



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (IoT) ΓΙΑ ΕΞΥΠΝΕΣ
ΠΟΛΕΙΣ: ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ, ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ,
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Απόστολου Παπαναστασίου

Επιβλέπων : Χαράλαμπος Σκιάνης

Μέλη εξεταστικής επιτροπής: Χαράλαμπος Σκιάνης, Δημήτριος Σκούτας, Γεώργιος Κορμέντζας

Σάμος, [Ιούλιος, 2023]

Πρόλογος και ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή με θέμα «ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (IoT) ΓΙΑ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ: ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ, ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ, ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ & ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ» έχει εξερευνήσει σχολαστικά τον πολύπλευρο κόσμο των τεχνολογιών IoT και την εφαρμογή τους στο πλαίσιο των έξυπνων πόλεων, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη και διορατική ανάλυση αυτού του ταχέως εξελισσόμενου πεδίου.

Πρώτα και κύρια, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας κ. Σκιάνη, του οποίου η εξειδικευμένη καθοδήγηση, υποστήριξη και ενθάρρυνση υπήρξαν ανεκτίμητες σε όλη αυτή την ερευνητική διαδρομή. Η καθοδήγησή του όχι μόνο έχει εμπλουτίσει την ποιότητα αυτής της εργασίας αλλά έχει επίσης προωθήσει την ανάπτυξή μου ως μελετητή.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου, που παρείχαν αμέριστη υποστήριξη και ενθάρρυνση σε όλη τη διάρκεια αυτού του έργου. Η πίστη τους στις ικανότητές μου και η δέσμευσή τους για την επιτυχία μου έπαιξαν αναμφίβολα σημαντικό ρόλο στην ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Καθώς ξεκινάμε ένα ταξίδι στις σελίδες αυτής της διατριβής, υπενθυμίζω τις μετασχηματιστικές δυνατότητες των τεχνολογιών IoT και την ικανότητά τους να φέρουν επανάσταση στον τρόπο που ζούμε, εργαζόμαστε και αλληλεπιδρούμε με το αστικό μας περιβάλλον. Η παρούσα έρευνα όχι μόνο εμβαθύνει την κατανόησή μας για τις αρχές και τις τεχνολογίες που στηρίζουν το IoT για έξυπνες πόλεις, αλλά φωτίζει επίσης τα πρακτικά βήματα που απαιτούνται για να ζωντανέψουν αυτές οι καινοτομίες.

Σε μια εποχή που χαρακτηρίζεται από ταχεία αστικοποίηση, κλιματική αλλαγή και καταπονημένους δημόσιους πόρους, η ανάγκη για έξυπνότερες, πιο αποτελεσματικές και πιο βιώσιμες πόλεις είναι πιο επιτακτική από ποτέ. Ελπίζω ότι η παρούσα εργασία θα εμπνεύσει και θα ενημερώσει τις μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες σε αυτόν τον ζωτικό τομέα, ανοίγοντας το δρόμο για την ανάπτυξη έξυπνων πόλεων που δεν είναι μόνο τεχνολογικά προηγμένες αλλά και ανθρωποκεντρικές, χωρίς αποκλεισμούς και βιώσιμες.

Με εκτίμηση,

Απόστολος Παπαναστασίου

© 2023

του

Απόστολου Παπαναστασίου

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή	1
1.1	Ποιότητα ζωής των αστικών περιοχών	1
1.2	Αντικείμενο διπλωματικής.....	2
1.2.1	Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα.....	2
1.3	Δομή της διπλωματικής	3
2	Έννοια και υπηρεσίες Smart City	5
2.1	Ιστορική αναδρομή και ορισμοί.....	5
2.2	Χαρακτηριστικά έξυπνης πόλης	7
2.3	Σύστημα λειτουργίας έξυπνης πόλης.....	9
3	Αρχιτεκτονική αστικών Internet of Things (IoT).....	11
3.1	Εισαγωγή.....	11
3.2	Εφαρμογές.....	13
3.3	Αρχιτεκτονική αστικών IoT	17
3.3.1	Προσέγγιση υπηρεσίας Ιστού για αρχιτεκτονική υπηρεσιών IoT.....	18
3.3.2	Τεχνολογίες επιπέδου συνδέσμου (Link Layer Technologies)	23
3.3.3	Συσκευές.....	23
3.4	Μία πειραματική μελέτη: Padova Smart City.....	25
3.4.1	Παράδειγμα δεδομένων που συλλέχθηκαν από την Padova Smart City	29
4	Μεθοδολογία έρευνας.....	30
4.1	Σκοπός – Ερευνητικά Ερωτήματα	30
4.2	Μέθοδος Έρευνας.....	30
4.3	Ερευνητικό Εργαλείο – Δείγμα Έρευνας.....	31
4.4	Διεξαγωγή της έρευνας	32
5	Αποτελέσματα.....	34
6	Συμπεράσματα - Συζήτηση	44
	Βιβλιογραφία.....	52
	Παράρτημα Ι ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	59
	Παράρτημα ΙΙ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ	62

