



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Τεχνολογίας

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

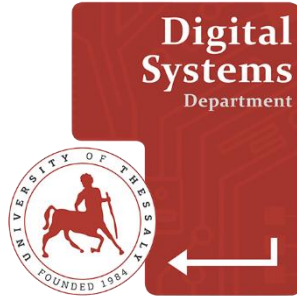
Προσομοίωση σεναρίων IoT για εφαρμογές Έξυπνης Πόλης

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πασσαλίδης Κωνσταντίνος (ΑΜ: 3119232)

Επιβλέπων: Απόστολος Ξενάκης, βαθμίδα

ΛΑΡΙΣΑ, Μήνας Έτος



UNIVERSITY OF THESSALY

School of Technology

Digital Systems Department

Simulation of IoT scenarios for Smart City applica-tions

BACHELOR THESIS

Passalidis Konstantinos (RN: 3119232)

Supervisor: *Apostolos Xenakis, position*

LARISSA, month year

Υπεύθυνη Δήλωση περί Ακαδημαϊκής Δεοντολογίας και Πνευματικών Δικαιωμάτων

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον, και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο/Η Δηλών/ούσα

Κωνσταντίνος Πασσαλίδης

Ημερομηνία

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπων/πουσα	Ονοματεπώνυμο Επιβλέποντα Ξενάκης Απόστολος, Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Μέλος	Ονοματεπώνυμο Μέλους 1 Κωνσταντίνος Χαϊκάλης
Μέλος	Ονοματεπώνυμο Μέλους 2 Δημήτριος Κοσμάνος

Ημερομηνία έγκρισης: 9-4-2024

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία διερευνά σε βάθος τον ρόλο του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στο πλαίσιο των Έξυπνων Πόλεων, με έμφαση στις τεχνολογικές, κοινωνικές και ηθικο-νομικές διαστάσεις της μετάβασης σε ένα περισσότερο διασυνδεδεμένο και αυτοματοποιημένο αστικό περιβάλλον. Στόχος υπήρξε η ανάδειξη των βασικών αρχών λειτουργίας του IoT, η αποτύπωση της τεχνολογικής υποδομής και των μορφών επικοινωνίας μεταξύ συσκευών, καθώς και η ανάλυση των δεδομένων που παράγονται και χρησιμοποιούνται σε τέτοια περιβάλλοντα.

Ακολουθήθηκε μεθοδολογία ποιοτικής και ποσοτικής προσέγγισης, μέσω βιβλιογραφικής έρευνας, ανάλυσης υπαρχόντων προτύπων ανταλλαγής και αποθήκευσης δεδομένων (όπως JSON, XML, CSV), καθώς και μελέτης των επιμέρους επιπέδων επικοινωνίας σε δίκτυα μικρής, μεσαίας και μεγάλης εμβέλειας. Παράλληλα, εντοπίστηκαν οι βασικοί ηθικοί και νομικοί προβληματισμοί που ανακύπτουν, με έμφαση στην ιδιωτικότητα, την προστασία προσωπικών δεδομένων και τη συμμόρφωση με το κανονιστικό πλαίσιο του GDPR.

Ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στα ζητήματα ασφαλείας και διακυβέρνησης των δεδομένων, αναλύοντας ενδεχόμενες απειλές και τεχνικές αντιμετώπισης, καθώς και τη σημασία ανοικτών δεδομένων, με έμφαση στα οφέλη αλλά και στους κινδύνους που αυτά ενέχουν. Επιπλέον, παρουσιάστηκε η έννοια των “ζωντανών εργαστηρίων” και προσομοιώθηκαν σενάρια μέσω της πλατφόρμας CupCarbon Digital Twin IoT, προκειμένου να απεικονιστεί ρεαλιστικά η λειτουργία έξυπνων πόλεων υπό πραγματικές ή υποθετικές συνθήκες.

Η εργασία καταλήγει σε συγκεκριμένα συμπεράσματα σχετικά με τις προϋποθέσεις για βιώσιμη και ασφαλή ανάπτυξη έξυπνων πόλεων και την ανάγκη διαρκούς προσαρμογής των υποδομών και των πολιτικών στις νέες τεχνολογικές προκλήσεις

Abstract

This thesis explores in depth the role of the Internet of Things (IoT) within the context of Smart Cities, with emphasis on the technological, social, and ethical-legal dimensions of transitioning to a more interconnected and automated urban environment. The main objective was to highlight the fundamental principles of IoT operations, outline the technological infrastructure and communication methods between devices, and analyze the data generated and utilized in such environments.

A mixed-methods approach was followed, combining qualitative and quantitative research through literature review, analysis of existing data exchange and storage formats (such as JSON, XML, CSV), and an examination of communication layers across short-, mid-, and long-range wireless networks. Special attention was given to ethical and legal concerns, particularly issues of privacy, data protection, and compliance with regulatory frameworks such as the GDPR.

Security and data governance issues were addressed thoroughly, with analysis of potential threats and defense techniques, as well as the benefits and risks of open data. Furthermore, the concept of "Living Labs" was introduced and IoT application scenarios were simulated using the CupCarbon Digital Twin IoT platform, in order to provide a realistic illustration of Smart City operations under real-world or hypothetical conditions.

The thesis concludes with specific findings regarding the prerequisites for the sustainable and secure development of Smart Cities, emphasizing the need for constant adaptation of infrastructure and policies in response to evolving technological challenges.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Πρωτίστως, ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου, η οποία, παρότι δεν έχει άμεση σχέση με το αντικείμενο των σπουδών μου, με στήριξε ψυχολογικά και ηθικά σε κάθε στάδιο αυτής της προσπάθειας, προσφέροντάς μου το απαραίτητο περιβάλλον για συγκέντρωση και συνέπεια.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον επιβλέποντα καθηγητή μου, για την πολύτιμη βοήθεια, την καθοδήγηση και την επιστημονική υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Η συμβολή του υπήρξε καθοριστική στην ανάπτυξη της σκέψης και της μεθοδολογικής προσέγγισης του θέματος.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τους δημοτικούς και ιδιωτικούς φορείς που με ευγένεια και προθυμία μου παρείχαν τα απαραίτητα δεδομένα και πληροφορίες, διευκολύνοντας σημαντικά την έρευνα και τεκμηρίωση των εφαρμογών που παρουσιάζονται.

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΣΣΑΛΙΔΗΣ

ημερομηνία

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	VII
ABSTRACT.....	IX
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	XI
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	XIII
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2 «ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ».....	3
2.1 ΣΤΡΟΦΗ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΈΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ	3
2.1.1 Αυξημένη συνδεσιμότητα μέσω IoT.....	4
2.1.2 Ψηφιοποίηση τεράστιας ποσότητας δεδομένων	5
2.1.3 Επιχειρηματικότητα με γνώμονα την τεχνολογία.....	5
2.2 ΠΥΛΩΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΙΑΣ ΈΞΥΠΝΗΣ ΠΟΛΗΣ	6
2.2.1 Υποδομή.....	7
2.2.2 Διαχείριση δεδομένων	7
2.2.3 Συμμετοχή των πολιτών	7
2.3 Η ΑΠΟΨΗ ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΩΝ	8
3 ΟΙ ΜΟΡΦΕΣ, ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	11
3.1 ΠΡΟΤΥΠΑ OASIS (ORGANIZATION FOR THE ADVANCEMENT OF STRUCTURED INFORMATION STANDARDS).....	11
3.1.1 . CSV (τιμές διαχωρισμένες με κόμμα).....	12
3.1.2 JSON (JavaScript Object Notation):	13
3.1.3 XML (eXtensible Markup Language):.....	13
3.1.4 Συμβολισμός αντικειμένων JavaScript (JSON):	13
3.2 ΕΙΔΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΙΟΤ ΓΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	14
3.2.1 Ασύρματα Δίκτυα Μικρής Εμβέλειας.....	15
3.2.2 Ασύρματα Δίκτυα Μεσαίας Εμβέλειας	17
3.2.3 Ασύρματα Δίκτυα Μεγάλης Εμβέλειας.....	18

3.3	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ(DISPOSITIVE DATA).....	20
3.3.1	Αποθήκες δεδομένων (Data Warehouses).....	20
3.3.2	Λίμνες δεδομένων(Data Lakes).....	21
4	ΑΝΟΙΚΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΗΘΙΚΟΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΙΣ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ.....	25
4.1	ΗΘΙΚΑ ΚΑΙ ΝΟΜΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ	25
4.1.1	Προστασία Ιδιωτικότητας και Απόρρητο	25
4.1.2	Συναίνεση και Διαφάνεια στη Συλλογή Δεδομένων.....	26
4.1.3	Ακρίβεια, Μεροληψία και Δικαιοσύνη στα Δεδομένα	26
4.1.4	Ρυθμιστικό Πλαίσιο και GDPR.....	27
4.2	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	27
4.2.1	Ανωνυμοποίηση και Απο-ταυτοποίηση.....	27
4.2.2	Κρυπτογραφικές Τεχνικές και Tokenization	28
4.2.3	Εκτιμήσεις Επιπτώσεων στην Ιδιωτικότητα (PIAs).....	29
4.3	ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΛΕΣ	30
4.3.1	Τύποι Παραβιάσεων Ανοικτών Δεδομένων	30
4.3.2	Botnets, Κυβερνοαπειλές και Ευπάθειες IoT.....	30
4.3.3	Ζητήματα VR, AI και Επεξεργασίας σε Cloud.....	30
4.4	ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗ, ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ.....	31
4.4.1	Άδειες Ανοικτών Δεδομένων (ODbL, CC).....	31
4.4.2	Πνευματική Ιδιοκτησία και Συνεργατικά Πλαίσια	32
4.4.3	Διακυβέρνηση και Πολιτικές Δεδομένων.....	33
4.5	ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΙΣ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ	33
4.5.1	Νομισματοποίηση και Εμπορική Αξιοποίηση.....	33
4.5.2	Εμπόδια και Απειλές στην Πράξη.....	34
5	ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΜΙΑΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΠΟΛΗΣ	35
5.1	ΖΩΝΤΑΝΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ (LIVING LABS).....	35
5.2	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	36
5.3	ΑΚΡΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ	44
5.4	ΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	44
5.5	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ	45
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	47

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	49
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	55
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	69

1 Εισαγωγή

Η τεχνολογική πρόοδος και η εξάπλωση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) έχουν οδηγήσει στην εμφάνιση ενός νέου αστικού μοντέλου: των έξυπνων πόλεων (smart cities). Οι πόλεις αυτές επαναπροσδιορίζουν τον τρόπο λειτουργίας του αστικού ιστού, αξιοποιώντας τη συνδεσιμότητα, τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, και την αλληλεπίδραση ανθρώπων, υποδομών και συσκευών. Σε αυτό το πλαίσιο, η χρήση του IoT επιτρέπει στις πόλεις να γίνουν πιο βιώσιμες, αποδοτικές και ανθρώπινες.

Η αυξανόμενη ανάγκη για ψηφιοποίηση και αυτοματοποίηση στη διαχείριση πόρων, μεταφορών, ενέργειας και διοικητικών υπηρεσιών ενισχύει τη στροφή προς την ανάπτυξη έξυπνων λύσεων. Η ενσωμάτωση αισθητήρων, συστημάτων επικοινωνίας και τεχνολογιών πληροφορικής μετατρέπει τις πόλεις σε περιβάλλοντα που μπορούν να "αισθάνονται", να "μαθαίνουν" και να "αποφασίζουν" με στόχο την καλύτερη εξυπηρέτηση των πολιτών και την ενίσχυση της ποιότητας ζωής.

Η μετάβαση αυτή συνοδεύεται από πλήθος προκλήσεων. Ζητήματα όπως η ασφάλεια των δεδομένων, η προστασία της ιδιωτικότητας, η διαφάνεια, καθώς και τα ηθικά και νομικά πλαίσια, αναδεικνύονται σε κρίσιμους τομείς που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Παράλληλα, οι τεχνολογίες οπτικοποίησης, τα εργαλεία αποθήκευσης και ανάλυσης δεδομένων, αλλά και τα μοντέλα διακυβέρνησης των πληροφοριών, διαμορφώνουν το ψηφιακό τοπίο των έξυπνων πόλεων.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται αναλυτικά το φαινόμενο των έξυπνων πόλεων μέσα από το πρίσμα του IoT, παρουσιάζοντας τις βασικές τεχνολογίες, τα δεδομένα και τις προκλήσεις που προκύπτουν, με στόχο την κατανόηση της εξέλιξης των σύγχρονων αστικών χώρων και του ρόλου της τεχνολογίας στη διαμόρφωσή τους.

Στο τέλος θα παρουσιαστούν και επιλεγμένα σενάρια εφαρμογών IoT για έξυπνες πόλεις, μέσω προσομοιώσεων και οπτικοποιήσεων που έχουν υλοποιηθεί με τη χρήση της πλατφόρμας CupCarbon Digital Twin IoT. Μέσα από στιγμιότυπα (screenshots) και βίντεο από προσομοιώσεις, αναδεικνύονται λειτουργικές όψεις και τεχνικές δυνατότητες που προσφέρει το IoT σε πραγματικές ή υποθετικές αστικές συνθήκες.

2 «Διαδίκτυο Των Πραγμάτων»

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT) αποτελεί ένα σύγχρονο τεχνολογικό σύστημα, το οποίο βασίζεται στη διασύνδεση φυσικών αντικειμένων με δίκτυα επικοινωνίας, κυρίως μέσω του διαδικτύου. Τα αντικείμενα αυτά ενσωματώνουν αισθητήρες, λογισμικό, υπολογιστική ισχύ και τεχνολογίες συνδεσιμότητας, επιτρέποντας τη συλλογή, την επεξεργασία και την ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Στόχος είναι η ενίσχυση της λειτουργικότητας και της αυτονομίας συσκευών σε διάφορους τομείς εφαρμογής, όπως η βιομηχανία, η υγειονομική περίθαλψη, η αγροτική παραγωγή και οι έξυπνες πόλεις, με σκοπό τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ποιότητας ζωής.

Ωστόσο, η εξάπλωση του IoT συνοδεύεται από προκλήσεις που σχετίζονται με την ασφάλεια των δεδομένων, την προστασία της ιδιωτικότητας και τη διαλειτουργικότητα μεταξύ ετερογενών συστημάτων. Η αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων απαιτεί τη θέσπιση διεθνών προτύπων, ρυθμιστικών πλαισίων και τεχνικών προδιαγραφών που διασφαλίζουν την αξιόπιστη, ασφαλή και ηθική χρήση των τεχνολογιών αυτών. Η διεπιστημονική προσέγγιση στην ανάπτυξη του IoT, η οποία συνδυάζει την πληροφορική, τη μηχανική, τη νομική και την κοινωνική επιστήμη, είναι καθοριστική για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του με υπευθυνότητα και συνέπεια.

2.1 Στροφή προς τις Έξυπνες Πόλεις

Η ταχεία αστικοποίηση, η δημογραφική πίεση και οι προκλήσεις που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή και τη διαχείριση πόρων έχουν αναδείξει την ανάγκη για πιο αποδοτικά και βιώσιμα μοντέλα οργάνωσης του αστικού χώρου. Σε αυτό το πλαίσιο, οι "έξυπνες πόλεις" (smart cities) προκύπτουν ως μια καινοτόμος απάντηση, αξιοποιώντας τις δυνατότητες των νέων τεχνολογιών για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Η ενσωμάτωση ψηφιακών υποδομών, αισθητήρων και συστημάτων πληροφορικής επιτρέπει την ευφυή διαχείριση της ενέργειας, των μεταφορών, της υγείας και του περιβάλλοντος, ενισχύοντας τη διαφάνεια, τη συμμετοχικότητα και την αποτελεσματικότητα της αστικής διακυβέρνησης.

Η εξέλιξη του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) σε συνδυασμό με την εκθετική αύξηση του όγκου των παραγόμενων δεδομένων, επιταχύνει τη μετάβαση προς αυτό το νέο αστικό μοντέλο. Οι σύγχρονες πόλεις μετατρέπονται σε διασυνδεδεμένα οικοσυστήματα, στα οποία οι ψηφιακές τεχνολογίες λειτουργούν ως δομικά στοιχεία για την προληπτική λήψη αποφάσεων και την προσαρμοστικότητα σε πραγματικό χρόνο. Έτσι, η στροφή προς τις έξυπνες πόλεις δεν αποτελεί απλώς τεχνολογική καινοτομία, αλλά στρατηγική επιλογή για τη διαχείριση της πολυπλοκότητας και των απαιτήσεων του 21ου αιώνα, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για βιώσιμη, ασφαλή και ευφυή αστική ανάπτυξη.

2.1.1 Αυξημένη συνδεσιμότητα μέσω IoT

Η τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT) έχει επιφέρει έναν θεμελιώδη μετασχηματισμό στον τρόπο λειτουργίας και διαχείρισης των σύγχρονων αστικών περιβαλλόντων, καθιστώντας τις πόλεις πιο διασυνδεδεμένες και «ευφείς». Μέσω της εγκατάστασης αισθητήρων, συσκευών παρακολούθησης και δυναμικών συστημάτων ανάλυσης δεδομένων, οι αστικές υποδομές γίνονται ικανές να αλληλεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο, προσφέροντας βελτιστοποιημένες λύσεις σε κρίσιμες λειτουργίες της καθημερινής ζωής. Οι τεχνολογίες αυτές ενσωματώνονται αδιάλειπτα στον αστικό ιστό, συμβάλλοντας στην αποτελεσματικότερη διαχείριση πόρων, τη βιωσιμότητα και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της ενσωμάτωσης εντοπίζονται στη διαχείριση της κυκλοφορίας, όπου αισθητήρες και αλγόριθμοι επεξεργασίας δεδομένων επιτρέπουν την προσαρμογή των σηματοδοτών και της ροής οχημάτων με βάση τις πραγματικές συνθήκες, περιορίζοντας τη συμφόρηση και μειώνοντας τους χρόνους μετακίνησης. Επιπλέον, τα «έξυπνα» συστήματα αποκομιδής απορριμμάτων, εξοπλισμένα με αισθητήρες πληρότητας, διευκολύνουν τον σχεδιασμό βέλτιστων δρομολογίων συλλογής, μειώνοντας τις εκπομπές και την κατανάλωση καυσίμων. Σημαντική είναι επίσης η συμβολή του IoT στην περιβαλλοντική παρακολούθηση, με αισθητήρες που μετρούν κρίσιμες παραμέτρους, όπως η ποιότητα του αέρα, τα επίπεδα θορύβου και οι κλιματικές συνθήκες, επιτρέποντας την έγκαιρη λήψη μέτρων για την προάσπιση της δημόσιας υγείας και τη χάραξη πολιτικών βιώσιμης ανάπτυξης.

Εν τέλει, η αξιοποίηση του IoT δεν περιορίζεται μόνο στη βελτίωση της αποδοτικότητας των υποδομών, αλλά επεκτείνεται και στην ενίσχυση της προσαρμοστικότητας και της ανθεκτικότητας των πόλεων απέναντι σε κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές προκλήσεις. Οι έξυπνες πόλεις του 21ου αιώνα αναδεικνύονται ως πρότυπα ψηφιακού μετασχηματισμού, αξιοποιώντας την αυξημένη συνδεσιμότητα για να παρέχουν καινοτόμες και ανθρωποκεντρικές λύσεις.

2.1.2 Ψηφιοποίηση τεράστιας ποσότητας δεδομένων

Η διαδικασία της ψηφιοποίησης έχει αναδειχθεί ως καταλύτης για την ενίσχυση της παγκόσμιας διασύνδεσης, προσφέροντας νέες δυνατότητες πρόσβασης σε τεχνολογικές υποδομές και υπηρεσίες. Από το 2018, περίπου τα δύο τρίτα του παγκόσμιου πληθυσμού, που τότε ανερχόταν στα 7,6 δισεκατομμύρια άτομα, διέθεταν κινητό τηλέφωνο — με τα μισά περίπου από αυτά να είναι «έξυπνα» (smartphones). Η εκτεταμένη διείσδυση των φορητών συσκευών συνοδεύτηκε από αύξηση της προσβασιμότητας στο διαδίκτυο, η οποία καλύπτει πλέον πάνω από το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού. Επιπλέον, η χρήση των κοινωνικών δικτύων μέσω κινητών τηλεφώνων έχει αυξηθεί εντυπωσιακά, με σχεδόν 3 δισεκατομμύρια άτομα να συμμετέχουν ενεργά σε πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης μέσω φορητών συσκευών.

