2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics October 14-17, 2012, COEX, Seoul, Korea* (σσ. 1082-1089). Seoul: IEEE Xplore. doi:10.1109/ICSMC.2012.6377874
- Treiblmaier, H., Rejeb, A., & Strebing, A. (2020). Blockchain as a Driver for Smart City Development: Application Fields and a Comprehensive Research Agenda. *Smart Cities*, 853-872. doi:10.3390/smartcities3030044
- Tufiş, M. (2021). Data Valuation and Its Applications for Smart Cities. Στο S. Topham, P. Boscolo, & M. Mulquin (Επιμ.), *River Publishers Series in Energy Sustainability and Efficiency*;

- PERSONAL DATA-SMART CITIES; How Cities Can Utilise Their Citizen's Personal Data* (σσ. 217-243). Gistrup: River Publishers.
- Ullah, Z., Naeem, M., Coronato, A., Patrizia, R., & De Pietro, G. (2023). Blockchain Applications in Sustainable Smart Cities. *Sustainable Cities and Society*, 1-16. doi:10.1016/j.scs.2023.104697
- Veselitskaya, N., Karasev, O., & Beloshitkiy, A. (2019). DRIVERS AND BARRIERS FOR SMART CITIES DEVELOPMENT. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 14(1), 85-110. doi:https://www.jstor.org/stable/10.2307/26590931
- Vij, M., & Rizwan, S. (2022). Emerging Technologies in Tourism for a Better Experience: The Case of Dubai. Στο Η. Azizul (Επιμ.), *Technology Application in Tourism in Asia* (σσ. 97-107). Singapore: Springer Nature. doi:10.1007/978-981-16-5461-9\_6
- World Competitiveness Center. (2024). *IMD Smart City Index*. IMD/World Competitiveness Center. Ανάκτηση από [https://imd.widen.net/s/q7flvgtvbs/20240412-smartcityindex-2024-full-report\\_4](https://imd.widen.net/s/q7flvgtvbs/20240412-smartcityindex-2024-full-report_4)
- Xanthopoulou, P. (2022, 06). Blockchain and the digital transformation of the public sector: The Greek experience. *Technium Social Sciences Journal*, σσ. 558-570. doi:10.47577/tssj.v32i1.6702
- Xie J., Tang H., Huang T., Yu F., Xie R., Liu, J. & Liu Y.. (2019). A Survey of Blockchain Technology Applied to Smart Cities: Research Issues and Challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. PP. doi: 1-1. 10.1109/COMST.2019.2899617
- Xihua, Z., & Goyal, S. (2022). Security and Privacy Challenges using IoT-Blockchain Technology in a Smart City: Critical Analysis. *International Journal of Electrical and Electronics Research (IJEER)*, σσ. 190-195. Ανάκτηση Φεβρουαρίου 23, 2025, από <https://ijeer.forexjournal.co.in/archive/volume-10/ijeer-100224.html>
- Yigitcanlar, T., Desouza, K., Butler, L., & Roozkhosh, F. (2020). Contributions and Risks of Artificial Intelligence (AI) in Building Smarter Cities: Insights from a Systematic Review of the Literature. *Energies*, 1-38. doi:10.3390/en13061473
- Yu, H., & Yang, Z. (2019). Decentralized Big Data Auditing for Smart City Environments Leveraging Blockchain Technology. *IEEE Access*, σσ. 6288-6296. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2888940
- Yu, S., Das, A. K., Park, Y., & Lorenz, P. (2022). SLAP-IoD: Secure and Lightweight Authentication Protocol Using Physical Unclonable Functions for Internet of Drones in Smart City Environments. *IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY*, 71(10), 10374-10388. doi:10.1109/TVT.2022.3188769
- Zahmatkesh, H., & Al-Turjman, F. (2020). Fog computing for sustainable smart cities in the IoT era: Caching techniques and enabling technologies - an overview. *Sustainable Cities and Society*, σσ. 1-15. doi:10.1016/j.scs.2020.102139

- Zhang, X., Upton, O., Beebe, N., & Choo, K.-K. (2020). IoT Botnet Forensics: A Comprehensive Digital Forensic Case Study on Mirai Botnet Servers. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 32, 1-10. doi:10.1016/j.fsidi.2020.300926
- Zubair, S., Zubair, M., & Ahmed, M. (2023). Investigation on the Infusion of Cybersecurity and Smart City. Στο M. Ahmed, & P. Haskell-Dowland (Επιμ.), *Cybersecurity for Smart Cities, Advanced Sciences and Technologies for Security Applications*, (σσ. 1-15). Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-031-24946-4\_1