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 1 Χαρακτηριστικά-άξονες έξυπνης πόλης	8
Σχήμα 2 Εννοιολογική αναπαράσταση ενός αστικού δικτύου IoT βάσει της προσέγγισης διαδικτυακών υπηρεσιών. (Zanella et al., 2014)	18
Σχήμα 3 Στοιβες πρωτοκόλλου για μη περιορισμένου (αριστερά) και περιορισμένους (δεξιά) κόμβους IoT (Zanella et al., 2014).....	19
Σχήμα 4 Αρχιτεκτονική συστήματος “Padova Smart City.” (Zanella et al., 2014).....	26
Σχήμα 5 Παράδειγμα δεδομένων που συλλέχθηκαν από την Padova Smart City: (α) θερμοκρασία και (β) υγρασία. (Zanella et al., 2014).....	28
Σχήμα 6 Παράδειγμα δεδομένων που συλλέχθηκαν από την Padova Smart City: (α) φως και (β) βενζόλιο. (Zanella et al., 2014).....	28
Σχήμα 7 Ανάγλυφο Π.Ε. Καρδίτσας	45

Λίστα Γραφημάτων

Γράφημα 1 Φύλο	34
Γράφημα 2 Ηλικία	35
Γράφημα 3 Επάγγελμα	35
Γράφημα 4 Επίπεδο εκπαίδευσης	36
Γράφημα 5 Κάτοικος Καρδίτσας	36
Γράφημα 6 Εργασία στην πόλη της Καρδίτσας	37
Γράφημα 7 Το μεγαλύτερο πρόβλημα της πόλης κατά την άποψη των πολιτών	37
Γράφημα 8 Μέσο μετακίνησης των πολιτών εντός πόλης	38
Γράφημα 9 Ποσοστιαία κατανομή χρήσης smartphone με άνεση	38
Γράφημα 10 Ποσοστιαία κατανομή της γνώσης του τι είναι Έξυπνη Πόλη	39
Γράφημα 11 Απόψεις πολιτών για το κατά πόσο πιστεύουν πως η Καρδίτσα μπορεί να γίνει μια έξυπνη πόλη που αναπτύσσεται με τη βοήθεια της τεχνολογίας και έχει στόχο την εξοικονόμηση πόρων και την καλυτέρευση της ζωής των κατοίκων της	39
Γράφημα 12 Τομείς της έξυπνης πόλης που θεωρούν οι πολίτες ότι πρέπει να εστιάσει η Πόλη για να επιτύχει την ανάπτυξή της και τη βελτίωση της ζωής σε αυτή	40
Γράφημα 13 Δράσεις που θεωρούνται αναγκαίες κατά την άποψη των πολιτών	41
Γράφημα 14 Ποσοστιαία κατανομή της άποψης εάν οι δράσεις είναι ικανές να αλλάξουν θετικά και τη δική τους ζωή στην πόλη (N=100)	42
Γράφημα 15 Ποσοστιαία κατανομή της διάθεσης των πολιτών να πληρώσουν ένα μικρό αντίτιμο είτε με μορφή δημοτικών τελών είτε σαν έκτακτη εισφορά, για την επίτευξη του να γίνει η Καρδίτσα μια έξυπνη πόλη (N=100)	42

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΟ RADOVA SMART CITY (Zanella et al., 2014).....	14
---	----

Ακρωνύμια

CoAP	Constrained Application Protocol
IoT	Internet Of Things
NFC	Near Field Communication
URI	Universal Resource Identifier
W3C	World Wide Web Consortium
XML	eXtensible Markup Language