Παράλληλα με τη διεύρυνση της συνδεσιμότητας, η παραγωγή ψηφιακών δεδομένων παρουσιάζει εκθετική αύξηση. Το 2020, ο παγκόσμιος όγκος δεδομένων —που περιλαμβάνει τη δημιουργία, συλλογή, αντιγραφή και κατανάλωση— εκτιμήθηκε στα 64,2 zettabytes, ενώ προβλέπεται να υπερβεί τα 180 zettabytes μέχρι το 2025. Ειδικά κατά τη διάρκεια του 2020, η δημιουργία δεδομένων ξεπέρασε κάθε προηγούμενη πρόβλεψη, γεγονός που αποδίδεται κυρίως στην αυξημένη εξ αποστάσεως εργασία και εκπαίδευση λόγω της πανδημίας COVID-19, καθώς και στην εκτεταμένη χρήση υπηρεσιών οικιακής ψυχαγωγίας. Παρά την τεράστια αυτή παραγωγή, μόλις το 2% των παραγόμενων δεδομένων του 2020 αναμένεται να διατηρηθεί μακροπρόθεσμα. Ωστόσο, η ζήτηση για αποθηκευτική χωρητικότητα αναπτύσσεται με ταχείς ρυθμούς: η εγκατεστημένη αποθηκευτική βάση παγκοσμίως το 2020 ανήλθε στα 6,7 zettabytes, ενώ προβλέπεται να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό 19,2% έως το 2025.

2.1.3 Επιχειρηματικότητα με γνώμονα την τεχνολογία

Η τεχνολογική καινοτομία, όταν συνδυάζεται με έξυπνους αισθητήρες, προσφέρει σημαντικά οφέλη και πέρα από τα αστικά περιβάλλοντα, με εντυπωσιακές εφαρμογές στον πρωτογενή τομέα. Ιδιαίτερα στη γεωργία, παρατηρείται τα τελευταία χρόνια ένας δυναμικός μετασχηματισμός των παραδοσιακών μεθόδων καλλιέργειας μέσω της ενσωμάτωσης της γεωργίας ακριβείας, των τεχνολογιών ανάλυσης δεδομένων και των αυτοματοποιημένων αρδευτικών συστημάτων. Αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν στους αγρότες να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο, αυξάνοντας τις αποδόσεις, μειώνοντας τη σπατάλη πόρων και περιορίζοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Ένα ενδεικτικό παράδειγμα αυτής της αλλαγής αποτελεί η AgroCenta, μια νεοφυής επιχείρηση αγροτεχνολογίας με έδρα την Γκάννα, η οποία αξιοποιεί ψηφιακές πλατφόρμες κινητής τηλεφωνίας για να συνδέσει άμεσα μικροκαλλιεργητές με την αγορά. Μέσω αυτής της τεχνολογικής παρέμβασης, μειώνονται οι στρεβλώσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα, διασφαλίζεται διαφάνεια στην τιμολόγηση και ενισχύεται η οικονομική ενδυνάμωση των τοπικών κοινοτήτων. Τέτοιες πρωτοβουλίες αποδεικνύουν ότι η αξιοποίηση των ψηφιακών εργαλείων στον αγροτικό τομέα δεν είναι μόνο ένας μοχλός αύξησης της παραγωγικότητας, αλλά και μέσο για την ενίσχυση της κοινωνικής ισότητας και της οικονομικής ανθεκτικότητας

.

2.2 Πυλώνες για την λειτουργία μιας Έξυπνης Πόλης

Η θεμελίωση της βελτιωμένης ποιότητας ζωής στις σύγχρονες πόλεις εδράζεται στην ανάπτυξη ανθεκτικών και προηγμένων τεχνολογικών υποδομών. Κρίσιμα στοιχεία αυτής της υποδομής αποτελούν η υψηλής ταχύτητας συνδεσιμότητα, οι συσκευές του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), καθώς και τα αποκεντρωμένα ή κεντρικά κέντρα αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων. Αυτή η τεχνολογική βάση λειτουργεί ως ραχοκοκαλιά της ψηφιακής πόλης, καθιστώντας δυνατή την αποδοτική συλλογή, ανάλυση και αξιοποίηση μεγάλων όγκων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Πέραν της τεχνολογικής διάστασης, η ύπαρξη τέτοιων υποδομών ενισχύει και τη δημοκρατικότητα της αστικής διακυβέρνησης, καθώς διευκολύνει τη συμμετοχή των πολιτών μέσα από ψηφιακές πλατφόρμες διαβούλευσης, συστημάτων αξιολόγησης υπηρεσιών και παροχής ανατροφοδότησης. Καθίσταται έτσι εφικτή η διαμόρφωση

πολιτικών με επίκεντρο τον πολίτη, στηριζόμενη σε ακριβή δεδομένα και διαφανείς διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

2.2.1 Υποδομή

Η υλοποίηση των έξυπνων πόλεων προϋποθέτει την ύπαρξη μιας στιβαρής ψηφιακής υποδομής, η οποία δομείται σε τρεις βασικούς άξονες. Πρώτον, *η συνδεσιμότητα υψηλής ταχύτητας* αποτελεί το απαραίτητο υπόβαθρο για την απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ χρηστών και συστημάτων, επιτρέποντας τη διαλειτουργικότητα και την αδιάλειπτη ροή δεδομένων. Δεύτερον, *η ενσωμάτωση συσκευών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT)* επιτρέπει τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και ενεργοποιεί ένα οικοσύστημα αλληλοσυνδεόμενων συσκευών που υποστηρίζουν προηγμένες λειτουργίες σε τομείς όπως η μετακίνηση, η ενέργεια και η δημόσια ασφάλεια. Τρίτον, *τα κέντρα δεδομένων*, ως κόμβοι αποθήκευσης και επεξεργασίας, καθίστανται θεμελιώδη για τη διαχείριση του εκθετικά αυξανόμενου όγκου πληροφοριών, προσφέροντας τη δυνατότητα ανάλυσης και αξιοποίησης των δεδομένων για την υποστήριξη τεκμηριωμένων αποφάσεων και την παροχή εξατομικευμένων υπηρεσιών.

2.2.2 Διαχείριση δεδομένων

Η αξιοποίηση των δεδομένων που παράγονται στις έξυπνες πόλεις προϋποθέτει την ύπαρξη συστημάτων ικανών για αποτελεσματικό χειρισμό της πληροφορίας. Η εφαρμογή τεχνολογικών λύσεων για τη συλλογή, αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων διασφαλίζει την αδιάλειπτη ροή πληροφοριών, στοιχείο κρίσιμο για τη λειτουργία διαλειτουργικών συστημάτων σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα, η ανάλυση μεγάλων δεδομένων (Big Data Analytics) αναδεικνύεται ως θεμελιώδες εργαλείο για την εξαγωγή χρήσιμων γνώσεων. Μέσω προηγμένων τεχνικών ανάλυσης, όπως η μηχανική μάθηση και τα στατιστικά πρότυπα, καθίσταται δυνατή η τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων, η οποία επηρεάζει στρατηγικά τον αστικό σχεδιασμό, τη διαχείριση των πόρων και την αποδοτική παροχή υπηρεσιών προς τους πολίτες.

2.2.3 Συμμετοχή των πολιτών

Η ενίσχυση της συμμετοχής των πολιτών αποτελεί κεντρικό πυλώνα για τη διαμόρφωση έξυπνων και βιώσιμων αστικών περιβαλλόντων. Η ανάπτυξη ψηφιακών πλατφορμών

φιλικών προς τον χρήστη καθιστά εφικτή την ενεργό εμπλοκή του πληθυσμού σε ζητήματα που αφορούν τη λειτουργία της πόλης, ενισχύοντας το αίσθημα του ανήκειν και της συνυπευθυνότητας. Παράλληλα, η ενσωμάτωση εργαλείων ανατροφοδότησης δημιουργεί διαύλους επικοινωνίας μεταξύ πολιτών και τοπικής διοίκησης, επιτρέποντας την άμεση ανταπόκριση στις ανάγκες και τις προτιμήσεις της κοινότητας. Η δυναμική αυτή διάδραση προάγει τη λογοδοσία, ενισχύει τη διαφάνεια και καλλιεργεί ένα περιβάλλον προσανατολισμένο στη συνεχή βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών

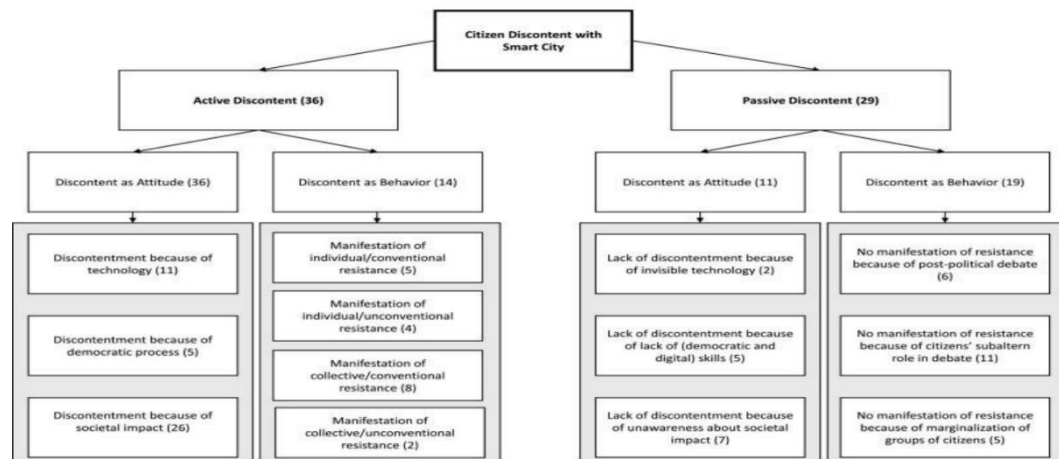
2.3 Η άποψη των πολιτών

Οι Van Twist και συν. (2023) διερευνούν εις βάθος τη δυσaráσκεια των πολιτών στο πλαίσιο του σχεδιασμού και της λειτουργίας των έξυπνων πόλεων, βασιζόμενοι σε συστηματική ανασκόπηση 58 επιστημονικών δημοσιεύσεων. Η μελέτη τους αναδεικνύει δύο διακριτές προσεγγίσεις της έννοιας της δυσaráσκειας. Η πρώτη αφορά την ενεργή δυσaráσκεια, κατά την οποία οι πολίτες εκφράζουν άμεσα τις αντιρρήσεις και τους προβληματισμούς τους απέναντι σε ζητήματα που σχετίζονται με την τεχνολογική διάσταση των έξυπνων πόλεων, τη διαφάνεια και την ποιότητα των δημοκρατικών διαδικασιών, αλλά και τις ευρύτερες κοινωνικές συνέπειες των ψηφιακών μετασχηματισμών. Οι μορφές έκφρασης αυτής της δυσaráσκειας ποικίλλουν, από οργανωμένες δράσεις και διαμαρτυρίες έως την άσκηση πίεσης προς τους θεσμούς.

Η δεύτερη προσέγγιση σχετίζεται με την παθητική δυσaráσκεια, η οποία συχνά παραμένει αόρατη ή ανεξέφραστη. Αυτή η μορφή δυσaráσκειας δεν εκδηλώνεται ενεργά, κυρίως λόγω έλλειψης πληροφόρησης, περιορισμένων ψηφιακών δεξιοτήτων ή απουσίας προσβάσιμων και αξιόπιστων καναλιών επικοινωνίας μέσω των οποίων οι πολίτες θα μπορούσαν να εκφράσουν τις απόψεις και τις ανησυχίες τους. Αυτή η κατάσταση ενδέχεται να οδηγήσει σε απώλεια εμπιστοσύνης προς τις αρχές και στον περιορισμό της ενεργούς συμμετοχής στα κοινά.

Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι και οι δύο μορφές δυσaráσκειας απαιτούν διαφορετικές στρατηγικές διαχείρισης και συμμετοχικής διακυβέρνησης. Η μεν ενεργή προσέγγιση απαιτεί αποτελεσματική επικοινωνία με τις κατάλληλες τεχνολογίες,

κανόνες και πολιτικές πληροφόρησης, ενώ η παθητική απαιτεί ενίσχυση της πολιτικής και ψηφιακής παιδείας, δημιουργία ευκαιριών για συμμετοχή, και προώθηση του δικαιώματος στην αμφισβήτηση. Επομένως, προτείνεται η ενσωμάτωση πιο δημοκρατικών, διαφανών και συμπεριληπτικών μηχανισμών στη διαδικασία ανάπτυξης των έξυπνων πόλεων, ώστε να ενισχυθεί η εμπιστοσύνη και η αίσθηση του ανήκειν μεταξύ των πολιτών.



Εικόνα 1 Κατηγοριοποίηση της δυσaráσκειας των πολιτών απέναντι στις έξυπνες πόλεις

3 ΟΙ ΜΟΡΦΕΣ, ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στο οικοσύστημα των έξυπνων πόλεων, η αποτελεσματική διαχείριση δεδομένων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων και τη διασφάλιση της διαλειτουργικότητας μεταξύ συστημάτων. Η ενσωμάτωση πρότυπων όπως εκείνα του οργανισμού OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) προάγει την τυποποίηση και τη συνεπή ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ ετερογενών τεχνολογιών. Παράλληλα, τα δίκτυα επικοινωνίας IoT—συμπεριλαμβανομένων των τεχνολογιών χαμηλής ή μεσαίας εμβέλειας—επιτρέπουν την αποδοτική μεταφορά δεδομένων από αισθητήρες και συσκευές πεδίου σε κεντρικά συστήματα επεξεργασίας. Τέλος, τα δεδομένα διάθεσης (dispositive data), τα οποία συλλέγονται, αποθηκεύονται και οργανώνονται με σκοπό την ανάλυση, προσφέρουν τη βάση για την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών που ενισχύουν τον στρατηγικό σχεδιασμό και τη λειτουργική βελτιστοποίηση των υπηρεσιών της πόλης.

3.1 Πρότυπα OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards)

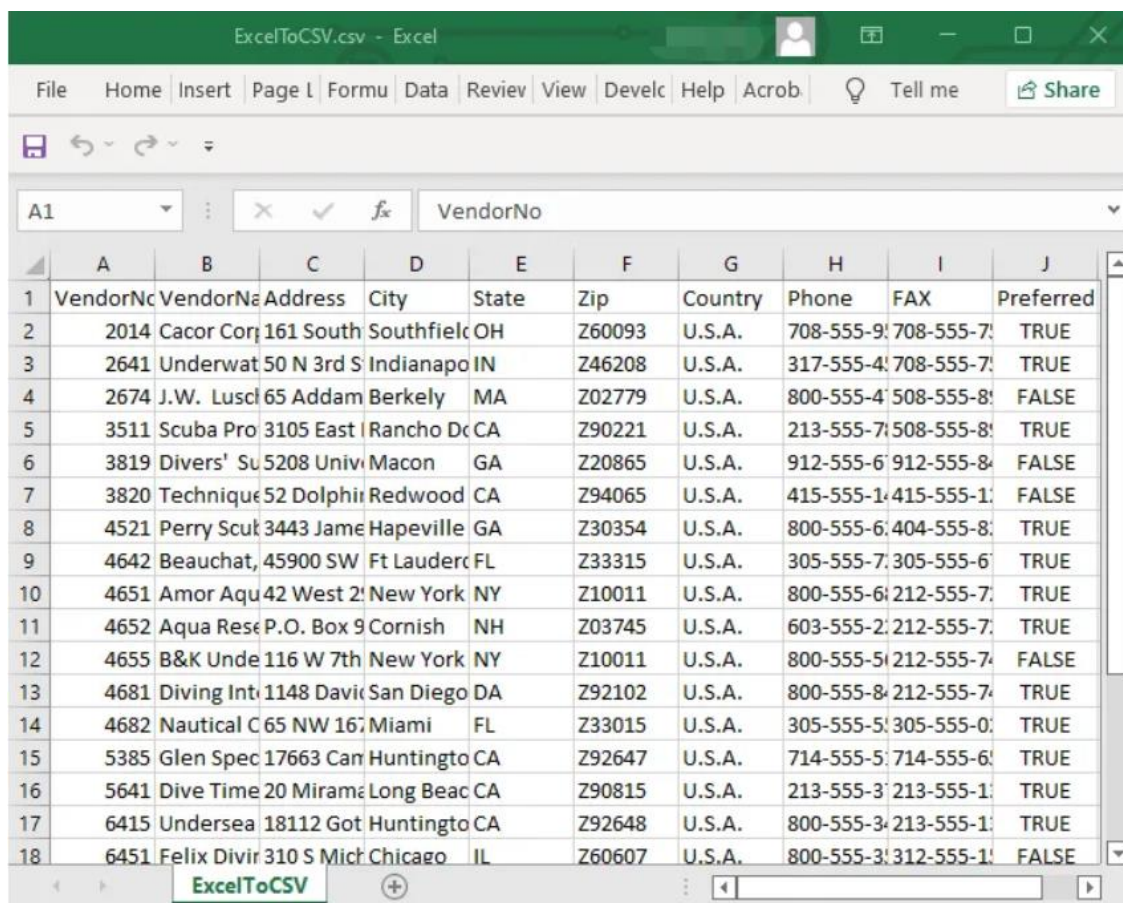
Ο OASIS Open αποτελεί έναν ανεξάρτητο, μη κερδοσκοπικό οργανισμό τυποποίησης, ο οποίος προσφέρει υποστήριξη σε έργα –συμπεριλαμβανομένων και αυτών ανοικτού κώδικα– ώστε να ακολουθήσουν μια δομημένη πορεία προς την επίσημη τυποποίηση. Οι δραστηριότητές του επικεντρώνονται στην προώθηση προτύπων σε κρίσιμους τεχνολογικούς τομείς, όπως η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, οι τεχνολογίες blockchain, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), η αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, το υπολογιστικό νέφος και η ανταλλαγή νομικών δεδομένων, μεταξύ άλλων.

Στο πλαίσιο των δράσεων του OASIS, η προδιαγραφή OpenTrails έχει αναπτυχθεί με σκοπό να προσφέρει έναν εύχρηστο και σαφώς ορισμένο μορφότυπο, κατάλληλο για προγραμματιστές εφαρμογών και ιστοσελίδων που επιθυμούν να κοινοποιούν δεδομένα σχετιζόμενα με υπαίθρια μονοπάτια. Η προδιαγραφή περιλαμβάνει πλήρως καθορισμένα σχήματα δεδομένων τα οποία καλύπτουν πτυχές όπως τα τμήματα διαδρομών, οι σημεία

εκκίνησης, οι ονομασμένες διαδρομές, οι φορείς διαχείρισης και οι γεωγραφικές περιοχές, με στόχο τη διευκόλυνση της δημιουργίας και διασύνδεσης εφαρμογών για τελικούς χρήστες.

3.1.1 . CSV (τιμές διαχωρισμένες με κόμμα)

Ο μορφότυπος CSV είναι μια απλή δομή βασισμένη σε κείμενο, στην οποία οι επιμέρους τιμές κάθε εγγραφής διαχωρίζονται με κόμματα. Κάθε γραμμή του αρχείου αντιστοιχεί σε μία εγγραφή, καθιστώντας τον μορφότυπο ιδιαίτερα κατάλληλο για την αναπαράσταση πίνακα δεδομένων με γραμμές και στήλες. Χρησιμοποιείται συχνά σε εφαρμογές όπως τα λογιστικά φύλλα και μπορεί να υποστηρίζεται από πλήθος λογισμικών ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	VendorNo	VendorName	Address	City	State	Zip	Country	Phone	FAX	Preferred
1	2014	Cacor Corp	161 South	Southfield	OH	Z60093	U.S.A.	708-555-9	708-555-7	TRUE
2	2641	Underwater	50 N 3rd S	Indianapolis	IN	Z46208	U.S.A.	317-555-4	708-555-7	TRUE
3	2674	J.W. Lusc	65 Addam	Berkely	MA	Z02779	U.S.A.	800-555-4	508-555-8	FALSE
4	3511	Scuba Pro	3105 East	Rancho De	CA	Z90221	U.S.A.	213-555-7	508-555-8	TRUE
5	3819	Divers' Su	5208 Univ	Macon	GA	Z20865	U.S.A.	912-555-6	912-555-8	FALSE
6	3820	Technique	52 Dolphin	Redwood	CA	Z94065	U.S.A.	415-555-1	415-555-1	FALSE
7	4521	Perry Scut	3443 Jame	Hapeville	GA	Z30354	U.S.A.	800-555-6	404-555-8	TRUE
8	4642	Beauchat,	45900 SW	Ft Lauder	FL	Z33315	U.S.A.	305-555-7	305-555-6	TRUE
9	4651	Amor Aqu	42 West 2	New York	NY	Z10011	U.S.A.	800-555-6	212-555-7	TRUE
10	4652	Aqua Rese	P.O. Box 9	Cornish	NH	Z03745	U.S.A.	603-555-2	212-555-7	TRUE
11	4655	B&K Unde	116 W 7th	New York	NY	Z10011	U.S.A.	800-555-5	212-555-7	FALSE
12	4681	Diving Int	1148 Davi	San Diego	CA	Z92102	U.S.A.	800-555-8	212-555-7	TRUE
13	4682	Nautical C	65 NW 16	Miami	FL	Z33015	U.S.A.	305-555-5	305-555-0	TRUE
14	5385	Glen Spec	17663 Can	Huntingto	CA	Z92647	U.S.A.	714-555-5	714-555-6	TRUE
15	5641	Dive Time	20 Miram	Long Beac	CA	Z90815	U.S.A.	213-555-3	213-555-1	TRUE
16	6415	Undersea	18112 Got	Huntingto	CA	Z92648	U.S.A.	800-555-3	213-555-1	TRUE
17	6451	Felix Divir	310 S Mich	Chicago	IL	Z60607	U.S.A.	800-555-3	312-555-1	FALSE

Εικόνα 2 Παράδειγμα αρχείου csv με excel

3.1.2 JSON (JavaScript Object Notation):

Η JSON αποτελεί ελαφρύ μορφότυπο δομημένων δεδομένων, σχεδιασμένο ώστε να είναι ευανάγνωστο από τον άνθρωπο και εύκολα επεξεργάσιμο από μηχανές. Βασίζεται στη σύνταξη των αντικειμένων της JavaScript και οργανώνει τις πληροφορίες σε ζεύγη "κλειδί-τιμή", με υποστήριξη εμφωλευμένων δομών. Η ευελιξία και η απλότητά του τον καθιστούν ιδανικό για τη μεταφορά σύνθετων δομών δεδομένων, κυρίως σε διαδικτυακές εφαρμογές και RESTful APIs.

3.1.3 XML (eXtensible Markup Language):

Η XML είναι μια επεκτάσιμη γλώσσα σήμανσης που επιτρέπει τον ορισμό προσαρμοσμένων ετικετών για την αναπαράσταση ιεραρχικών δομών δεδομένων. Παρέχει έναν τυποποιημένο τρόπο μορφοποίησης που μπορεί να επεξεργαστεί τόσο από ανθρώπους όσο και από μηχανές. Η χρήση της είναι διαδεδομένη σε συστήματα διαλειτουργικότητας, αρχεία ρυθμίσεων και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ εφαρμογών, ιδίως σε περιβάλλοντα υπηρεσιών ιστού (web services).

3.1.4 Συμβολισμός αντικειμένων JavaScript (JSON):

Η HTML αποτελεί τη βασική γλώσσα σήμανσης για την κατασκευή ιστοσελίδων. Μέσω της χρήσης ετικετών, επιτρέπει τη δόμηση περιεχομένου και τον ορισμό στοιχείων διεπαφής. Αν και δεν έχει σχεδιαστεί ως μορφότυπος ανταλλαγής δεδομένων, παίζει κρίσιμο ρόλο στην παρουσίαση και διάχυση πληροφοριών στον παγκόσμιο ιστό.

3.1.5. Γλώσσα σήμανσης υπερκειμένου (HTML):

Η HTML είναι η θεμελιώδης γλώσσα σήμανσης για τη δόμηση περιεχομένου στον Παγκόσμιο Ιστό. Παρόλο που δεν προορίζεται πρωταρχικά για την αποθήκευση ή ανταλλαγή δομημένων δεδομένων, περιλαμβάνει δυνατότητες για την αναπαράσταση πληροφορίας μέσω πινάκων, φορμών και ενσωματωμένων δεδομένων (π.χ. με τη χρήση data-* attributes).

CSV

Όνομα	Ηλικία	Ρόλη
Γιώργος	30	Αθήνα
Μαρία	25	Θεσσαλον.
Νίκος	35	Πάτρα

JSON

```
{  
  "όνομα": "Γιώργος",  
  "ηλικία": 30  
}
```

XML

```
<χρήστης>  
  </όνομα>  
  Γιώργος<</όνομα>  
</όνομα>  
</χρήστης>
```

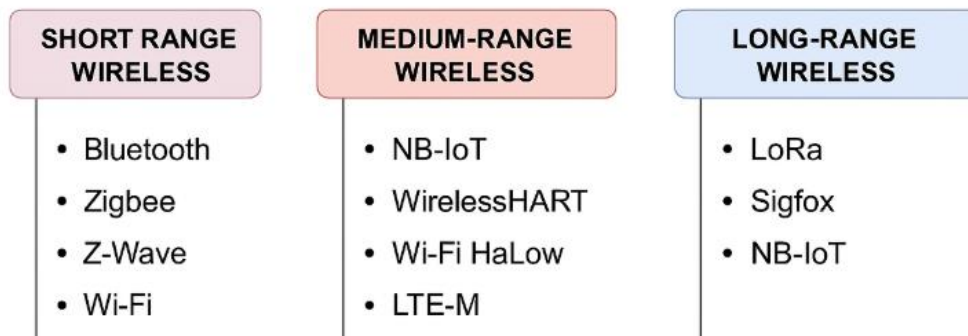
HTML

```
<html>  
<head>  
  Hello, world!!  
</body>  
</html>
```

Εικόνα 3 Παραδείγματα βασικών μορφών αναπαράστασης και ανταλλαγής δεδομένων:

3.2 Είδη Δικτύων Επικοινωνίας IoT για μεταφορά δεδομένων

Οι συσκευές του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) βασίζονται σε διάφορες τεχνολογίες επικοινωνίας προκειμένου να αλληλεπιδρούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας εξαρτάται από τις εκάστοτε απαιτήσεις της εφαρμογής, όπως η ενεργειακή απόδοση, η απόσταση που πρέπει να καλυφθεί, η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων και η συνολική εμβέλεια του συστήματος. Με βάση αυτά τα κριτήρια, τα δίκτυα IoT μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την εμβέλειά τους σε ασύρματα δίκτυα μικρής, μεσαίας, μεγάλης εμβέλειας ή και ενσύρμα-τα δίκτυα.



Εικόνα 4 Ταξινομημένα τα ασύρματα δίκτυα

3.2.1 Ασύρματα Δίκτυα Μικρής Εμβέλειας

Τα ασύρματα δίκτυα μικρής εμβέλειας είναι σχεδιασμένα για επικοινωνία σε περιορισμένες αποστάσεις, συνήθως έως 100 μέτρα, και χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) όπου οι συσκευές βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Χαρακτηρίζονται από χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για χρήση σε οικιακά περιβάλλοντα, επαγγελματικούς χώρους και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές περιλαμβάνουν έξυπνα σπίτια, φορητές συσκευές και αισθητήρες παρακολούθησης, ενώ υποστηρίζονται από μια σειρά τεχνολογιών που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις αυτών των περιπτώσεων χρήσης.

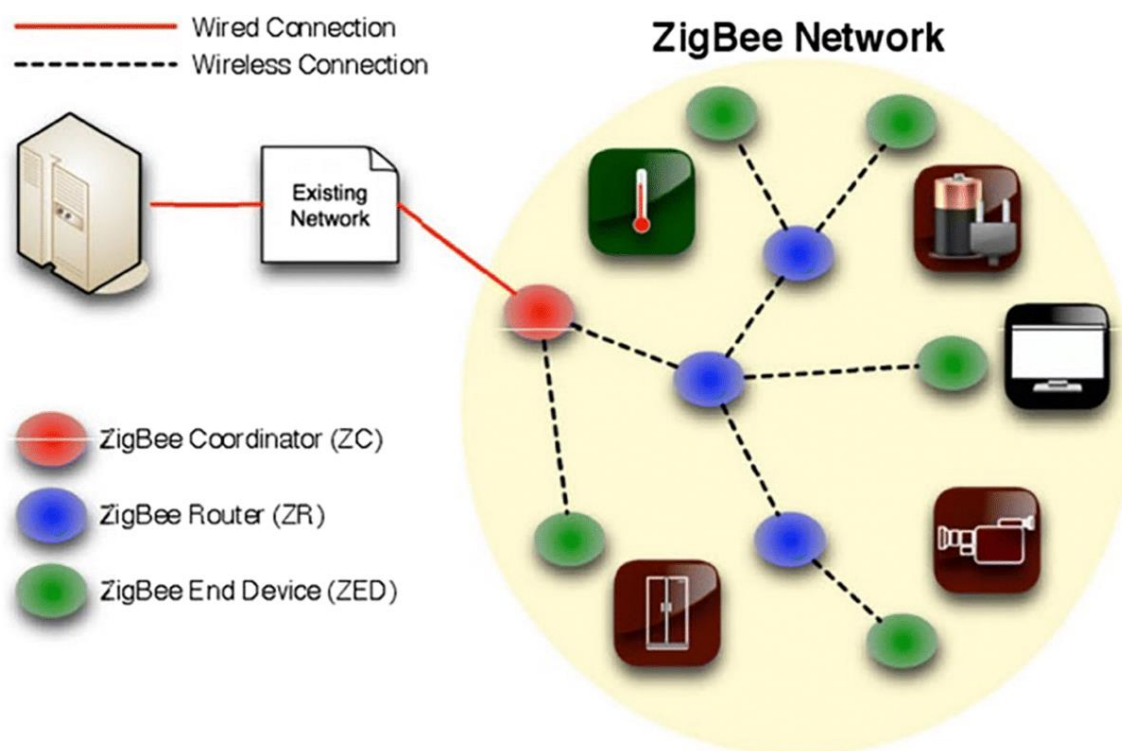
Κύριες τέτοιες τεχνολογίες:

- Bluetooth / Bluetooth Low Energy (BLE)

Το Bluetooth και ιδιαίτερα το Bluetooth Low Energy (BLE) χρησιμοποιούνται ευρέως για την επικοινωνία μεταξύ συσκευών σε κοντινές αποστάσεις, όπως ακουστικά, έξυπνα ρολόγια και αισθητήρες υγείας. Το BLE είναι ειδικά σχεδιασμένο για εφαρμογές χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, καθιστώντας το ιδανικό για φορητές συσκευές και wearables. Επιπλέον, υποστηρίζει τη δημιουργία mesh δικτύων, κάτι που επιτρέπει την επέκταση της κάλυψης και την ενίσχυση της αξιοπιστίας σε περιβάλλοντα IoT. Η ευρεία αποδοχή του από τη βιομηχανία το καθιστά μια από τις πιο καθιερωμένες τεχνολογίες μικρής εμβέλειας.

- Zigbee

Το Zigbee αποτελεί μία από τις βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ασύρματη επικοινωνία σε έξυπνα σπίτια και συστήματα αυτοματισμού κτιρίων. Βασίζεται σε πρωτόκολλα mesh, προσφέροντας χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και σταθερότητα σε δίκτυα με πολλές συσκευές. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό σε εφαρμογές όπως έξυπνος φωτισμός, θερμοστάτες και αισθητήρες, καθώς επιτρέπει την ταυτόχρονη σύνδεση πολλών κόμβων σε ένα δίκτυο, μειώνοντας την ανάγκη για ενδιάμεσους σταθμούς μετάδοσης.



Εικόνα 5 Δομή δικτύου ZigBee με συνδεδεμένες συσκευές και ρόλους κόμβων

- Z-Wave

Το Z-Wave είναι παρόμοιο με το Zigbee και επικεντρώνεται κυρίως στην οικιακή αυτοματοποίηση, συμπεριλαμβανομένων εφαρμογών όπως συστήματα ασφαλείας, αισθητήρες και έξυπνες κλειδαριές. Χαρακτηρίζεται από χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και υποστήριξη για δικτύωση πολλών συσκευών. Μια πρόσφατη εξέλιξη είναι το Z-Wave Long Range (ZWLR), το οποίο επεκτείνει την εμβέλεια της τεχνολογίας και βελτιώνει την αξιοπιστία των συνδέσεων, καθιστώντας το πιο κατάλληλο για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις.

- Wi-Fi (σε μικρή ισχύ / χαμηλή κατανάλωση)

Αν και το παραδοσιακό Wi-Fi προσφέρει υψηλό εύρος ζώνης και χρησιμοποιείται ευρέως σε οικιακά και επαγγελματικά περιβάλλοντα, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να είναι περιοριστικός παράγοντας για εφαρμογές IoT. Ωστόσο, έχουν αναπτυχθεί παραλλαγές όπως το Wi-Fi HaLow (IEEE 802.11ah), οι οποίες προσφέρουν χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και αυξημένη εμβέλεια, καθιστώντας το Wi-Fi πιο κατάλληλο για συνδεσιμότητα IoT μικρής και μεσαίας εμβέλειας.

- Near Field Communication (NFC)

Το NFC είναι μια τεχνολογία επικοινωνίας πολύ μικρής εμβέλειας (συνήθως λίγα εκατοστά), η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές όπως ανέπαφες συναλλαγές, ταυτοποίηση χρηστών και έξυπνες κάρτες. Προσφέρει άμεση και ασφαλή σύνδεση μεταξύ των συσκευών, με πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, καθιστώντας το ιδανικό για κρίσιμες εφαρμογές όπου απαιτείται φυσική εγγύτητα.

3.2.2 Ασύρματα Δίκτυα Μεσαίας Εμβέλειας

Η διάκριση μεταξύ "μεσαίας" και "μεγάλης" εμβέλειας στις ασύρματες τεχνολογίες δεν είναι απόλυτα καθορισμένη, αλλά μπορούμε να δώσουμε κάποιες πρακτικές εκτιμήσεις βασισμένες στη χρήση:

Κατηγορία	Εμβέλεια(τυπικά)	Παράδειγμα
Μικρής εμβέλειας	<100 μέτρα	Bluetooth, Zigbee, NFC
Μεσαίας εμβέλειας	~100 μέτρα έως 1-2χλμ.	Wi-Fi HaLow, LTE-M, NB-IoT (σε αστικές περιοχές)
Μεγάλης εμβέλειας	>2-10+ χλμ.	LoRa, Sigfox, NB-IoT (σε αγροτικές περιοχές)

- NB-IoT (Narrowband IoT)

Το NB-IoT είναι μια κυψελοειδής τεχνολογία που ανήκει στην οικογένεια των δικτύων 4G/5G και έχει σχεδιαστεί για την υποστήριξη μεγάλης κλίμακας συνδεσιμότητας συσκευών IoT με ιδιαίτερα περιορισμένη κατανάλωση ενέργειας. Προσφέρει σταθερή

επικοινωνία εντός κτιρίων και σε υπόγειες εγκαταστάσεις, ενώ μπορεί να συνυπάρχει με υπάρχοντα κυψελοειδή δίκτυα. Η χρήση αδειοδοτημένου φάσματος ενισχύει την ασφάλεια και την αξιοπιστία της μετάδοσης, καθιστώντας το ιδανικό για βιομηχανικές και αστικές εφαρμογές.

- WirelessHART

Το πρωτόκολλο WirelessHART αποτελεί πρότυπο επικοινωνίας για βιομηχανικά δίκτυα αισθητήρων, προσφέροντας σταθερότητα, ασφάλεια και ευρωστία σε εγκαταστάσεις όπου απαιτείται συνεχής παρακολούθηση φυσικών μεταβλητών. Βασίζεται σε mesh αρχιτεκτονική, επιτρέποντας αυτοθεραπευόμενα δίκτυα με αξιοπιστία μετάδοσης ακόμα και σε περιβάλλοντα με παρεμβολές. Η μέση εμβέλεια και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας το καθιστούν κατάλληλο για εργοστάσια και εγκαταστάσεις διεργασιών.

- Wi-Fi HaLow (IEEE 802.11ah)

Το Wi-Fi HaLow είναι μια παραλλαγή του παραδοσιακού Wi-Fi, ειδικά σχεδιασμένη για εφαρμογές IoT. Λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων κάτω του 1 GHz, επιτρέποντας αυξημένη διείσδυση σε τοίχους και μεγαλύτερη εμβέλεια. Σε αντίθεση με τα τυπικά πρότυπα Wi-Fi, το HaLow μειώνει σημαντικά την ενεργειακή κατανάλωση και μπορεί να υποστηρίξει χιλιάδες συσκευές σε ένα μόνο σημείο πρόσβασης, γεγονός που το καθιστά ιδανικό για πυκνά περιβάλλοντα ή βιομηχανικές εφαρμογές.

- LTE-M (Long Term Evolution for Machines)

Το LTE-M αποτελεί μία παραλλαγή του δικτύου LTE που έχει βελτιστοποιηθεί για χρήση από συσκευές μηχανής-προς-μηχανή (M2M). Προσφέρει μεγαλύτερο εύρος ζώνης από το NB-IoT, διατηρώντας παράλληλα σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, υποστηρίζει κινητικότητα και φωνητική επικοινωνία (VoLTE), χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για εφαρμογές όπως έξυπνες μεταφορές, ιατρικές συσκευές και παρακολούθηση εμπορευμάτων.

3.2.3 Ασύρματα Δίκτυα Μεγάλης Εμβέλειας

- LoRa (Long Range)

Η τεχνολογία LoRa αποτελεί μια ασύρματη λύση μεγάλης εμβέλειας και χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, σχεδιασμένη ειδικά για δίκτυα χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων, όπως εκείνα του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Βασίζεται σε τεχνικές διαμόρφωσης φάσματος ευρείας ζώνης (spread spectrum), επιτρέποντας την επικοινωνία σε αποστάσεις αρκετών χιλιομέτρων με ελάχιστη ενεργειακή απαίτηση. Η τεχνολογία LoRaWAN, που αξιοποιεί το LoRa σε επίπεδο δικτύου, υποστηρίζει την ιεραρχική δομή κόμβων και την κεντρική διαχείριση δεδομένων μέσω πυλών (gateways), προσφέροντας αξιοπιστία και επεκτασιμότητα σε αστικές και αγροτικές περιοχές.

- Sigfox

Το Sigfox είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που στοχεύει στη μεταφορά μικρών πακέτων δεδομένων με εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ισχύος και σε μεγάλες αποστάσεις. Χρησιμοποιεί εξαιρετικά στενό φάσμα (ultra-narrowband) και λειτουργεί σε μη αδειοδοτημένες συχνότητες ISM, επιτρέποντας την κάλυψη ευρείας γεωγραφικής περιοχής με περιορισμένη υποδομή. Η τεχνολογία αυτή είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για εφαρμογές όπου η μετάδοση δεν είναι συνεχής, όπως η παρακολούθηση περιβαλλοντικών μεταβλητών ή η εντοπισμός κινητών αντικειμένων.