Περίληψη

Η ταχεία αστικοποίηση του παγκόσμιου πληθυσμού έχει οδηγήσει στην ανάγκη για αποτελεσματικό και βιώσιμο αστικό σχεδιασμό και διαχείριση. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) έχει αναδειχθεί ως μια πολλά υποσχόμενη λύση για την αντιμετώπιση διαφόρων προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι πόλεις. Η παρούσα μελέτη στοχεύει να διερευνήσει την εφαρμογή του IoT σε έξυπνες πόλεις, εστιάζοντας ιδιαίτερα στη στάση και τις αντιλήψεις των πολιτών στην περιφερειακή ενότητα Καρδίτσας. Η έρευνα συνδυάζει τόσο ποσοτικές όσο και ποιοτικές μεθοδολογίες, παρέχοντας πληροφορίες για τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων και τις απόψεις τους σχετικά με διάφορες πτυχές πρωτοβουλιών για έξυπνες πόλεις.

Η μελέτη προσδιορίζει αρκετούς βασικούς τομείς για περαιτέρω διερεύνηση, συμπεριλαμβανομένης της ταξινόμησης εφαρμογών έξυπνων πόλεων, της ανάπτυξης αρχιτεκτονικής IoT και της κατανόησης της συμπεριφοράς των πολιτών, του αστικού σχεδιασμού και της διαχείρισης της κυκλοφορίας. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή τεχνολογιών IoT σε έξυπνες πόλεις μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των πολιτών και ειδικότερα η Καρδίτσα έχει τη δυνατότητα να αναπτυχθεί περαιτέρω στον τομέα αυτό. Τα ευρήματα αυτής της έρευνας παρέχουν πολύτιμες γνώσεις για πολεοδόμους, υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και ερευνητές στον τομέα των έξυπνων πόλεων και του IoT.

Λέξεις Κλειδιά: *IoT, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, έξυπνη πόλη, Καρδίτσα*

Abstract

The rapid urbanization of the world's population has led to the need for an efficient and sustainable urban planning and management. The Internet of Things (IoT) has emerged as a promising solution to address various challenges faced by cities. This study aims to explore the implementation of IoT in smart cities, particularly focusing on the attitudes and perceptions of citizens in the regional unit of Karditsa. This research combines both quantitative and qualitative methodologies, providing insights into the demographic characteristics of the participants and their opinions on various aspects of smart city initiatives.

This study identifies several key areas for further investigation, including the classification of smart city applications, the development of IoT architecture, and the understanding of citizen behavior, urban planning, and traffic management. It concludes, that the implementation of IoT technologies in smart cities can improve the quality of life for the citizens and the city itself, has the potential to develop further in this field. The findings of this research provide valuable insights for urban planners, policymakers, and researchers in the field of smart cities and IoT.

Keywords: *IoT, smart city, Internet of Things, Karditsa*

1

Εισαγωγή

1.1 Ποιότητα ζωής των αστικών περιοχών

Οι αλλαγές της σημερινής εποχής, λόγω της παγκοσμιοποίησης, των ραγδαίων τεχνολογικών εξελίξεων και του έντονου ανταγωνισμού, δεν άφησαν ανεπηρέαστη τη μορφή των πόλεων. Πλέον, αποτελεί ζητούμενο για κάθε πόλη η απόκτηση συγκριτικού πλεονεκτήματος και ο διαχωρισμός της από τις άλλες. Η σημασία τους είναι αδιαμφισβήτητη μεγάλη, καθώς είναι συγκεντρωμένος σε αυτές περισσότερος από τον μισό πληθυσμό παγκοσμίως. Μάλιστα, εκτιμάται πως μέσα στις επόμενες τρεις δεκαετίες θα κατοικούν σε αυτές τα 2/3 του πληθυσμού (UNFAPA, 2019). Επιπλέον, οι πόλεις παράγουν περίπου το 80% του Παγκοσμίου ΑΕΠ (Economist Intelligence Unit, 2012).