- NB-IoT (Narrowband IoT)

Το NB-IoT είναι μια κυψελοειδής τεχνολογία που ανήκει στην οικογένεια των δικτύων 4G/5G και έχει σχεδιαστεί για την υποστήριξη μεγάλης κλίμακας συνδεσιμότητας συσκευών IoT με ιδιαίτερα περιορισμένη κατανάλωση ενέργειας. Προσφέρει σταθερή επικοινωνία εντός κτιρίων και σε υπόγειες εγκαταστάσεις, ενώ μπορεί να συνυπάρχει με υπάρχοντα κυψελοειδή δίκτυα. Η χρήση αδειοδοτημένου φάσματος ενισχύει την ασφάλεια και την αξιοπιστία της μετάδοσης, καθιστώντας το ιδανικό για βιομηχανικές και αστικές εφαρμογές.

3.3 Δεδομένα διάθεσης(dispositive data)

Τα δεδομένα διάθεσης (dispositive data) αναφέρονται σε πληροφορίες που συγκεντρώνονται, οργανώνονται και αποθηκεύονται με τρόπο που να διευκολύνει τη μακροπρόθεσμη ανάλυση και την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων. Πρόκειται για δεδομένα που έχουν στρατηγική σημασία, καθώς δύνανται να επηρεάσουν άμεσα ή και να καθορίσουν την τελική απόφαση σε επιχειρησιακά ή διοικητικά ζητήματα.

Η χρήση τέτοιων δεδομένων σε έργα έξυπνων πόλεων καθιστά δυνατή την άμεση πρόσβαση σε σημαντικές πληροφορίες για την παρακολούθηση και αξιολόγηση λειτουργιών σε πραγματικό χρόνο. Με αυτόν τον τρόπο, οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων αποκτούν ενισχυμένο έλεγχο και επίγνωση, γεγονός που ενισχύει τη διαφάνεια και τη στρατηγική ευελιξία.

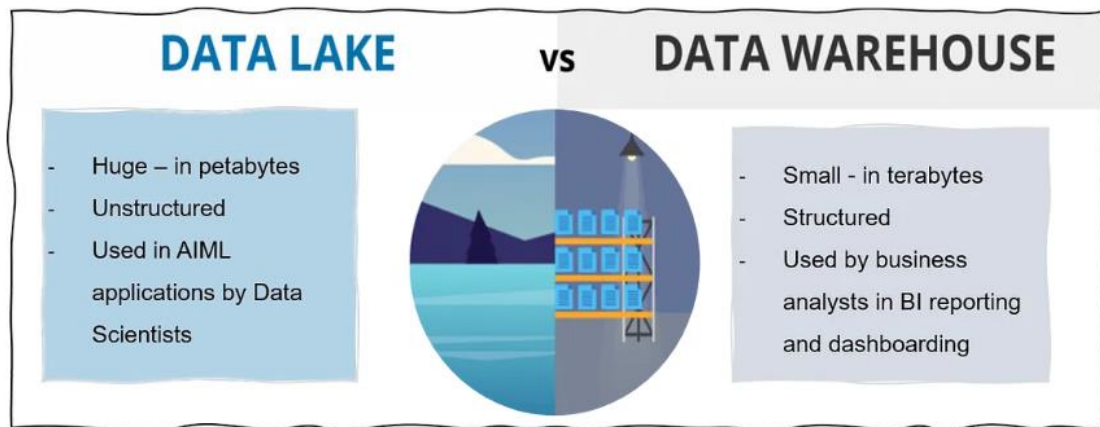
3.3.1 Αποθήκες δεδομένων (Data Warehouses)

Η αποθήκη δεδομένων (Data Warehouse) αποτελεί έναν κεντρικό αποθετήριο πληροφοριών, σχεδιασμένο για την υποστήριξη πολύπλοκων αναλυτικών διαδικασιών και της στρατηγικής λήψης αποφάσεων. Σε αντίθεση με τα επιχειρησιακά συστήματα που επικεντρώνονται στην καθημερινή λειτουργία και στη διαχείριση συναλλαγών (OLTP – Online Transaction Processing), η αποθήκη δεδομένων εξυπηρετεί κυρίως σκοπούς ανάλυσης και αναφοράς (OLAP – Online Analytical Processing).

Η συγκρότησή της βασίζεται στη συστηματική εξαγωγή, μετασχηματισμό και φόρτωση (ETL – Extract, Transform, Load) δεδομένων, τα οποία προέρχονται τόσο από εσωτερικά πληροφοριακά συστήματα εφαρμογών όσο και από εξωτερικές πηγές, όπως δημόσιες βάσεις δεδομένων, συνεργάτες ή αισθητήρες IoT. Η ενοποίηση αυτών των ετερογενών δεδομένων επιτρέπει την παροχή μιας ενιαίας, συνεπούς και ιστορικά τεκμηριωμένης προβολής της επιχειρησιακής πληροφορίας.

Η αποθήκη δεδομένων λειτουργεί ως υποδομή υποστήριξης αποφάσεων, προσφέροντας τη δυνατότητα εκτέλεσης σύνθετων ερωτημάτων, δυναμικών αναφορών και πολυδιάστατης ανάλυσης, χωρίς να επιβαρύνονται τα παραγωγικά συστήματα. Παράλληλα, επιτρέπει τη δημιουργία προσωποποιημένων προβολών και μοντέλων δεδομένων ανάλογα με τις ανάγκες διαφόρων επιχειρησιακών ρόλων, συμβάλλοντας έτσι στην ευφυή διαχείριση της πληροφορίας.

Η χρήση αποθηκών δεδομένων είναι κρίσιμη σε πεδία όπως τα επιχειρησιακά analytics, η διαχείριση απόδοσης (business performance management), οι προβλέψεις (forecasting) και η αξιολόγηση πολιτικών σε έργα ψηφιακού μετασχηματισμού και έξυπνων πόλεων



Εικόνα 6 Σύγκριση Data Lake και Data Warehouse ως προς μέγεθος, δομή και χρήση.

3.3.2 Λίμνες δεδομένων(Data Lakes)

Η λίμνη δεδομένων (Data Lake) είναι ένα ευέλικτο και επεκτάσιμο αποθετήριο για μεγάλους όγκους ποσότητας δεδομένων που επιτρέπει την αποθήκευση και επεξεργασία τεράστιων τους, ανεξαρτήτως της δομής ή του βαθμού προεπεξεργασίας τους. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές αποθήκες δεδομένων, οι οποίες απαιτούν αυστηρά σχήματα και μετασχηματισμό εκ των προτέρων (schema-on-write), οι λίμνες δεδομένων βασίζονται στη φιλοσοφία schema-on-read, δηλαδή τα δεδομένα παραμένουν στη φυσική τους μορφή μέχρι να ζητηθούν για ανάλυση.

Στις λίμνες δεδομένων αποθηκεύονται τόσο δομημένα δεδομένα (π.χ. πίνακες SQL), όσο και ημιδομημένα (όπως αρχεία JSON, XML, CSV), μη δομημένα (όπως κείμενα, email, αρχεία PDF), και δυαδικά δεδομένα (όπως αρχεία ήχου, εικόνες ή βίντεο). Τα δεδομένα αυτά διατηρούνται συνήθως ως BLOBs (Binary Large Objects), δηλαδή μεγάλα δυαδικά αντικείμενα που αποθηκεύονται ως αυτοτελείς οντότητες σε κατανεμημένα συστήματα αποθήκευσης, όπως το Hadoop Distributed File System (HDFS) ή υπηρεσίες cloud τύπου Amazon S3, Azure Data Lake κ.λπ.

Η βασική ισχύς μιας λίμνης δεδομένων έγκειται στην ικανότητά της να συγκεντρώνει ακατέργαστα δεδομένα από ετερογενείς πηγές – συμπεριλαμβανομένων των αισθητήρων IoT, των εφαρμογών, των κοινωνικών δικτύων, ή των παραδοσιακών βάσεων δεδομένων – χωρίς να απαιτείται άμεση μοντελοποίηση ή μετασχηματισμός. Επιπλέον, υποστηρίζει

την αποθήκευση παράλληλα και των μετασχηματισμένων εκδοχών αυτών των δεδομένων, διευκολύνοντας έτσι αναλύσεις πολλαπλών επιπέδων, όπως:

- Δημιουργία αναφορών και dashboards (BI)

Πχ. Η παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας σε δημόσια κτήρια και φωτισμό. Το σύστημα επιτρέπει στους διαχειριστές να εντοπίζουν περιοχές με υψηλή κατανάλωση και να λαμβάνουν μέτρα εξοικονόμησης.

- Οπτικοποίηση δεδομένων (data visualization),

Πχ.Χάρτης σε πραγματικό χρόνο που δείχνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση στους δρόμους της πόλης, με χρήση δεδομένων από αισθητήρες κυκλοφορίας και κινητών τηλεφώνων. Οι πολίτες και οι αρχές βλέπουν δυναμικά ποιες περιοχές να αποφύγουν ή να ελέγξουν.

- Αναλυτικά μοντέλα πρόβλεψης (predictive analytics),

Η πόλη εφαρμόζει μοντέλα πρόβλεψης για να εκτιμήσει τη ζήτηση δημόσιων συγκοινωνιών ανά ώρα και μέρα της εβδομάδας, ώστε να προγραμματίζει τα δρομολόγια πιο αποδοτικά και να μειώνει τον χρόνο αναμονής.

- Εφαρμογές Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning),

Χρήση ML για την πρόβλεψη διαρροών στο δίκτυο ύδρευσης, βασισμένο σε ασυνήθιστες μεταβολές στη ροή ή την πίεση νερού. Το σύστημα μαθαίνει από ιστορικά δεδομένα και ειδοποιεί έγκαιρα για πιθανά σημεία βλάβης.

- Ανίχνευση προτύπων ή ανωμαλιών (pattern detection & anomaly detection).

Ανάλυση δεδομένων από κάμερες ασφαλείας και αισθητήρες ήχου για την αναγνώριση ύποπτης συμπεριφοράς ή περιστατικών (π.χ. πλήθος που κινείται απότομα ή περίεργοι ήχοι τη νύχτα σε πάρκα), επιτρέποντας την άμεση αντίδραση των αρχών.

Οι λίμνες δεδομένων ενδείκνυνται ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα που απαιτούν ευελιξία, επεκτασιμότητα και δυνατότητα ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο (real-time analytics), καθιστώντας τις βασικό δομικό στοιχείο στην αρχιτεκτονική των έξυπνων πόλεων, του ψηφιακού μετασχηματισμού και των εφαρμογών Big Data.

4 ΑΝΟΙΚΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΗΘΙΚΟΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΙΣ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ

Η μετάβαση προς τις έξυπνες πόλεις συνοδεύεται από πρωτοφανή επίπεδα συγκέντρωσης και ανάλυσης δεδομένων. Αν και τα ανοικτά δεδομένα ενισχύουν τη διαφάνεια και την καινοτομία, ταυτόχρονα εγείρουν σοβαρά ηθικά και νομικά ζητήματα που σχετίζονται με την ιδιωτικότητα, την ασφάλεια και τα δικαιώματα των πολιτών. Η παρούσα ενότητα εξετάζει τις προκλήσεις και τις στρατηγικές προστασίας στο σύγχρονο αστικό ψηφιακό περιβάλλον.

4.1 Ηθικά και νομικά ζητήματα

Τα ηθικά και νομικά ζητήματα αποτελούν τη βάση κάθε συζήτησης γύρω από τα ανοικτά δεδομένα στις έξυπνες πόλεις. Οι προκλήσεις που σχετίζονται με την ιδιωτικότητα, τη διαφάνεια και την ακρίβεια των δεδομένων απαιτούν την καθιέρωση σαφών κανόνων και πρακτικών.

4.1.1 Προστασία Ιδιωτικότητας και Απόρρητο

Η προστασία της ιδιωτικότητας αποτελεί θεμέλιο της ηθικής διαχείρισης των ανοικτών δεδομένων. Η αυξανόμενη εξάρτηση των έξυπνων πόλεων από ψηφιακές τεχνολογίες σημαίνει πως τεράστιες ποσότητες δεδομένων συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο, συχνά χωρίς την πλήρη επίγνωση των πολιτών. Οι εφαρμογές που βασίζονται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και τα δίκτυα αισθητήρων θέτουν νέα όρια μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού χώρου (Green et al., 2017). Ο κίνδυνος επαναπροσδιορισμού (re-identification) μέσω συνδυασμού δεδομένων καθιστά την ανωνυμοποίηση ακόμη πιο απαιτητική. Οι διαχειριστές δεδομένων οφείλουν να υιοθετούν τεχνικά μέτρα αλλά και ηθικές πρακτικές ώστε να προστατεύεται η ταυτότητα των πολιτών σε όλες τις φάσεις της συλλογής και διάδοσης πληροφοριών. Η ιδιωτικότητα των πολιτών σε έξυπνες πόλεις αποτελεί θεμελιώδες ζήτημα. Η συγκέντρωση τεράστιου όγκου δεδομένων μέσω αισθητήρων, εφαρμογών και υπηρεσιών δημιουργεί αυξημένες απαιτήσεις για την προστασία της

ιδιωτικής ζωής. Οι επαγγελματίες του χώρου καλούνται να εξασφαλίζουν επαρκή ανωνυμία και να αποφεύγουν την αποκάλυψη ευαίσθητων πληροφοριών.

4.1.2 Συναίνεση και Διαφάνεια στη Συλλογή Δεδομένων

Η έννοια της συναίνεσης μετά από πλήρη ενημέρωση αποκτά ιδιαίτερη σημασία στο περιβάλλον των έξυπνων πόλεων. Οι πολίτες πρέπει να γνωρίζουν ποια δεδομένα συλλέγονται, για ποιο σκοπό, ποιοι φορείς έχουν πρόσβαση σε αυτά και για πόσο διάστημα διατηρούνται (Sánchez & Viejo, 2017).

Η απλή αποδοχή όρων χρήσης μέσω ψηφιακής πλατφόρμας δεν επαρκεί για να θεωρηθεί έγκυρη συναίνεση υπό το GDPR. Επιπλέον, η ύπαρξη πλαισίων ελέγχου και δυνατότητας ανάκλησης συναίνεσης είναι εξίσου σημαντική για τη διατήρηση της εμπιστοσύνης των πολιτών.

Η διαφάνεια και η δυνατότητα παρέμβασης από τον χρήστη ενισχύουν τη συμμετοχικότητα και τη νομιμοποίηση των διαδικασιών συλλογής δεδομένων. Η συναίνεση μετά από ενημέρωση είναι βασική αρχή στον τομέα των ανοικτών δεδομένων. Οι πολίτες πρέπει να γνωρίζουν επακριβώς για ποιο σκοπό συλλέγονται τα δεδομένα τους, πώς θα χρησιμοποιηθούν και ποιοι θα έχουν πρόσβαση σε αυτά.

4.1.3 Ακρίβεια, Μεροληψία και Δικαιοσύνη στα Δεδομένα

Η ποιότητα των δεδομένων που διατίθενται ανοικτά παίζει καθοριστικό ρόλο στην αξιοπιστία των αναλύσεων και των αποφάσεων που βασίζονται σε αυτά. Η ανακριβής ή προκατειλημμένη απεικόνιση της κοινωνικής πραγματικότητας μπορεί να οδηγήσει σε άνισες παροχές υπηρεσιών ή κοινωνικό αποκλεισμό (Janssen et al., 2012). Η συστηματική προκατάληψη (bias) μπορεί να εισέλθει ήδη από το στάδιο της συλλογής, ειδικά όταν τα συστήματα χρησιμοποιούν αυτόματους αλγορίθμους μηχανικής μάθησης. Για το λόγο αυτό, απαιτούνται μηχανισμοί αξιολόγησης της ποιότητας των δεδομένων, όπως και διαφανείς διαδικασίες επαλήθευσης και επικαιροποίησης των πληροφοριών που δημοσιεύονται. Η αξιοπιστία των ανοικτών δεδομένων επηρεάζει άμεσα την κοινωνική δικαιοσύνη. Η ύπαρξη προκαταλήψεων μπορεί να οδηγήσει σε άδικες αποφάσεις και άνιση μεταχείριση των πολιτών. Η δεοντολογία επιβάλλει την αξιολόγηση της ακρίβειας και της ουδετερότητας των δεδομένων.

4.1.4 Ρυθμιστικό Πλαίσιο και GDPR

Ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελεί το κύριο νομικό εργαλείο για την προστασία των προσωπικών δεδομένων. Ορίζει ότι κάθε φορέας που συλλέγει ή επεξεργάζεται προσωπικά δεδομένα οφείλει να τηρεί αρχές όπως ο σκοπός περιορισμού, η ελαχιστοποίηση των δεδομένων και η ασφάλεια της επεξεργασίας (European Commission, 2020). Η δημοσιοποίηση ανοικτών δεδομένων δεν απαλλάσσει από την υποχρέωση συμμόρφωσης με τον κανονισμό. Ο GDPR εισάγει επίσης την απαίτηση διενέργειας εκτιμήσεων αντικτύπου (DPIAs) για περιπτώσεις που ενέχουν υψηλό ρίσκο για τα δικαιώματα των υποκειμένων των δεδομένων.

Η ενσωμάτωση του GDPR στην πολιτική ανοικτών δεδομένων διασφαλίζει την ισορροπία ανάμεσα στην προσβασιμότητα και την ιδιωτικότητα. Ο Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (GDPR) αποτελεί τη νομική βάση για την προστασία των προσωπικών δεδομένων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Καθορίζει σαφώς ότι κάθε χρήση δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα προϋποθέτει ρητή συγκατάθεση από τον πολίτη, ακόμα και στο πλαίσιο των ανοικτών δεδομένων.

4.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την αποτελεσματική διαχείριση των κινδύνων που προκύπτουν από τη συλλογή και διάδοση ανοικτών δεδομένων, είναι απαραίτητη η εφαρμογή τεχνικών μεθόδων προστασίας. Οι παρακάτω πρακτικές συμβάλλουν στη διασφάλιση της ανωνυμίας και της ασφάλειας των δεδομένων.

4.2.1 Ανωνυμοποίηση και Απο-ταυτοποίηση

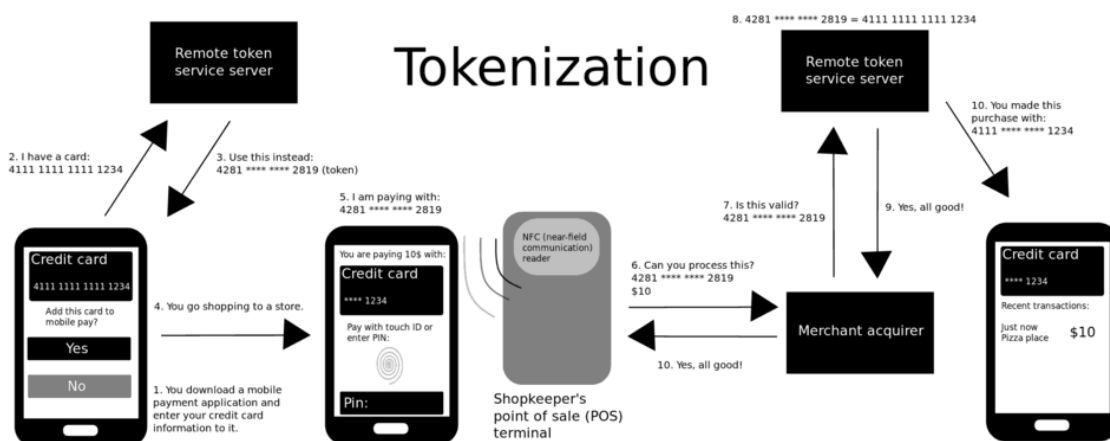
Η ανωνυμοποίηση και η απο-ταυτοποίηση συνιστούν κρίσιμες τεχνικές για την προστασία της ιδιωτικότητας σε περιβάλλοντα ανοικτών δεδομένων. Η κ-ανωνυμία, η διαφορική ιδιωτικότητα και η γενίκευση αποτελούν μεθόδους που μειώνουν τον κίνδυνο αναγνώρισης ατόμων από σύνολα δεδομένων (McCallister, 2010). Ωστόσο, έρευνες

έχουν δείξει ότι η απλή ανωνυμοποίηση δεν επαρκεί από μόνη της, καθώς συνδυασμοί δεδομένων μπορούν να επαναπροσδιορίσουν υποκείμενα.