Ως συνέπεια, οι πόλεις της σημερινής εποχής χρειάζεται να αντιμετωπίσουν νέες προκλήσεις. Ωστόσο, αυτό δεν γίνεται πάντα με επιτυχία, λόγω των ποικίλων παραγόντων που τις επηρεάζουν. Δημιουργείται έτσι, μια νέα σειρά προβλημάτων που χρήζουν αντιμετώπισης. Μεταξύ αυτών, σημαντικό είναι το ζήτημα της αστικοποίησης, που αυξάνει τον πληθυσμό των πόλεων και μειώνει αυτόν της υπαίθρου. Κύριος παράγοντας του προβλήματος αυτού, είναι η επιδίωξη των ανθρώπων ενός καλύτερου επιπέδου ζωής, αναζητώντας εργασία στα μεγάλα αστικά κέντρα. Συνεκδοχικά, οι πόλεις εξαπλώνονται, δημιουργούνται προάστια και περιορίζεται η αγροτική γη. Επιπλέον, εντείνονται τα προβλήματα σε σχέση με τον τρόπο που σχεδιάζονται πολεοδομικά οι πόλεις (άναρχη δόμηση, περιορισμένοι δημόσιοι χώροι κ.α.). Όσον αφορά τη μετακίνηση, προκαλείται κυκλοφοριακή συμφόρηση, οι χώροι στάθμευσης είναι ανεπαρκείς, τα μέσα μαζικής μεταφοράς δυσλειτουργούν, με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η καθημερινή ζωή των πολιτών. Ακόμη, ο διαρκώς αυξανόμενος πληθυσμός καθιστά αναγκαία τη δημιουργία νέων μεταφορικών δικτύων, για την καλύτερη εξυπηρέτηση των κατοίκων (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2017). Το γεγονός πως διάφορες υπηρεσίες δεν είναι καλά οργανωμένες ή δεν έχουν καλό συντονισμό, προκαλεί πρόσθετες δυσκολίες στον αστικό πληθυσμό.

Επιπρόσθετα, το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής δυσχεραίνει την κατάσταση των πόλεων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2015), όπως και η ανεπαρκής πρόβλεψη διαφόρων κινδύνων (π.χ. τεχνολογικών). Το γεγονός πως μέχρι πρόσφατα δεν είχε ληφθεί καμία μέριμνα για την έννοια της ανθεκτικότητας των πόλεων, επιδρά αρνητικά στο να εξασφαλιστούν μακροπρόθεσμα οι

λειτουργίες τους και να διατηρηθεί η ταυτότητά τους (γεωμορφολογική και κοινωνική) (Σκιντζής, et al., 2017).

Το πόσο επιζήμιες είναι οι πόλεις από περιβαλλοντικής άποψης, είναι γνωστό, η ατμόσφαιρα ρυπαίνεται, οι πόροι εξαντλούνται, το έδαφος επιβαρύνεται, τα οικοσυστήματα καταστρέφονται κ.α.. Το NATO Review (2011) αναφέρει χαρακτηριστικά πως μέχρι το 2030 αναμένεται αύξηση των αναγκών ύδρευσης κατά 30%, απόδειξη των αυξανόμενων περιβαλλοντικών προκλήσεων. Ως συνέπεια όλων αυτών, η υγεία των ανθρώπων επιβαρύνεται και ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού παγκοσμίως ζει μιας κακής ποιότητας ζωή.

Από οικονομικής άποψης, η παγκόσμια οικονομική ύφεση τα τελευταία χρόνια επηρέασε σημαντικά τις πόλεις, δεδομένου ότι αυτές παράγουν το 80% του παγκοσμίου ΑΕΠ. Η οικονομική βιωσιμότητά τους επιβαρύνεται επιπλέον από την κατασπατάληση των πόρων, τον κακό τρόπο διακυβέρνησης, την αδυναμία των τοπικών αυτοδιοικήσεων. Τέλος, μεγάλη σημασία έχει και ο κοινωνικός τομέας των πόλεων. Τα έντονα προβλήματα που παρουσιάζονται σήμερα σε πολλές μεγάλες πόλεις (ανεργία, μετανάστευση, κοινωνική ανισότητα, εγκληματικότητα κ.α.), υπογραμμίζουν την ανάγκη για δραστικές αλλαγές.

1.2 Αντικείμενο διπλωματικής

Τα προβλήματα των πόλεων που αναφέρθηκαν πιο πάνω και οι προκλήσεις με τις οποίες είναι αντιμέτωπες, υποδεικνύουν την ανάγκη υιοθέτησης ενός πιο βιώσιμου μοντέλου ώστε να αυξηθεί η αποτελεσματικότητά τους σε όλους τους βασικούς τομείς (περιβάλλοντος, οικονομίας, κοινωνίας, υποδομών, διακυβέρνησης κ.α.). Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (2017), επισημαίνει πως η μεγαλύτερη σύγχρονη πρόκληση είναι να επιτευχθεί ισορροπία μεταξύ των αστικών περιοχών και της ποιότητας ζωής. Μια λύση προς την κατεύθυνση αυτή, μπορεί να είναι η «Εξυπνη πόλη», η οποία εστιάζοντας στην ικανοποίηση των αναγκών της πλειοψηφίας έναντι της οικονομικής ευρωστίας της μειοψηφίας, μπορεί μέσω νέων πολιτικών, τεχνολογιών και εφαρμογών να εξασφαλίσει ότι θα «ζει» αυτή για τους κατοίκους και όχι το αντίστροφο. Η ανάπτυξη των σημερινών πόλεων με βάση αυτό το μοντέλο, μοιάζει να είναι η πλέον ενδεδειγμένη. Οι λόγοι που τεκμηριώνουν την άποψη αυτή, αναλύονται στην παρούσα εργασία, μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, της μελέτης περιπτώσεων και της έρευνας που διεξήχθη στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής για την πόλη της Καρδίτσας.

1.2.1 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιοποίηση τεχνολογιών Διαδικτύου των Πραγμάτων σε περιβάλλον έξυπνης πόλης βάση ολοκληρωμένου περιβάλλοντος δικτυοκεντρικών υπηρεσιών.

Οι στόχοι για τη διερεύνηση του τοπίου της έξυπνης πόλης και της αξιοποίησης δικτυοκεντρικών υπηρεσιών κατηγοριοποιούνται στους παρακάτω κύριους άξονες:

- Διερεύνηση περιπτώσεων εφαρμογής όπως Μεταφορές, Φωτισμός, Καθαριότητα, Τουρισμός, Υγεία, Περιβάλλον, Ενημέρωση.

- Ανάπτυξη προδιαγραφών, απαιτήσεων και σχετικών προδιαγραφών ώστε να αναδειχθούν καινοτόμες πλατφόρμες.
- Ανάπτυξη πρότυπων υλοποιήσεων μικρής κλίμακας ή/και μελετών εκτίμησης επίδοσης τέτοιων συστημάτων.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν

1. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά και η δομή της έξυπνης πόλης;
2. Υπάρχουν βιώσιμες πρακτικές εφαρμογής του μοντέλου της έξυπνης πόλης και ποια η σχέση τους;
3. Πως συνδέεται η έξυπνη πόλη με την βιώσιμη αστική ανάπτυξη και ποιες οι εφαρμογές που μπορούν να συμβάλλουν σε αυτό και τη βελτίωση της ζωής των πολιτών;
4. Ποια είναι η επίδραση στην πόλη της Καρδίτσας από την υιοθέτηση μιας στρατηγικής IoT;

1.3 Δομή της διπλωματικής

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, «ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (IoT) ΓΙΑ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ: ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ, ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ, ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ & ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ», οργανώνεται σε έξι κύρια κεφάλαια, ακολουθούμενα από βιβλιογραφία και παραρτήματα.

Το Κεφάλαιο 1 χρησιμεύει ως εισαγωγή, περιγράφοντας την ποιότητα ζωής στις αστικές περιοχές, το αντικείμενο του διπλώματος, τον σκοπό και τα ερευνητικά ερωτήματα. Η δομή του διπλώματος συζητείται επίσης εν συντομία σε αυτό το κεφάλαιο.

Το Κεφάλαιο 2 εμβαθύνει στην έννοια και τις υπηρεσίες των έξυπνων πόλεων, παρέχοντας μια ιστορική επισκόπηση, ορισμούς, χαρακτηριστικά και μια επισκόπηση του λειτουργικού συστήματος της έξυπνης πόλης.