Η σύγχρονη προσέγγιση απαιτεί την υιοθέτηση μιας πολυδιάστατης στρατηγικής διαφάνειας και προστασίας, όπως υποστηρίζει η Bertino et al. (2019), όπου οι τεχνικές ανωνυμοποίησης εντάσσονται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο διακυβέρνησης δεδομένων. Η ανωνυμοποίηση μεθόδων όπως η κ-ανωνυμία και η διαφορική ιδιωτικότητα επιδιώκει τη μη αναγνώριση των ατόμων πίσω από τα δεδομένα. Τεχνικές όπως η ανταλλαγή δεδομένων και η τυχαία δειγματοληψία μειώνουν τον κίνδυνο

4.2.2 Κρυπτογραφικές Τεχνικές και Tokenization

Η κρυπτογράφηση αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της προστασίας προσωπικών δεδομένων κατά την αποθήκευση και μετάδοση τους. Μέθοδοι όπως ο συμμετρικός και ασύμμετρος αλγόριθμος, οι ψηφιακές υπογραφές και η μετατροπή δεδομένων σε tokens (tokenization) επιτρέπουν την ασφαλή χρήση χωρίς αποκάλυψη της αρχικής πληροφορίας (Data Security and Privacy with the Privacy Professor, 2020). Η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών στις έξυπνες πόλεις μειώνει την έκθεση των πολιτών σε κινδύνους διαρροής και παραβίασης.



Εικόνα 7 Απεικόνιση της διαδικασίας tokenization για ασφαλείς πληρωμές μέσω κινητού

Η αποτελεσματική κρυπτογράφηση, συνδυασμένη με μηχανισμούς ελέγχου πρόσβασης, συνιστά προϋπόθεση για κάθε πολιτική διαχείρισης ανοικτών δεδομένων που επιδιώκει την εμπιστοσύνη και τη συμμόρφωση με κανονισμούς. Η προστασία ευαίσθητων πληροφοριών επιτυγχάνεται με τη χρήση κρυπτογραφικών μεθόδων, όπως ο

κατακερματισμός και η tokenization. Οι τεχνικές αυτές καθιστούν τα δεδομένα μη αναστρέψιμα ή δυσανάγνωστα σε μη εξουσιοδοτημένα μέρη.

4.2.3 Εκτιμήσεις Επιπτώσεων στην Ιδιωτικότητα (PIAs)

Οι Εκτιμήσεις Επιπτώσεων στην Ιδιωτικότητα (PIAs) είναι εργαλείο στρατηγικού χαρακτήρα που βοηθά στη διασφάλιση της συμμόρφωσης με το ρυθμιστικό πλαίσιο πριν από την επεξεργασία δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα. Όπως επισημαίνεται από Lane et al. (2014), οι PIAs ενισχύουν τη διαφάνεια, αξιολογούν πιθανούς κινδύνους και προτείνουν κατάλληλα μέτρα μετριασμού. Στο πλαίσιο των έξυπνων πόλεων, όπου οι τεχνολογίες λειτουργούν διαρκώς και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, οι PIAs καθίστανται απαραίτητες για την πρόβλεψη και αποτροπή ανεπιθύμητων συνεπειών στην ιδιωτικότητα των πολιτών. Αποτελούν συνεπώς βασικό συστατικό κάθε υπεύθυνου σχεδιασμού πολιτικών ανοικτών δεδομένων. Οι PIAs αποτελούν εργαλείο πρόληψης ρίσκων. Εφαρμόζονται πριν τη διάθεση ανοικτών δεδομένων και συμβάλλουν στην αναγνώριση, αξιολόγηση και μετριασμό των κινδύνων για την ιδιωτικότητα των πολιτών.



Εικόνα 8 Σατιρική απεικόνιση του ζητήματος ιδιωτικότητας

4.3 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΛΕΣ

Η ανάπτυξη ψηφιακών υποδομών δημιουργεί νέα πεδία έκθεσης σε κινδύνους ασφαλείας. Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις κύριες μορφές παραβίασης δεδομένων, τις τεχνολογικές απειλές και τις επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν από ανεπαρκή προστασία.

4.3.1 Τύποι Παραβιάσεων Ανοικτών Δεδομένων

Οι παραβιάσεις δεδομένων σε έξυπνες πόλεις δεν αποτελούν απλώς τεχνικό φαινόμενο, αλλά έχουν σοβαρές κοινωνικές και θεσμικές συνέπειες. Οι βασικές μορφές παραβίασης περιλαμβάνουν τη μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, την απώλεια ή την αλλοίωση δεδομένων, καθώς και τη μη νόμιμη επαναχρησιμοποίηση τους. Όπως σημειώνουν οι Bozkurt et al. (2023), οι προκλήσεις στην ασφάλεια των δεδομένων οφείλονται συχνά στην απουσία σαφούς διακυβέρνησης και στους ασαφείς ρόλους μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων. Επίσης, οι Choenni et al. (2022) επισημαίνουν ότι η αδυναμία αναγνώρισης κρίσιμων σημείων κινδύνου σε ένα πολύπλοκο ψηφιακό περιβάλλον επιτρέπει σε κακόβουλους παράγοντες να εκμεταλλεύονται τις ευπάθειες. Οι βασικές απειλές περιλαμβάνουν μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, κλοπή ή αλλοίωση δεδομένων, καθώς και την απώλεια αυτών. Οι επιπτώσεις μπορεί να είναι σοβαρές για την αξιοπιστία των οργανισμών και την εμπιστοσύνη των πολιτών.

4.3.2 Botnets, Κυβερνοαπειλές και Ευπάθειες IoT

Οι συσκευές IoT, ως βασικό στοιχείο των έξυπνων πόλεων, αποτελούν έναν από τους πιο ευάλωτους τομείς σε κυβερνοαπειλές. Η έλλειψη ενοποιημένων προτύπων ασφάλειας, σε συνδυασμό με την ανοιχτή φύση πολλών δεδομένων, δημιουργεί σημαντικές ευπάθειες. Σύμφωνα με τον Kvalvik et al. (2022), επιθέσεις όπως τα botnets μπορούν να παραλύσουν κρίσιμες υποδομές. Οι König (2021) και Franke & Gailhofer (2021) υποστηρίζουν ότι η λογοδοσία και η ηθική διαχείριση δεδομένων είναι εξίσου σημαντικές με τις τεχνικές άμυνες για την πρόληψη τέτοιων φαινομένων. Απαιτείται ένα συνδυαστικό μοντέλο ασφάλειας που περιλαμβάνει τεχνολογία, πολιτική και εμπλοκή των πολιτών. Συσκευές IoT είναι ευάλωτες σε επιθέσεις όπως αυτές του botnet Mirai. Οι επιθέσεις DDoS, η παρακολούθηση και η μη ασφαλής αποθήκευση δεδομένων αποτελούν ουσιώδεις απειλές.

4.3.3 Ζητήματα VR, AI και Επεξεργασίας σε Cloud

Οι σύγχρονες τεχνολογίες όπως η Εικονική Πραγματικότητα (VR), η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και η αποθήκευση στο υπολογιστικό νέφος (Cloud) φέρνουν μαζί τους νέους κινδύνους για την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια. Όπως επισημαίνουν οι Osu & Navarra (2022), η έλλειψη πλήρους ελέγχου στις πλατφόρμες cloud αυξάνει την

πιθανότητα μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης ή απώλειας δεδομένων. Παράλληλα, η ΑΙ μπορεί να αξιοποιηθεί για μαζική ανάλυση και πρόβλεψη συμπεριφοράς, κάτι που θέτει σοβαρά ζητήματα ηθικής και κανονιστικής συμμόρφωσης (Artyushina, 2020). Επομένως, η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών πρέπει να συνοδεύεται από αυστηρούς κανόνες ελέγχου και διακυβέρνησης. Η χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης και της Εικονικής Πραγματικότητας εγείρει επιπλέον ανησυχίες, όπως η υπερβολική εξόρυξη δεδομένων ή οι μη κρυπτογραφημένες επικοινωνίες. Η επεξεργασία στο Cloud εισάγει κινδύνους πρόσβασης τρίτων σε ιδιωτικά δεδομένα.

4.4 ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗ, ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ

Η σωστή διακυβέρνηση των δεδομένων και η εφαρμογή κατάλληλων αδειών αποτελούν βασικούς παράγοντες για τη διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ ανοικτότητας και προστασίας. Η τήρηση των πνευματικών δικαιωμάτων και η ύπαρξη ρυθμιστικού πλαισίου διασφαλίζουν την υπεύθυνη χρήση των δεδομένων.

4.4.1 Άδειες Ανοικτών Δεδομένων (ODbL, CC)

Οι άδειες ανοικτών δεδομένων αποτελούν θεμέλιο για τη νομικά ασφαλή και διαφανή χρήση των πληροφοριών που διατίθενται από δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς. Άδειες όπως η Open Database License (ODbL) και οι διάφορες μορφές Creative Commons καθορίζουν τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των χρηστών, διασφαλίζοντας την επαναχρησιμοποίηση χωρίς να παραβιάζονται δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας (Grabus & Greenberg, 2019). Η σωστή επιλογή άδειας αυξάνει την προσβασιμότητα και ενισχύει την εμπιστοσύνη.

Σύμφωνα με το Open Data Handbook και το Open Data Toolbox, η διαφάνεια στον τρόπο αδειοδότησης αποτελεί βασικό κριτήριο αξιολόγησης ποιότητας των ανοικτών δεδομένων. Οι άδειες ODbL και Creative Commons ρυθμίζουν τη χρήση, διανομή και αναδιανομή των ανοικτών δεδομένων. Η κατάλληλη άδεια διασφαλίζει την προστασία

των δημιουργών και τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης.

Μοντέλα αδειών Creative Commons:	Μοντέλα αδειών χρήσης Open Data Commons:	Μοντέλα ανοικτής άδειας χρήσης βάσεων δεδομένων της Microsoft (ODbL):
• CC BY: Επιτρέπει σε άλλους να αντιγράψουν, να διανέμουν, να προβάλλουν και να εκτελούν το έργο και τα παράγωγα έργα που βασίζονται σε αυτό. • CC BY-SA: Παρόμοια με την CC BY, αλλά οποιαδήποτε παράγωγα έργα πρέπει να διανέμονται με την ίδια άδεια. • CC0: Παραιτείται από όλα τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας και τα συναφή δικαιώματα, θέτοντας ουσιαστικά το έργο στο δημόσιο τομέα.	• PDDL: Παρόμοια με την CC0, επιτρέπει στους δημιουργούς να παραιτηθούν από όλα τα πνευματικά και συναφή δικαιώματα. • ODC-BY: Απαιτεί αναφορά κατά τη χρήση των δεδομένων. • ODbL: Απαιτεί διατάξεις αναφοράς και κοινοποίησης, που σημαίνει ότι οποιαδήποτε παράγωγα έργα πρέπει να διαμοιράζονται με την ίδια άδεια.	• Οδηγίες και δικαιώματα βάσης δεδομένων: Είναι ένα παράδειγμα νομικού πλαισίου που διέπει τα δικαιώματα των δημιουργών και των χρηστών βάσεων δεδομένων. • Χρησιμοποιείται συχνά για σύνολα δεδομένων που παρέχονται από τη Microsoft.

Εικόνα 9 Βασικά μοντέλα αδειών χρήσης ανοικτών δεδομένων και πνευματικής ιδιοκτησίας

4.4.2 Πνευματική Ιδιοκτησία και Συνεργατικά Πλαίσια

Η διαχείριση των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας στα ανοικτά δεδομένα είναι περίπλοκη, καθώς συνδυάζει νομικά, τεχνολογικά και πολιτικά στοιχεία. Η κατοχύρωση και ταυτόχρονα η ανοιχτή διάθεση των δεδομένων απαιτεί ισορροπία μεταξύ προστασίας και καινοτομίας. Όπως επισημαίνουν οι Modic et al. (2019), η ύπαρξη συνεργατικών πλαισίων με σαφείς όρους διαμοιρασμού προωθεί την υπεύθυνη χρήση. Εντούτοις, υπάρχουν προκλήσεις όσον αφορά τον καθορισμό κυριότητας, ειδικά σε περιπτώσεις δεδομένων που προέρχονται από πολλαπλές πηγές ή παράγονται συλλογικά (Boettcher & Dames, 2018). Η πνευματική ιδιοκτησία εντός των έξυπνων πόλεων οφείλει να ρυθμίζεται μέσω ευέλικτων και προσαρμόσιμων μηχανισμών διακυβέρνησης. Η κατοχύρωση δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας μέσω διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας και η δημιουργία συμφωνιών συνεργασίας μεταξύ οργανισμών ενισχύει τη διαφάνεια και τη δίκαιη διανομή αποτελεσμάτων.

4.4.3 Διακυβέρνηση και Πολιτικές Δεδομένων

Η ύπαρξη αποτελεσματικής διακυβέρνησης δεδομένων αποτελεί προϋπόθεση για την αξιόπιστη χρήση των ανοικτών δεδομένων. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2020) υπογραμμίζει τη σημασία ενός σαφούς πλαισίου που να προβλέπει ρόλους, ευθύνες, μηχανισμούς επίβλεψης και συμμόρφωσης. Παράλληλα, η ανάγκη για συνεκτικές πολιτικές γίνεται εντονότερη σε περιβάλλοντα όπου η τεχνολογία εξελίσσεται ταχύτερα από τους νόμους. Η διακυβέρνηση πρέπει να είναι πολυεπίπεδη, με εμπλοκή πολιτών, τοπικών αρχών και διεθνών οργανισμών (Hossen & Shin, 2023).

Σύμφωνα με τον Kassen (2013), οι επιτυχημένες στρατηγικές ανοικτών δεδομένων, όπως το παράδειγμα του Σικάγο, βασίζονται σε δυναμική αναπροσαρμογή των πολιτικών με βάση τα κοινωνικά και τεχνολογικά δεδομένα. Η ύπαρξη σαφούς δομής διακυβέρνησης είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική διαχείριση ανοικτών δεδομένων. Πολιτικές για συλλογή, αποθήκευση, κοινή χρήση και ασφάλεια πρέπει να είναι ξεκάθαρες και δημοκρατικές.

4.5 ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΙΣ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ

Η πρακτική ενσωμάτωση των ανοικτών δεδομένων στα αστικά περιβάλλοντα συνοδεύεται από τεχνικές, κοινωνικές και οικονομικές προκλήσεις. Παρακάτω παρουσιάζονται σύγχρονα παραδείγματα εφαρμογής, τρόποι αξιοποίησης και εμπόδια που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι έξυπνες πόλεις.

4.5.1 Νομισματοποίηση και Εμπορική Αξιοποίηση

Η αξιοποίηση των ανοικτών δεδομένων για εμπορικούς σκοπούς αποτελεί μια από τις πλέον αμφιλεγόμενες πρακτικές στις έξυπνες πόλεις. Οι συνεργασίες μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα (ΣΔΙΤ) έχουν αναγνωριστεί ως βασικός μοχλός καινοτομίας, όμως θέτουν ερωτήματα για την ισότιμη πρόσβαση και διαχείριση των κερδών (Quan & Solheim, 2023).

Η εμπορική αξιοποίηση απαιτεί σαφείς όρους χρήσης, ισχυρές δικλείδες προστασίας προσωπικών δεδομένων και διαφανείς πολιτικές λογοδοσίας. Η έλλειψη ενιαίων προτύπων μπορεί να οδηγήσει σε συγκέντρωση πόρων σε λίγους φορείς, υποβαθμίζοντας την κοινωνική διάσταση των ανοικτών δεδομένων. Η στρατηγική αξιοποίηση των

δεδομένων ως οικονομικού πόρου επιτρέπει στις πόλεις να δημιουργούν έσοδα, προσφέροντας πληροφορίες σε τρίτους όπως επιχειρήσεις ή ερευνητικά ιδρύματα.

4.5.2 Εμπόδια και Απειλές στην Πράξη

Παρά τα πολλά υποσχόμενα οφέλη των ανοικτών δεδομένων στις έξυπνες πόλεις, η εφαρμογή τους συνοδεύεται από σοβαρά εμπόδια. Τεχνικά ζητήματα όπως η ασυμβατότητα συστημάτων και η έλλειψη υποδομών συνδέονται άμεσα με οργανωτικές και κοινωνικές προκλήσεις (Sheikh & Ambhaikar, 2022). Σύμφωνα με τους Silva et al. (2018), η απουσία συνεκτικής στρατηγικής και η υποεκτίμηση της πολυπλοκότητας των δεδομένων οδηγούν σε αναποτελεσματική εφαρμογή. Ταυτόχρονα, η ενεργή συμμετοχή των πολιτών κρίνεται καθοριστική για την επιτυχία των παρεμβάσεων, ειδικά σε τομείς όπου απαιτείται κοινωνική αποδοχή (Singh et al., 2021).

Παράδειγμα αποτελούν έργα συν-σχεδιασμού που αποδείχθηκαν αποτελεσματικά σε αναδυόμενα αστικά περιβάλλοντα (Ssanyu et al., 2023). Η εφαρμογή ανοικτών δεδομένων σε έξυπνες πόλεις συναντά εμπόδια, όπως το ψηφιακό χάσμα, η έλλειψη στρατηγικού σχεδιασμού, η δυσπιστία των πολιτών και οι αδύναμες πολιτικές κυβερνοασφάλειας. Η επιτυχία απαιτεί συντονισμένη, διαφανή και τεχνολογικά ώριμη προσέγγιση.

5 ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΜΙΑΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΠΟΛΗΣ

Η οπτικοποίηση δεδομένων αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για την κατανόηση και αξιολόγηση των δυναμικών που διέπουν μια Έξυπνη Πόλη. Μέσω αυτής, μπορούμε να απεικονίσουμε πολύπλοκα δίκτυα ψηφιακών υποδομών, να αναλύσουμε μοτίβα ανθρώπινης κινητικότητας, να παρακολουθήσουμε την ποιότητα του αέρα ή την κυκλοφοριακή συμφόρηση και να μελετήσουμε τη διανομή της κατανάλωσης ενέργειας. Οι απεικονίσεις αυτές επιτρέπουν τόσο στους φορείς λήψης αποφάσεων όσο και στους πολίτες να κατανοήσουν καλύτερα την καθημερινή λειτουργία της πόλης, να εντοπίσουν προβλήματα και να συμβάλλουν στην ανάπτυξη πιο βιώσιμων και αποδοτικών αστικών περιβαλλόντων. Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάζονται εφαρμογές οπτικοποίησης που αξιοποιούνται στο πλαίσιο Living Labs, συνοδεύονται από στιγμιότυπα προσομοίωσης εντός εφαρμογής και ολοκληρώνονται με τη θεωρητική αναφορά στις ακραίες τιμές, οι οποίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανίχνευση ανωμαλιών σε τέτοια δεδομένα.

5.1 Ζωντανά Εργαστήρια (Living Labs)

Τα Living Labs αποτελούν κρίσιμους μηχανισμούς συν-δημιουργίας καινοτομίας σε πραγματικά αστικά περιβάλλοντα. Χαρακτηρίζονται από τη συμμετοχή πολιτών, επιχειρήσεων, ερευνητικών ιδρυμάτων και τοπικών αρχών στη σχεδίαση, δοκιμή και αξιολόγηση λύσεων για έξυπνες πόλεις. Όπως υπογραμμίζουν οι Bibri & Krogstie (2020), τα Living Labs προάγουν μια πιο ανθρώποκεντρική και βιώσιμη προσέγγιση, εστιάζοντας όχι μόνο στη δοκιμή τεχνολογικών εφαρμογών αλλά και στην ενίσχυση της κοινωνικής συνοχής και της πολιτικής συμμετοχής.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει εντάξει τα Living Labs σε αρκετές στρατηγικές, κυρίως στο πλαίσιο της αποστολής "Κλιματικά Ουδέτερες και Έξυπνες Πόλεις" του Horizon Europe, υποστηρίζοντας την ίδρυση πάνω από 100 τέτοιων εργαστηρίων έως το 2030. Το JPI Urban Europe προωθεί ενεργά τη χρήση των Living Labs ως εργαλεία διατομεακής συνεργασίας και δημιουργίας πολιτικών βάσει εμπειρικών δεδομένων (Anthopoulos et al., 2022).

Επιπλέον, σύμφωνα με τον Kühne & HeideI (2021), τα Living Labs συνδέονται με τη μετάβαση από πειραματικές πρωτοβουλίες προς ώριμες υπηρεσίες που βασίζονται σε ανάλυση δεδομένων, IoT και AI. Η Linde et al. (2021) επισημαίνει ότι οι δυναμικές ικανότητες (dynamic capabilities) είναι κρίσιμες για την οργάνωση των Living Labs σε πλαίσια καινοτομικών οικοσυστημάτων. Η βιωσιμότητα τέτοιων δομών σχετίζεται άμεσα με την ικανότητα των φορέων να συντονίζουν διαφορετικά συμφέροντα και να διασφαλίζουν συνεχή ροή δεδομένων.

Ο Maltezos et al. (2021) δείχνουν την εφαρμογή της προσέγγισης Living Lab και στην Ελλάδα, μέσα από έργα που εστιάζουν στην αστική ασφάλεια και στη χρήση edge computing. Αντίστοιχα, ο Pikkarainen et al. (2020) υπογραμμίζουν τη σημασία των δικτύων υπηρεσιών δεδομένων (data-driven service delivery networks) ως βασική συνιστώσα λειτουργίας των Living Labs.

- **SmartSantander (Ισπανία):** δίκτυο αισθητήρων και εφαρμογών IoT για δημόσια χρήση.
- **Living Tomorrow (Βέλγιο):** αστικό κέντρο καινοτομίας με συμμετοχή εταιρειών και πολιτών.
- **efeuCampus (Γερμανία):** αστικό εργαστήριο εφοδιαστικής με χρήση αυτόνομων οχημάτων.

Τα Living Labs προσφέρουν ένα ευέλικτο πλαίσιο για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων, ενώ επιτρέπουν την άμεση αξιολόγηση της κοινωνικής αποδοχής νέων τεχνολογιών (Linde et al., 2021; Kühne & HeideI, 2021). Στο ελληνικό πλαίσιο, έργα όπως αυτό του E. Maltezos et al. (2021) για την ασφάλεια μέσω edge computing δείχνουν την αξιοποίηση τέτοιων προσεγγίσεων σε εθνικό επίπεδο. Τα Living Labs αποτελούν χώρους δοκιμής τεχνολογιών σε πραγματικές συνθήκες. Διευκολύνουν τη συνδημιουργία λύσεων μεταξύ πολιτών, φορέων και επιχειρήσεων, προωθώντας την καινοτομία.

5.2 Προσομοίωση Σεναρίων

Στο πλαίσιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, πραγματοποιήθηκε προσομοίωση σεναρίων έξυπνης πόλης στο περιβάλλον του CupCarbon, με έμφαση στην παρακολούθηση και μετάδοση πληροφορίας για αστική κινητικότητα μέσω τεχνολογιών IoT.

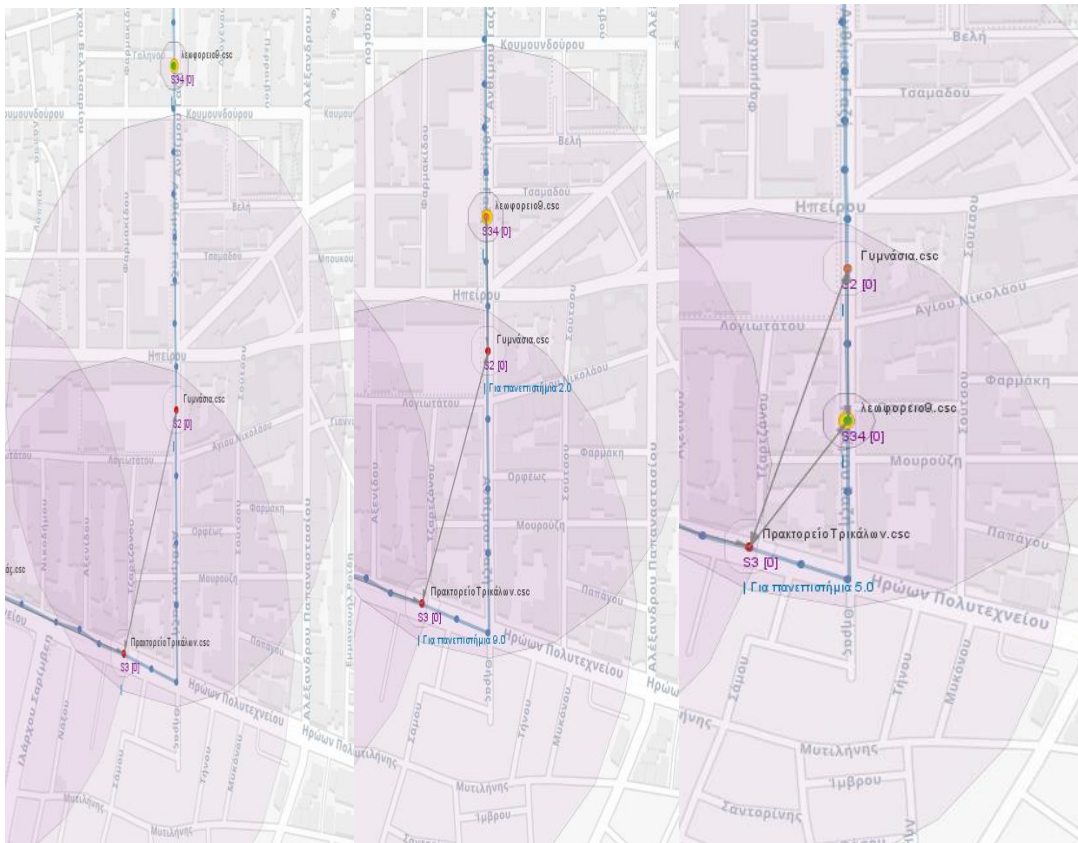
Σενάριο 1: Παρακολούθηση Διαδρομής Λεωφορείων με Broadcast σε ZigBee Δίκτυο



Εικόνα 10 Απεικόνιση διαδρομής λεωφορείου με αισθητήρες στις στάσεις του

Το πρώτο σενάριο αφορά την υλοποίηση ενός συστήματος που παρακολουθεί τη θέση λεωφορείου και ενημερώνει δυναμικά τις στάσεις της διαδρομής σχετικά με τον εκτιμώμενο χρόνο άφιξης. Η επικοινωνία επιτεύχθηκε μέσω ασύρματου ZigBee δικτύου όπου οι στάσεις δρουν ως κόμβοι που επικοινωνούν με τη μέθοδο broadcast, ενισχυόμενη από ενδιάμεσους επαναμεταδότες (repeaters).

Κάθε σταθμός λαμβάνει περιοδικά πακέτα δεδομένων από το λεωφορείο, τα επεξεργάζεται (υπολογισμός απόστασης, ταχύτητας, χρόνου άφιξης) και **προωθεί** το μήνυμα στον επόμενο κόμβο. Ο αλγόριθμος σε κάθε στάση ακολουθεί μια σειρά από βήματα: αποθήκευση της πληροφορίας, υπολογισμοί και τελική αποστολή. Ενδεικτικά, χρησιμοποιούνται μεταβλητές όπως marker (θέση στάσης), u9 (χρονική μεταβλητή) και prajy (προβλεπόμενος χρόνος άφιξης), με χρήση εντολών receive, rdata, send στο περιβάλλον του CupCarbon.



Εικόνα 11 Το λεωφορείο μπαίνει στο radius του αισθητήρα με τις στάσεις να δείχνουν τον χρόνο αναμονής για να φτάσει σε αυτές. Μόλις προσπεράσει την μια εκείνη δεν εκτυπώνει πλέον

Μειονεκτήματα της Προσέγγισης με Broadcast ZigBee

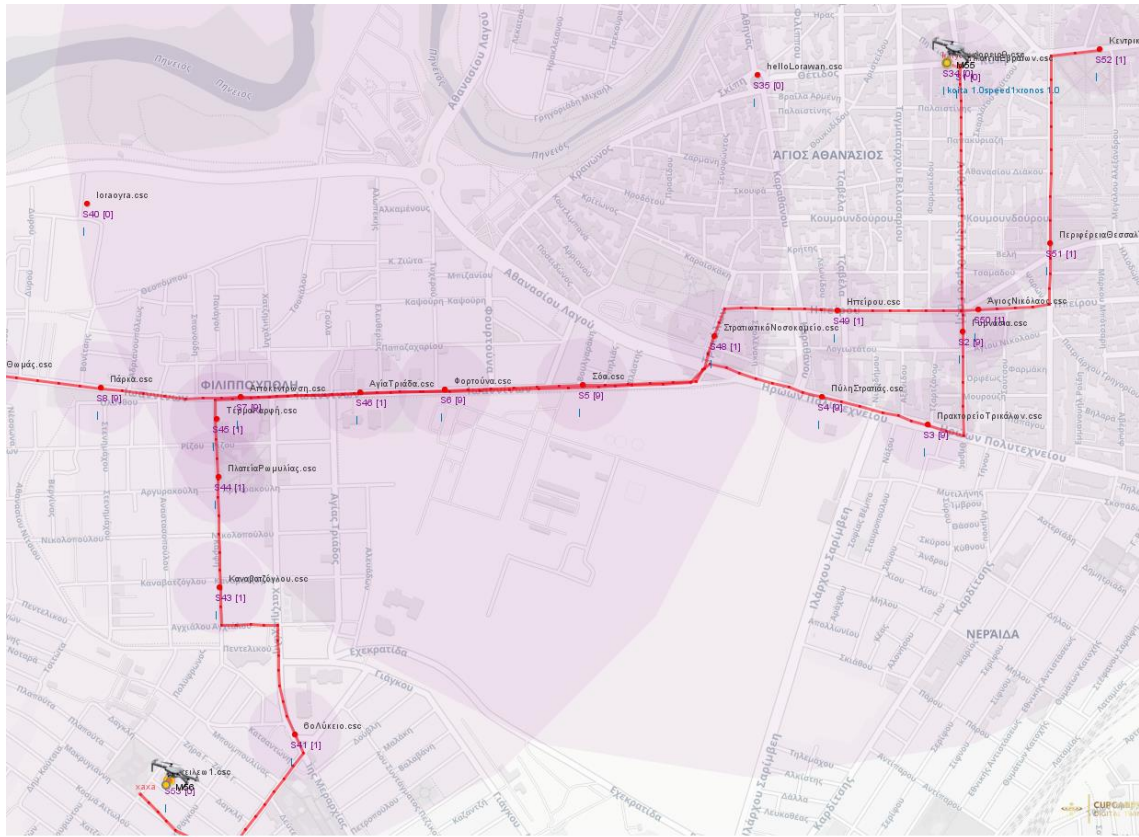
Παρότι η αρχιτεκτονική με ZigBee παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως χαμηλό κόστος και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, εμφανίστηκαν στην πράξη συγκεκριμένοι περιορισμοί:

1. Εξάρτηση από την καθορισμένη διαδρομή: Αν το λεωφορείο αποκλίνει από τη χαρτογραφημένη διαδρομή των ZigBee κόμβων (π.χ. λόγω εκτροπής πορείας, έκτακτης ανάγκης ή νέου δρομολογίου), δεν υπάρχει τρόπος εντοπισμού – το λεωφορείο ουσιαστικά «εξαφανίζεται» από το δίκτυο.
2. Υψηλό υπολογιστικό φορτίο στις στάσεις: Κάθε ZigBee κόμβος (στάση) καλείται να:
 - ο Λάβει το πακέτο δεδομένων,
 - ο Αποκωδικοποιήσει και αποθηκεύσει τις πληροφορίες,
 - ο Εκτελέσει τους απαραίτητους υπολογισμούς (απόσταση, χρόνος),
 - ο Επαναπροωθήσει το πακέτο στον επόμενο κόμβο.

Αυτή η διαδικασία συνεπάγεται υψηλό τοπικό υπολογιστικό φορτίο και αυξάνει την πιθανότητα λαθών, καθυστερήσεων ή σύγκρουσης πακέτων σε περιβάλλον με αυξημένη πυκνότητα κόμβων.

Σενάριο 2: Υβριδική Αρχιτεκτονική με LoRa και ZigBee

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω μειονεκτημάτων, σχεδιάστηκε και προσομοιώθηκε ένα υβριδικό δίκτυο που συνδυάζει τεχνολογίες LoRa και ZigBee. Σε αυτή την αρχιτεκτονική:

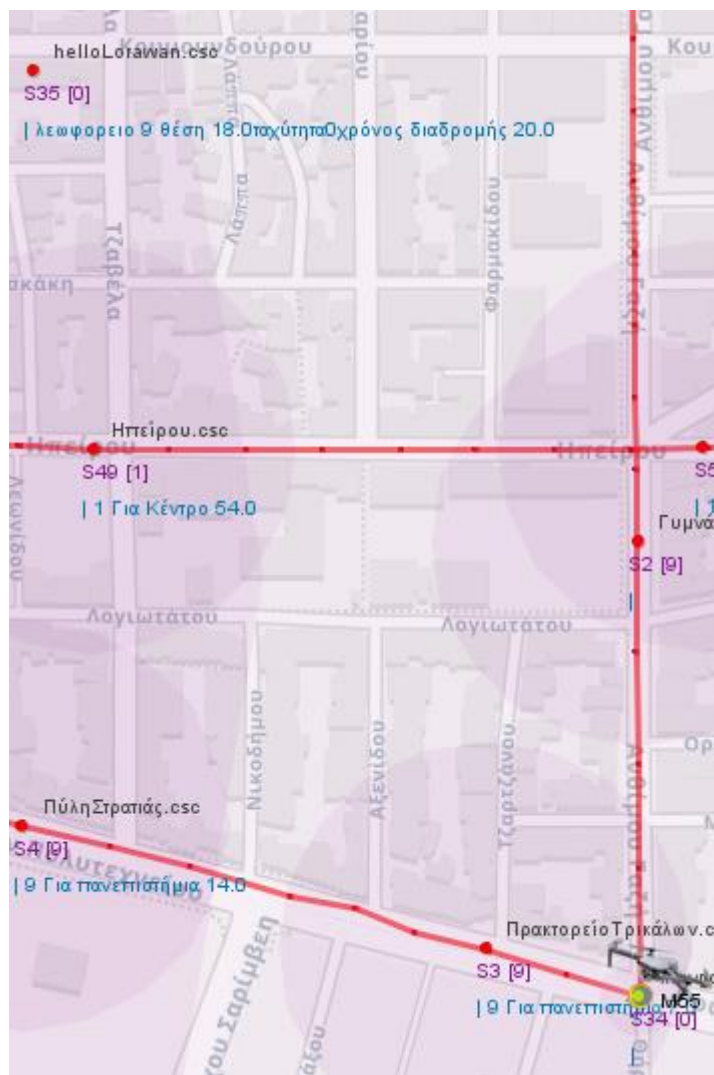


Εικόνα 12 Αναπαράσταση υβριδικής αρχιτεκτονικής με πολλαπλά λεωφορεία

- Τα λεωφορεία λειτουργούν ως κινητοί κόμβοι και εκπέμπουν περιοδικά πακέτα που περιέχουν θέση, ταχύτητα και χρονική σήμανση (timestamp).
- Οι LoRa δέκτες, με την αυξημένη τους εμβέλεια, λαμβάνουν αυτά τα δεδομένα ακόμη και αν το λεωφορείο δεν βρίσκεται κοντά σε σταθερό κόμβο ZigBee.
- Οι LoRa κόμβοι προωθούν τις πληροφορίες σε όλους τους κόμβους ZigBee-στάσεις, χωρίς την ανάγκη πολυεπίπεδης αναμετάδοσης.
- Οι ZigBee κόμβοι περιορίζονται πλέον στο να εκτελούν απλούς υπολογισμούς (π.χ. υπολογισμός χρόνου άφιξης) και να παρουσιάζουν το αποτέλεσμα στους επιβάτες, χωρίς να αναλαμβάνουν τη διανομή των πακέτων.

Πλεονεκτήματα Υβριδικού Δικτύου

- Ανθεκτικότητα σε απόκλιση πορείας: Η ευρεία κάλυψη του LoRa διασφαλίζει ότι το λεωφορείο εντοπίζεται ακόμη κι αν απομακρυνθεί από τις προκαθορισμένες στάσεις.
- Απλοποίηση κόμβων ZigBee: Οι σταθμοί λειτουργούν μόνο ως αποδέκτες και υπολογιστές των δεδομένων, μειώνοντας δραστικά την ανάγκη για ενδοδίκτυη επεξεργασία και αναμετάδοση.
- Αξιοπιστία & επεκτασιμότητα: Το υβριδικό μοντέλο μπορεί να επεκταθεί εύκολα, ενώ διατηρεί την ευελιξία σε περίπτωση επέκτασης ή τροποποίησης διαδρομών.



Εικόνα 13 Ο S35/LoRa γνωρίζει την θέση, ταχύτητα και χρόνο της διαδρομής του λεωφορείου πάντοτε

Σενάριο Ενεργοποίησης Αισθητήρων Αντιπλημμυρικής Προστασίας

Το συγκεκριμένο σενάριο επικεντρώνεται στην πρόληψη πλημμυρικών φαινομένων μέσω της έξυπνης ενεργοποίησης αισθητήρων στάθμης νερού σε υποδομές απορροής (φρεάτια, υπόγειοι αγωγοί). Η ενεργοποίηση αυτών των αισθητήρων γίνεται με δύο εναλλακτικούς τρόπους, οι οποίοι έχουν ως κοινό στόχο τη δυναμική και στοχευμένη παρακολούθηση κινδύνων υπερχειλίσης, περιορίζοντας την κατανάλωση ενέργειας και την περιττή μετάδοση δεδομένων.

Τρόπος 1: Τοπικός αισθητήρας βροχόπτωσης (ομβρομετρητής)

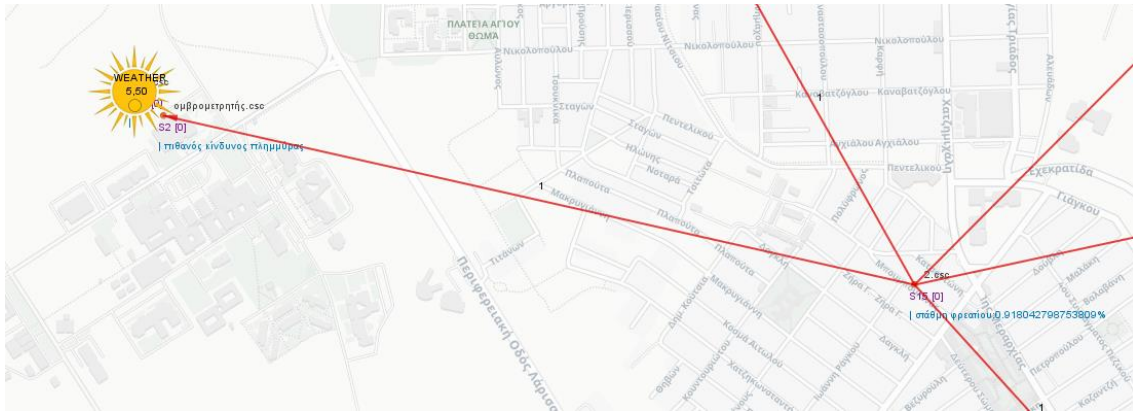
Στο ΤΕΙ Λάρισας υπάρχει εγκατεστημένος εξοπλισμός μέτρησης βροχόπτωσης, πιθανόν τύπου ομβρομετρητή (tipping bucket rain gauge). Ο αισθητήρας αυτός καταγράφει την ένταση των κατακρημνισμάτων σε πραγματικό χρόνο.

Όταν η μετρούμενη τιμή ξεπεράσει ένα καθορισμένο όριο (π.χ. mm ανά ώρα), το σύστημα δημιουργεί σήμα ενεργοποίησης (trigger) το οποίο αποστέλλεται προς έναν προκαθορισμένο αριθμό αισθητήρων στάθμης νερού.

Οι αισθητήρες αυτοί βρίσκονται σε αδράνεια για εξοικονόμηση ενέργειας και ενεργοποιούνται μόνο όταν κριθεί απαραίτητο. Με την ενεργοποίησή τους, ξεκινούν να παρακολουθούν τη στάθμη του νερού σε φρεάτια και υπονόμους και αποστέλλουν ειδοποιήσεις όταν εντοπιστεί αυξημένος κίνδυνος πλημμύρας ή υπερχειλίσης.



Εικόνα 14 Ο ομβρομετρητής μετράει πόσα εκ. βροχής έχουν πέσει



Εικόνα 15 Τιμή εκ. βροχής μεγαλύτερη από 5.0mm οπότε ενεργοποιεί όλους τους αισθητήρες

Τρόπος 2: Λήψη μετεωρολογικών δεδομένων από διαδικτυακή πηγή

Εναλλακτικά, η ενεργοποίηση των αισθητήρων γίνεται μέσω αυτόματης λήψης και αξιολόγησης μετεωρολογικών δεδομένων από τον μετεωρολογικό σταθμό της Λάρισας, μέσω διαδικτύου.

Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Selenium, μια βιβλιοθήκη αυτοματοποίησης φυλλομετρητών (web browser automation), η οποία επιτρέπει την ανάγνωση και εξαγωγή τιμών απευθείας από το περιβάλλον του Chrome. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα συλλέγει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από την ιστοσελίδα του σταθμού, τα επεξεργάζεται και αποφασίζει αν η ένταση της βροχόπτωσης υπερβαίνει το όριο ασφαλείας.

Μόλις εντοπιστεί υπέρβαση των προκαθορισμένων ορίων, ενεργοποιείται το ίδιο trigger, και τίθεται σε λειτουργία η ίδια διαδικασία ελέγχου των φρεατίων, με τους αισθητήρες να παρακολουθούν τη στάθμη του νερού και να στέλνουν ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο



Εικόνα 16 Αυτοματοποιημένο output από μετεωρολογικό σταθμό

Πλεονεκτήματα της προσέγγισης

- Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω λειτουργίας αισθητήρων μόνο όταν χρειάζεται.
- Έγκαιρη πρόβλεψη και εντοπισμός κινδύνων πλημμύρας με βάση πραγματικές συνθήκες.
- Ευελιξία στη συλλογή δεδομένων είτε τοπικά είτε από απομακρυσμένες μετεωρολογικές πηγές.
- Ανάπτυξη σε στοχευμένες τοποθεσίες (φρεάτια με ιστορικό υπερχειλίσσης ή κρίσιμα σημεία).

Η υλοποίηση αυτή αποδεικνύει πώς το IoT μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά στην πρόληψη φυσικών καταστροφών, με στόχο την προστασία πολιτών και υποδομών στο πλαίσιο μιας έξυπνης πόλης.

5.3 Ακραίες τιμές

Μια ακραία τιμή (ή outlier) είναι ένα δεδομένο που διαφέρει σημαντικά από τα υπόλοιπα σε ένα σύνολο παρατηρήσεων. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι πρόκειται για σφάλμα. Αντιθέτως, τέτοιες τιμές ενδέχεται να περιέχουν σημαντικές πληροφορίες.

- Συνήθως, ένα δεδομένο θεωρείται ακραίο αν βρίσκεται περισσότερο από 1,5 φορές το ενδοτεταρτημοριακό εύρος (IQR) πάνω από το τρίτο τεταρτημόριο ή κάτω από το πρώτο τεταρτημόριο.

- Το IQR είναι η διαφορά μεταξύ του τρίτου (75ο εκατοστημόριο) και του πρώτου τεταρτημορίου (25ο εκατοστημόριο) ενός συνόλου δεδομένων.

- Οι ακραίες τιμές ενδέχεται να υποδηλώνουν είτε:

1. Κάποιο σφάλμα, π.χ. από τεχνική βλάβη ή λάθος καταγραφής.
2. Ένα αξιοσημείωτο γεγονός, όπως μια ξαφνική ή ακραία αλλαγή στο παρατηρούμενο φαινόμενο (π.χ. φυσική καταστροφή), οπότε η τιμή είναι έγκυρη αλλά σπάνια.

Παράδειγμα:

Ας εξετάσουμε τα ύψη των αλόγων.

- Το πρώτο τεταρτημόριο (Q1) είναι 5 πόδια.
- Το τρίτο τεταρτημόριο (Q3) είναι 5,5 πόδια.
- Άρα το IQR είναι 0,5 πόδια ($5,5 - 5 = 0,5$).

Οπότε τα όρια για να θεωρηθεί ένα ύψος "φυσιολογικό" είναι:

- Κατώτερο όριο: $5 - 1,5 \cdot 0,5 = 4,25$ πόδια
- Ανώτερο όριο: $5,5 + 1,5 \cdot 0,5 = 6,25$ πόδια

Οτιδήποτε εκτός αυτού του εύρους θεωρείται ακραία τιμή. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τα Guinness World Records, το ψηλότερο άλογο ξεπερνά τα 7 πόδια. Εφόσον αυτό υπερβαίνει το όριο των 6,25 ποδιών, θεωρείται ακραία τιμή.

5.4 Μετρικές ποιότητας δεδομένων

Οι μετρικές που αξιολογούν την ποιότητα των δεδομένων συχνά εκφράζονται σε κλίμακα από το 0 έως το 1, όπου το 0 υποδηλώνει πλήρως εσφαλμένα δεδομένα και το 1 υποδεικνύει απολύτως ορθές τιμές.

Ορισμένες βασικές διαστάσεις της ποιότητας, όπως η *ακρίβεια* και η *πληρότητα*, μπορούν να ποσοτικοποιηθούν μέσω της ακόλουθης εξίσωσης:

$$D = 1 - (N_i / N_t)$$

όπου:

- D δηλώνει τη μετρική για τη συγκεκριμένη διάσταση ποιότητας,
- N_i αντιστοιχεί στον αριθμό των εσφαλμένων ή ελλιπών τιμών,
- N_t είναι το σύνολο των τιμών που εξετάζονται.

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία παραμένει εφαρμόσιμη ακόμη και σε περιβάλλοντα Μεγάλων Δεδομένων (Big Data). Ωστόσο, σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα εισάγονται συνεχώς και σε πραγματικό χρόνο, η ακριβής αποτύπωση των παραμέτρων N_i και N_t καθίσταται πιο σύνθετη και απαιτεί προηγμένες τεχνικές συλλογής και ανάλυσης.

5.5 Αλγόριθμοι εντοπισμού ανωμαλιών

Οι αλγόριθμοι εντοπισμού ανωμαλιών αποτελούν τεχνικές της επιστήμης των δεδομένων και της μηχανικής μάθησης που έχουν ως στόχο τον εντοπισμό παρατηρήσεων ή προτύπων που αποκλίνουν σημαντικά από την αναμενόμενη ή φυσιολογική συμπεριφορά ενός συνόλου δεδομένων. Οι παρατηρήσεις αυτές, γνωστές ως "ανωμαλίες" ή "εκτροπές", μπορεί να υποδηλώνουν σφάλματα, απάτες, βλάβες ή άλλες σημαντικές καταστάσεις που απαιτούν προσοχή. Οι αλγόριθμοι αυτοί βρίσκουν εφαρμογή σε πλήθος τομέων, όπως η ασφάλεια συστημάτων, η ανάλυση δεδομένων αισθητήρων σε έξυπνες πόλεις, η τραπεζική απάτη και η παρακολούθηση δικτύων.

Ανάλογα με το είδος και τη φύση των δεδομένων, χρησιμοποιούνται διαφορετικές προσεγγίσεις, όπως μη εποπτευόμενη μάθηση (π.χ., Isolation Forest, DBSCAN) ή εποπτευόμενη/ημι-εποπτευόμενη μάθηση, με στόχο την αποτελεσματική διαφοροποίηση των κανονικών από τις μη κανονικές συμπεριφορές.

- Isolation Forest: Ο αλγόριθμος Isolation Forest βασίζεται στην έννοια της απομόνωσης των παρατηρήσεων μέσω τυχαίας επιλογής χαρακτηριστικών και καθορισμού σημείων διαχωρισμού μεταξύ των ελάχιστων και μέγιστων τιμών τους. Η βασική αρχή λειτουργίας του είναι ότι οι ανώμαλες τιμές απομονώνονται ευκολότερα, καθώς διαφέρουν αισθητά από τον γενικό πληθυσμό δεδομένων.

- DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise): Πρόκειται για έναν αλγόριθμο ομαδοποίησης που βασίζεται στην πυκνότητα των δεδομένων. Οι παρατηρήσεις που βρίσκονται σε πυκνές περιοχές σχηματίζουν συστάδες, ενώ εκείνες που είναι απομονωμένες θεωρούνται θόρυβος ή ανωμαλίες, καθώς δεν εντάσσονται σε καμία ομάδα.
- One-Class Support Vector Machine (OCSVM): Η OCSVM αποτελεί μια μη εποπτευόμενη προσέγγιση εντοπισμού ανωμαλιών. Σκοπός της είναι η δημιουργία ενός ορίου απόφασης που περιγράφει τη φυσιολογική συμπεριφορά των δεδομένων. Οι παρατηρήσεις που βρίσκονται εκτός αυτού του ορίου θεωρούνται αποκλίσεις από το σύνηθες πρότυπο και συνεπώς πιθανές ανωμαλίες.

6 Συμπεράσματα

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολήθηκε με την προσομοίωση σεναρίων του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) σε περιβάλλον Έξυπνης Πόλης, με στόχο την κατανόηση των τεχνολογιών που την υποστηρίζουν, των δικτύων επικοινωνίας, των δομών δεδομένων καθώς και των ηθικών και νομικών πτυχών που ανακύπτουν από τη χρήση τους. Πραγματοποιήθηκε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση, ανάλυση τυποποιημένων μορφών ανταλλαγής δεδομένων και μελέτη των δικτύων μικρής, μεσαίας και μεγάλης εμβέλειας. Ειδικό ενδιαφέρον δόθηκε στα ανοικτά δεδομένα και στην προστασία της ιδιωτικότητας, καθώς και στις τεχνικές αντιμετώπισης κινδύνων ασφαλείας.

Η πρακτική υλοποίηση των σεναρίων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της πλατφόρμας CupCarbon Digital Twin IoT, ένα περιβάλλον που υποστηρίζει την οπτικοποίηση και τον σχεδιασμό δικτύων IoT. Αν και το εργαλείο παρείχε βασικές δυνατότητες, στην πράξη διαπιστώθηκε ότι παρουσίασε αρκετούς περιορισμούς, τόσο σε επίπεδο διεπαφής όσο και σε επίπεδο επεκτασιμότητας και παραμετροποίησης. Αν η εργασία αυτή γινόταν εκ νέου, θα επέλεγα μια πιο ευέλικτη ή σύγχρονη προσομοιωτική πλατφόρμα, προκειμένου να επιτύχω μεγαλύτερη ακρίβεια και καλύτερη οπτικοποίηση των σεναρίων.

Παρά τις δυσκολίες, η ενασχόληση με το αντικείμενο αποδείχθηκε ιδιαίτερα ωφέλιμη. Η εργασία συνέβαλε σημαντικά στην εμβάθυνση γνώσεων γύρω από τις τεχνολογίες IoT, τη διαχείριση δεδομένων και τις προκλήσεις που συνοδεύουν την ψηφιακή μετάβαση των πόλεων. Αν και το τελικό αποτέλεσμα δεν αποτελεί ένα ολοκληρωμένο ή έτοιμο προς χρήση προϊόν, μπορεί να αξιοποιηθεί ως βάση για περαιτέρω ανάπτυξη από άτομα με πιο εξειδικευμένες γνώσεις σε τομείς όπως η μηχανική μάθηση, η επεξεργασία δεδομένων ή ο σχεδιασμός προηγμένων αστικών υποδομών. Ως προγραμματιστές, έχουμε τον ρόλο της υλοποίησης απαιτήσεων που προκύπτουν από τις ανάγκες άλλων επιστημονικών πεδίων· στόχος μας είναι να προσφέρουμε τεχνολογικά εργαλεία που υποστηρίζουν και ενισχύουν την εφαρμογή αυτών των γνώσεων.

Αν και υπήρξαν στιγμές αμφιβολίας ή τεχνικών δυσκολιών, η συνολική εμπειρία άξιζε τον κόπο. Η εργασία αυτή με ώθησε να εμβαθύνω σε έναν τομέα αιχμής, και ενίσχυσε το ενδιαφέρον μου για τις τεχνολογίες έξυπνων πόλεων και την εφαρμογή του IoT στην πράξη.

Για μελλοντική συνέχιση, προτείνεται η αξιοποίηση άλλων εργαλείων προσομοίωσης ή η ενσωμάτωση δεδομένων πραγματικού χρόνου από αισθητήρες. Ένα επόμενο βήμα θα μπορούσε να είναι η σύνδεση της πλατφόρμας με πλαίσια επεξεργασίας μεγάλων δεδομένων ή η εφαρμογή αλγορίθμων πρόβλεψης για καλύτερη ανάλυση των σεναρίων. Μια τέτοια προέκταση θα μπορούσε να αξιοποιηθεί είτε από εμένα είτε από άλλους φοιτητές, με κατεύθυνση την παραγωγή εργαλείων υψηλότερης χρηστικής αξίας για τη δημόσια διοίκηση ή τους επιστήμονες του αστικού σχεδιασμού

Βιβλιογραφία

- [1] Tékouabou, S. C., Chenal, J., Azmi, R., Toulmi, H., Diop, E. B., & Nikiforova, A. (2022). Προσδιορισμός και ταξινόμηση των πηγών αστικών δεδομένων για την ανάπτυξη συστημάτων βιώσιμου αστικού σχεδιασμού και υποστήριξης αποφάσεων με βάση τη μηχανική μάθηση. *Data*, 7(12), 170
- [2] Cepero, T., Montané-Jiménez, L. G., Benítez-Guerrero, E., & Mezura-Godoy, C. (2022). Οπτικοποίηση στις τεχνολογίες έξυπνων πόλεων. In *Ibero-American Congress of Smart Cities* (σελ. 86-100). Springer, Cham
- [3] Mitra, A., Vangipuram, S.L., Bapatla, A.K., Bathalapalli, V., Mohanty, S.P., Kougianos, E., & Ray, C. (2022). Everything You wanted to Know about Smart Agriculture. *ArXiv*, abs/2201.04754.
- [4] Quy, V.K., Hau, N.V., Anh, D.V., Quy, N.M., Ban, N.T., Lanza, S., Randazzo, G., & Muzirafuti, A. (2022). IoT Enabled Smart Agriculture: Architecture, Applications, and Challenges. *Applied Sciences*
- [5] Ahad, M.A., Paiva, S., Tripathi, G., & Feroz, N. (2020). Enabling technologies and sustainable smart cities. *Sustainable Cities and Society*
- [6] Bellini, P., Nesi, P., & Pantaleo, G. (2022). IoT-Enabled Smart Cities: A Review of Concepts, Frameworks and Key Technologies. *Applied Sciences*
- [7] Chan, B. (2018) A Smart City Ecosystem Framework for building sustainable smart cities, Strategy of Things. Available at: <https://strategyofthings.io/smart-city-ecosystem> (Accessed: 29 November 2023).
- [8] Javed, A.R., Zikria, Y.B., Rehman, S.U., Shahzad, F., & Jalil, Z. (2021). Future Smart Cities: Requirements, Emerging Technologies, Applications, Challenges, and Future Aspects. *Cities*
- [9] Kumar, H., Singh, M., Gupta, M.P., & Madaan, J.K. (2020). Moving towards smart cities: Solutions that lead to the Smart City Transformation Framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119281.

- [10] Errichiello, L., & Marasco, A. (2014). Open Service Innovation in Smart Cities: A Framework for Exploring Innovation Networks in the Development of New City Services. *Advanced Engineering Forum*, 11, 115- 124
- [11] Van Twist, M., et al. (2023). *Citizen dissatisfaction in smart cities: Active and passive discontent in urban digital environments*. [Άγνωστη έκδοση].
-
- [12] Frank, M., Walker, J., Attard, J. (2016). "Data Literacy- What is it and how can we make it happen?". *The Journal of Community Informatics* (12:3)
- [13] <https://tago.io/blog/type-of-iot-wireless-connectivity>
- [14] <https://arxiv.org/abs/2208.04050>
- [15] <https://lora-alliance.org/>
- [16] <https://www.gsma.com/iot/>
- [17] Gartner & McKinsey reports για συγκριτικά πλεονεκτήματα data lake vs data warehouse σε Big Data και Smart Cities.
- [18] IBM. (n.d.). Understanding data lakes. <https://www.ibm.com/cloud/learn/data-lake>
-
- [19] Sánchez, D., & Viejo, A. (2017). Personalized privacy in open data sharing scenarios. *Online Information Review*, 41(3), 298–310.
- [20] Green, B., Cunningham, G., Ekblaw, A., Kominers, P., Linzer, A., & Crawford, S. P. (2017). *Open data privacy*. Berkman Klein Center Research Publication, (2017-1), 17-07.
- [21] Janssen, M., Charalabidis, Y., & Zuiderwijk, A. (2012). Benefits, adoption barriers and myths of open data and open government. *Information Systems Management*, 29(4), 258–268.
- [22] European Commission. (2020). *Analytical Report N°3: Open Data and Privacy*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [23] McCallister, E. (2010). *Guide to protecting the confidentiality of personally identifiable information* (Vol. 800, No. 122). Diane Publishing.
- [24] Bertino, E., Merrill, S., Nesen, A., & Utz, C. (2019). Redefining data transparency: A multidimensional approach. *Computer*, 52(1), 16–26.
- [25] Data Security and Privacy with the Privacy Professor. (2020). [Amazon listing](#)

- [26] Lane, J., Stodden, V., Bender, S., & Nissenbaum, H. (Eds.). (2014). *Privacy, big data, and the public good: Frameworks for engagement*. Cambridge University Press.
- [27] Bozkurt, Y. et al. (2023). Toward Urban Data Governance: Status-Quo, Challenges, and Success Factors. IEEE Access
- [28] Choenni, S. et al. (2022). Data governance in smart cities: Challenges and solution directions. *Journal of Smart Cities and Society*, 1(1), 31-51
- [29] Kvalvik, P., Sánchez-Gordón, M., & Colomo-Palacios, R. (2022). Beyond technology in smart cities: A multivocal literature review on data governance. *Aslib Journal of Information Management*. <https://doi.org/10.1108/AJIM-04-2022-0196>
- [30] König, P. D. (2021). Citizen-centered data governance in the smart city: From ethics to accountability. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103308.
- [31] Franke, J., & Gailhofer, P. (2021). Data Governance and Regulation for Sustainable Smart Cities. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3, 763-788
- [32] Artyushina, A. (2020). Is civic data governance the key to democratic smart cities? The role of the urban data trust in Sidewalk Toronto. *Telematics and Informatics*, Vol. 55, p. 101456
- [33] Modic, D., Hafner, A., Damij, N., & Zajc, L. C. (2019). Innovations in intellectual property rights management: Their potential benefits and limitations. *European Journal of Management and Business Economics*, 28(2), 189–203.
- [34] Boettcher, J. C., & Dames, K. M. (2018). Government Data as Intellectual Property: Is Public Domain the Same as Open Access?
- [35] Hossen, M. S., & Shin, D. (2023, July). Generalized framework for protecting privacy in the smart grid environment and measuring the efficacy of privacy attacks. In *2023 International Conference on Smart Applications, Communications and Networking (SmartNets)* (pp. 1–8). IEEE.
- [36] Kassen, M. (2013). A promising phenomenon of open data: A case study of the Chicago open data project. *Government Information Quarterly*, 30(4), 508–513.
- [37] Quan, X., & Solheim, M.C. (2023). Συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα στις έξυπνες πόλεις: Μια κρίσιμη έρευνα και ερευνητικό πρόγραμμα. *Πόλη, Πολιτισμός και Κοινωνία*.

- [38] Sheikh, A., & Ambhaikar, A. (2022). Προκλήσεις επικοινωνίας δεδομένων στις έξυπνες πόλεις. *IEEE Potentials*, 41, 35–39.
- [39] Silva, B.N., Khan, M., & Han, K.J. (2018). Προς βιώσιμες έξυπνες πόλεις: Μια ανασκόπηση των τάσεων, των αρχιτεκτονικών, των στοιχείων και των ανοικτών προκλήσεων στις έξυπνες πόλεις. *Sustainable Cities and Society*, 38, 697–713.
- [40] Singh, P., Lynch, F., & Helfert, M. (2021). Ο ρόλος των πολιτών στην ανάπτυξη των έξυπνων πόλεων: Benefit of Citizen's Feedback for Improving Quality of Service. *Διεθνές Συνέδριο για τα Έξυπνα Δίκτυα και τα Πράσινα Συστήματα Πληροφορικής*.
- [41] Ssanyu, J.N., et al. (2023). Πώς μια διαδικασία συν-σχεδιασμού οδήγησε σε πιο συναφείς με το πλαίσιο παρεμβάσεις οικογενειακού προγραμματισμού σε αναδόμενα αστικά περιβάλλοντα στην Ανατολική Ουγκάντα. *PLOS Global Public Health*.
-
- [42] Bibri, S.E., & Krogstie, J. (2020). The emerging data-driven Smart City and its innovative applied solutions for sustainability: the cases of London and Barcelona. *Energy Informatics*, 3, 1-42.
- [43] Kaluarachchi, Y. (2022). Implementing Data-Driven Smart City Applications for Future Cities. *Smart Cities*.
- [44] Kühne, B., & Heidel, K. (2021). How Could Smart Cities Use Data? - Towards a Taxonomy of Data-Driven Smart City Projects. *Lecture Notes in Information Systems and Organisation*.
- [45] Linde, L., Sjödin, D.R., Parida, V., & Wincent, J. (2021). Dynamic capabilities for ecosystem orchestration A capability-based framework for smart city innovation initiatives. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120614
- [46] Maltezos, E., Karagiannidis, L., Dadoukis, A., Petousakis, K., Misichroni, F., Ouzounoglou, E., Gounaridis, L., Gounaridis, D., Kouloumentas, C., & Amditis, A.J. (2021). Public safety in smart cities under the edge computing concept. 2021 IEEE International Mediterranean Conference on Communications and Networking (MeditCom), 88-93.
- [47] Pal, M.S., & Bhatia, M. (2022). Lifetime Maximization of Bin Level IoT Sensor and Route Optimization for Smart Waste Management in Hilly City Shimla, India:

- A Comparative Analysis. 2022 Second International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies (ICAECT), 1-6.
- [48] Pikkarainen, M., Huhtala, T., Kemppainen, L., & Häikiö, J. (2020). Success factors for data-driven service delivery networks. *Journal of innovation management*, 7, 14-46.
- [49] Sosunova, I., & Porras, J. (2022). IoT-Enabled Smart Waste Management Systems for Smart Cities: A Systematic Review. *IEEE Access*, 10, 73326-73363.
- [50] Stadhouders, M. (2017). Determinants of Longevity of Smart City Innovation Ecosystems and Projects.
- [51] Zygiaris, S. (2013). Smart City Reference Model: Assisting Planners to Conceptualize the Building of Smart City Innovation Ecosystems. *Journal of the Knowledge Economy*, 4, 217-231
- [52] Ardagna, D., Cappiello, C., Samá, W., & Vitali, M. (2018). Context-aware data quality assessment for big data. *Future Generation Computer Systems*, 89, 548-562.
- [53] Ahmed, U., Srivastava, G., Djenouri, Y., & Lin, J. C.-W. (2022). Knowledge graph based trajectory outlier detection in sustainable smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 78, 103580.
- [54] Belhadi, A., Djenouri, Y., Srivastava, G., Djenouri, D., Lin, J. C.-W., & Fortino, G. (2021). Deep learning for pedestrian collective behavior analysis in smart cities: A model of group trajectory outlier detection. *Information Fusion*, 65, 13-20.
-
- [55] <https://seminars.etwinning.gr/mod/page/view.php?id=32362>
- [56] <https://asolkarpradnya.medium.com/stop-using-the-terms-data-lake-and-data-warehouse-interchangeably-f05718969557>
- [57] https://en.wikipedia.org/wiki/Tokenization_%28data_security%29
- [58] <https://link.springer.com/article/10.1007/s12083-020-00897-3>

Παράρτημα Α

Τα gps αρχεία με διπλές εγγραφές στα σημεία στάσεων για την ‘εικονική’ απεικόνιση στάσεις για να ανέβει κόσμος.



πορεία9.gps



πορεία1.gps

το mymarker αλλάζει για κάθε στάση με των εξής τρόπο

| Στάση 9 | `my\_marker` | Στάση1 | my marker

1 1	1 18
2 18	2 31
3 25	3 37
4 32	4 40
5 46	5 49
6 54	6 56
7 65	7 63
8 73	8 72
9 80	9 80
10 87	10 88
11 129	11 99

Για το broadcast τρόπο

Γυμνάσια	Πύλη στρατιάς	Πρακτορείο Τρικάλων
atget id id set mymarker 18 set u 0 loop	atget id id set mymarker 32 set u 0 loop receive message3	atget id id set mymarker 25 set u 0 loop receive message2

<pre> receive message rdata message rid marker u9 set distance my- marker-marker set taxy u-u9 set prajy dis- tance+taxy if(distance==0) print "" end if(distance>0) print "Για πανεπιστήμια" prajy else print "" end data message2 id marker u9 send message2 3 </pre>	<pre> rdata message3 rid marker u9 set distance my- marker-marker set taxy u-u9 set prajy dis- tance+taxy if(distance==0) print "" end if(distance>0) print "Για πανεπιστήμια" prajy else print "" end </pre>	<pre> rdata message2 rid marker u9 set distance my- marker-marker set taxy u-u9 set prajy dis- tance+taxy if(distance==0) print "" end if(distance>0) print "Για πανεπιστήμια" prajy else print "" end data message3 id marker u9 send message3 4 </pre>
--	--	---

Lora 35

```
atget id id
loop
receive message9
rdata message9 rid x9 u9 t9
receive message1
rdata message1 rid x1 u1 t1
print "λεωφορειο 9 θέση" x9 "ταχύτητα" u9 "χρόνος διαδρομής" t9
send message9 40
send message9 0 9
send message1 0 1
```

Lora 40

```
atget id id
loop
receive message9
rdata message9 rid x9 u9 t9
receive message1
rdata message1 rid x1 u1 t1
print "λεωφορειο 1 θέση" x1 "ταχύτητα" u1 "χρόνος διαδρομής" t1
send message1 35
send message9 47
send message1 47
send message9 0 9
send message1 0 1
```

(Για κοινές στάσεις μπορείτε να δημιουργήσετε νέο my πχ19 για να στέλνουν message οι lora αντί να κάνουν unicast)

λεωφορείο 1

```
atget id id
set x1 0
set u1 0
set t1 0
loop
set t1 t1+1
if(x1==18 || x1==31 || x1==37 || x1==40 || x1==49 || x1==56 ||
x1==63 || x1==72 || x1==80 || x1==88 || x1==99)
    set u9 0
    print "koita" x1 "speed" u1 "xronos" t1
    delay 1000
end
set x1 x1+1
set u1 1
print "koita" x1 "speed" u1 "xronos" t1
data message1 id x1 u1 t1
send message1 0 100
delay 1000
```

λεωφορείο 9

```
atget id id
set x9 0
set u9 0
set t9 0
loop
set t9 t9+1
```

```

if(x9==1 || x9==18 || x9==25 || x9==32 || x9==46 || x9==54 ||
x9==65 || x9==73 || x9==80 || x9==87 || x9==129)
    set u9 0
    delay 1000
end
    set x9 x9+1
    set u9 1
data message9 id x9 u9 t9
send message9 0 100
delay 1000

```

παράδειγμα στασης 9

```

atget id id
set mymarker 32
set u 0
loop
receive message9
rdata message9 rid x9 u9
set distance mymarker-x9
set taxy u-u9
set prajy distance+taxy
if(distance==0)
    print ""
end
if(distance>0)
    print "9 Για πανεπιστήμια" prajy
else
    print ""
end

```

extra χαρακτηριστικά: εμφάνιση χρόνου αναμονής εάν το λεωφορείο είναι “σχετικά” κοντά

```
if(distance==0)
    print ""
end
if(distance>0)
    print "9 Για πανεπιστήμια" prajy
else
    print ""
end
σε
if(distance>0 && distance<=60)
    print "9 Για πανεπιστήμια" prajy
end
```

εάν η στάση είναι κοινή για παραπάνω από ένα λεωφορεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτό.

```
atget id id
set mymarker9 46
set mymarker1 56
set u 0
loop
receive message9
rdata message9 rid x9 u9
set distance9 mymarker9-x9
set taxi9 u-u9
```

```

set prajy9 distance9+taxy9

receive message1
rdata message1 rid x1 u1
set distance1 mymarker1-x1
set taxy1 u-u1
set prajy1 distance1+taxy1

if(distance9>0 && distance1>0)
    print "9 Πανεπιστήμια" prajy9 "| 1 Κέντρο" prajy1
else
    if(distance9>0)
        print "9 Πανεπιστήμια" prajy9
    end
    if(distance1>0)
        print "1 Κέντρο" prajy1
    end
    if(distance1<=0 && distance9<=0)
        print ""
    end
end

```



log.txt

Παράρτημα Β

Natural event generator

0 2.78

1 4.33

2 3.30

3 5.50

4 2.45

Εάν δεν δουλεύει ως natural event file μπορεί να ορίσετε ιot node με

```
double r
```

```
set t 0
```

```
loop
```

```
if (t==0)
```

```
set r 4.33
```

```
send r 2
```

```
delay 1000
```

```
send r 2
```

```
delay 1000
```

```
set t 1
```

```
if(t==1)
```

```
set r 3.30
```

```
send r 2
```

```
delay 1000
```

```
send r 2
```

```
delay 1000
```

```
send r 2
```

```
delay 1000
```

```

set t 2
if(t==2)
set r 5.50
send r 2
delay 1000
send r 2
delay 1000
send r 2
delay 1000
set t 3
if(t==3)
set r 2.45
send r 2
delay 1000
send r 2
delay 1000
set t 4
ομβρομετρητής
atget id id
set k 1
loop
receive r
print "εκατοστα βροχής" r
if(r>5.0)
print "πιθανός κίνδυνος πλημμύρας"
data message k
send message * -1
delay 1000

```

κοντινότερος lora

```
set active 0
loop
receive message
send message * -1
if(active==0)
set active 1
if(active==1)
rand h 1 100
print "στάθμη φρεατίου:" h "%"
delay 1000
```

επομενος lora

```
atget id id
loop
receive message
rand h 1 100
print "στάθμη φρεατίου:" h "%"
delay 1000
send message 0 10
```

για οσους zigbee/φρεάτια και να προσθεσετε οριστε το my 10

```
double h
loop
receive message
rand h 1 100
print "στάθμη φρεατίου:" h "%"
delay 1000
```

Txt code για δημιουργία του .bat αρχείου

@echo off

python meteo_larissa.py

pause

Meteo_larissa

```
from selenium import webdriver
from selenium.webdriver.chrome.service import Service
from selenium.webdriver.chrome.options import Options
from selenium.webdriver.common.by import By
import time

CHROMEDRIVER_PATH = "C:/drivers/chromedriver.exe"

options = Options()
# Αν θες να βλέπεις τον Chrome, μην το βάλεις σε headless
# options.add_argument("--headless")

service = Service(CHROMEDRIVER_PATH)
driver = webdriver.Chrome(service=service, options=options)

driver.get("https://penteli.meteo.gr/stations/larissa/")
time.sleep(15) # περιμένουμε να φορτώσει

# Εντοπίζουμε τα στοιχεία με class='right'
divs = driver.find_elements(By.TAG_NAME, "div")
count = 0
output_lines = []

for d in divs:
    class_name = d.get_attribute("class")
    if "right" in class_name:
        count += 1
        line = f"[{count}] → {d.text.strip()}"
        print(line)
        output_lines.append(line)

final_line = f"🔍 Βρέθηκαν {count} divs που περιέχουν class='right'"
print(final_line)
output_lines.append(final_line)

driver.quit()

# Γράφουμε το αποτέλεσμα στο αρχείο
with open("apoteleismata.txt", "w", encoding="utf-8") as file:
```

```
for line in output_lines:  
    file.write(line + "\n")
```


Παράρτημα Γ

Όλα τα παραπάνω scripts είναι όσο καλύτερα προσαρμοσμένα για να προσπερασω το πρόβλημα του parser μου.

Είχα scripts χωρίς end (π.χ. με loop ... delay 1000 χωρίς κλείσιμο) που δούλευαν και scripts με σωστά δομημένο end προκαλούν EmptyStackException.

Αυτό με οδήγησέ στο ότι το πρόβλημα είναι καθαρά bug του parser (δηλαδή του SenScriptAddCommand) που δεν διαχειρίζεται σωστά το κλείσιμο μπλοκ (όπως loop-end, if-end), στην έκδοση μου.

Παρακάτω είναι άλλες προσεγγίσεις σε klines που θα λειτουργούσαν ύπο κανονικές συνθήκες.

```
Λεωφορείο με get gps x yset
```

```
atget id id
```

```
set x 0
```

```
set y 0
```

```
// Αρχικοποίηση flags για να μην επαναλαμβάνονται τα messages
```

```
set stop1 0
```

```
set stop2 0
```

```
set stop3 0
```

```
set stop4 0
```

```
set stop5 0
```

```
set stop6 0
```

```
set stop7 0
```

```
set stop8 0
```

```
set stop9 0
```

```
set stop10 0
```

```
set stop11 0
```

```
loop
```

```
    getgps x y
```

```
        if((x > 22.41311 - 0.00001) && (x < 22.41311 + 0.00001) && (y > 39.63845 - 0.00001) && (y < 39.63845 + 0.00001) && stop1 == 0)
```

```
            print "Arrived at stop 1"
```

```
            delay 1000
```

```
            set stop1 1
```

```
        end
```

```
        if((x > 22.41317 - 0.00001) && (x < 22.41317 + 0.00001) && (y > 39.63372 - 0.00001) && (y < 39.63372 + 0.00001) && stop2 == 0)
```

```
            print "Arrived at stop 2"
```

```
            delay 1000
```

```
            set stop2 1
```

```
        end
```

```
        if((x > 22.41237 - 0.00001) && (x < 22.41237 + 0.00001) && (y > 39.63203 - 0.00001) && (y < 39.63203 + 0.00001) && stop3 == 0)
```

```
            print "Arrived at stop 3"
```

```
            delay 1000
```

```
            set stop3 1
```

```
        end
```

```
        if((x > 22.40988 - 0.00001) && (x < 22.40988 + 0.00001) && (y > 39.63254 - 0.00001) && (y < 39.63254 + 0.00001) && stop4 == 0)
```

```
            print "Arrived at stop 4"
```

```

    delay 1000
    set stop4 1
end

    if((x > 22.40482 - 0.00001) && (x < 22.40482 + 0.00001) && (y >
39.63276 - 0.00001) && (y < 39.63276 + 0.00001) && stop5 == 0)
        print "Arrived at stop 5"
        delay 1000
        set stop5 1
    end

    if((x > 22.40110 - 0.00001) && (x < 22.40110 + 0.00001) && (y >
39.63266 - 0.00001) && (y < 39.63266 + 0.00001) && stop6 == 0)
        print "Arrived at stop 6"
        delay 1000
        set stop6 1
    end

    if((x > 22.39631 - 0.00001) && (x < 22.39631 + 0.00001) && (y >
39.63254 - 0.00001) && (y < 39.63254 + 0.00001) && stop7 == 0)
        print "Arrived at stop 7"
        delay 1000
        set stop7 1
    end

    if((x > 22.39305 - 0.00001) && (x < 22.39305 + 0.00001) && (y >
39.63269 - 0.00001) && (y < 39.63269 + 0.00001) && stop8 == 0)
        print "Arrived at stop 8"
        delay 1000

```

```

    set stop8 1
end

    if((x > 22.39009 - 0.00001) && (x < 22.39009 + 0.00001) && (y >
39.63298 - 0.00001) && (y < 39.63298 + 0.00001) && stop9 == 0)
        print "Arrived at stop 9"
        delay 1000
        set stop9 1
    end

    if((x > 22.38713 - 0.00001) && (x < 22.38713 + 0.00001) && (y >
39.63326 - 0.00001) && (y < 39.63326 + 0.00001) && stop10 == 0)
        print "Arrived at stop 10"
        delay 1000
        set stop10 1
    end

    if((x > 22.38134 - 0.00001) && (x < 22.38134 + 0.00001) && (y >
39.62761 - 0.00001) && (y < 39.62761 + 0.00001) && stop11 == 0)
        print "Arrived at stop 11"
        delay 1000
        set stop11 1
    end

    delay 500
end

```

2^η προσέγγιση με επιτάχυνση – επιβράδυνση

```
atget id id
```

```
set x9 0           θέση  
set u9 0           ταχύτητα  
set a9 0.2         επιτάχυνση / επιβράδυνση  
set d9 3           απόσταση για επιβράδυνση  
set t9 0           χρόνος
```

```
set stops [1 18 25 32 46 54 65 73 80 87 129]
```

```
loop
```

```
    set t9 t9+1
```

```
    set near_stop 0
```

```
    // Έλεγχος επιβράδυνσης εάν πλησιάζει στάση
```

```
    foreach s in stops
```

```
        set dist s-x9
```

```
        if(dist>0) && (dist<=d9)
```

```
            set u9 u9-a9
```

```
            if(u9<0)
```

```
                set u9 0
```

```
            end
```

```
            set near_stop 1
```

```
            break
```

```
        end
```

```
    end
```

```

// Αν φτάσει ακριβώς σε στάση → σταματά για λίγο
foreach s in stops
    if(x9>=s) && (x9<=s +0.5)
        set u9 0
        delay 2000
        break
    end
end

// Αν δεν πλησιάζει στάση → επιτάχυνση
if(near_stop==0)
    set u9 u9+a9
end

// Ενημέρωση θέσης
set x9 x9+u9

// Στέλνει δεδομένα
data message9 id x9 u9 t9
send message9 0 100

delay 1000
end

```

Η 2^η έκδοση σε python

```
# Ρυθμίσεις

stops = [1, 18, 25, 32, 46, 54, 65, 73, 80, 87, 129]

x = 0.0          # θέση λεωφορείου
u = 0.0          # ταχύτητα
a = 0.2          # επιτάχυνση
d = 3.0          # απόσταση για επιβράδυνση
dt = 1           # χρονικό βήμα (1 δευτερόλεπτο)
t = 0           # χρόνος
```

```
history = []
```

```
def is_near_stop(x, stops, d):
    return any(0 < s - x <= d for s in stops)
```

```
def at_stop(x, stops, eps=0.5):
    return any(abs(x - s) <= eps for s in stops)
```

```
while x < max(stops):
    t += dt

    if at_stop(x, stops):
        u = 0
        history.append((t, x, u, "STOP"))
        t += 2 # Περιμένει στη στάση
    else:
        if is_near_stop(x, stops, d):
            u = max(0, u - a)
        else:
```

```
u += a
```

```
x += u
```

```
history.append((t, x, u, "MOVING"))
```

```
# Εκτύπωση ιστορικού
```

```
for entry in history:
```

```
    t, x, u, state = entry
```

```
    print(f"t={t:>3} | x={x:>6.2f} | u={u:>4.2f} | {state}")
```