Στο Κεφάλαιο 3, η εστίαση μετατοπίζεται στην αρχιτεκτονική του αστικού Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνει μια εισαγωγή στο θέμα, μια συζήτηση για τις εφαρμογές IoT και μια σε βάθος εξέταση της αστικής αρχιτεκτονικής του IoT. Επιπλέον, παρουσιάζεται μια μελέτη περίπτωσης για την Έξυπνη Πόλη της Πάντοβα, μαζί με παραδείγματα δεδομένων που συλλέγονται από την πρωτοβουλία έξυπνης πόλης.

Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται η μεθοδολογία της έρευνας που χρησιμοποιήθηκε στη διατριβή. Ο σκοπός και τα ερευνητικά ερωτήματα επανεξετάζονται και ακολουθεί επεξήγηση της μεθόδου έρευνας, του ερευνητικού εργαλείου, του δείγματος έρευνας και της συνολικής διεξαγωγής της έρευνας.

Το Κεφάλαιο 5 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της έρευνας, παρέχοντας λεπτομερή ευρήματα από την έρευνα, συμπεριλαμβανομένης της ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων.

Τέλος, το Κεφάλαιο 6 προσφέρει συμπεράσματα και συζήτηση των ευρημάτων, τονίζοντας τη σημασία της έρευνας και τις επιπτώσεις της για το μέλλον του IoT στις έξυπνες πόλεις.

Η διπλωματική ολοκληρώνεται με μια ολοκληρωμένη βιβλιογραφία, ακολουθούμενη από δύο παραρτήματα. Το Παράρτημα Ι παρέχει το ερευνητικό ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη, ενώ το Παράρτημα ΙΙ παρέχει μεταγραφές των συνεντεύξεων που πραγματοποιήθηκαν ως μέρος της έρευνας.

2

Έννοια και υπηρεσίες Smart City

Στο κεφάλαιο αυτό, προσεγγίζεται εννοιολογικά ο όρος της έξυπνης πόλης μέσα από επιστημονικές μελέτες και έρευνες και ακολουθεί ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του μοντέλου αυτού. Επίσης, παρουσιάζονται παραδείγματα έξυπνων πόλεων, από τον διεθνή χώρο και τον ελληνικό.

2.1 Ιστορική αναδρομή και ορισμοί

Στο πέρασμα των αιώνων, ο άνθρωπος αναζητούσε το καλύτερο μοντέλο πόλεων. Εκ του αποτελέσματος, φαίνεται πως οι έως σήμερα προσπάθειές του δεν ήταν αποτελεσματικές. Από τη δημιουργία των πρώτων πόλεων και των πόλεων-κρατών έχει συμβεί πλήθος βελτιώσεων και μετασχηματισμών. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα, όπως της έξυπνης πόλης, οι αλλαγές έχουν ξεπεράσει κάθε προηγούμενη φαντασία. Για αρκετά χρόνια, ο όρος έξυπνη πόλη προκαλούσε σύγχυση λόγω του παραλληλισμού του με άλλους όρους, όπως την ψηφιακή ή την δημιουργική πόλη κ.α. (Burger-Helmchen, 2015).

Ο Hall (2000) ήταν από τους πρώτους που προσπάθησαν να προσδιορίσουν την έννοια της έξυπνης πόλης. Μεταξύ άλλων, αναφέρει πως το όραμα για τη μελλοντική πόλη αφορά μια πόλη πράσινη, που προσφέρει ασφάλεια, με αποτελεσματική σύνδεση όλων των δικτύων της και των συστημάτων πληροφοριών, χρησιμοποιώντας αισθητήρες και αλγορίθμους (Hall, 2000).

Λίγα χρόνια αργότερα, η έξυπνη πόλη περιγράφεται από τον Κομνηνό ως μια «περιοχή» που περιλαμβάνει μια πόλη ή ένα σύνολο πόλεων και όπου χαρακτηρίζεται από διαφάνεια, καινοτομία και ευημερία. Σε κάθε «περιοχή» υπάρχουν τρία επίπεδα, που ξεχωρίζουν μεταξύ τους. Στο πρώτο επίπεδο εντοπίζεται το σύνολο των δραστηριοτήτων βάσης (μεταποίηση, υπηρεσίες), στο δεύτερο ο πληθυσμός της πόλης και οι δημιουργικές του δυνάμεις και στο τρίτο, το σύνολο των εργαλείων διαχείρισης της γνώσης και των ψηφιακών πληροφοριών (Κομνηνός, 2006).

Σύμφωνα με την έρευνα «Smart cities Ranking of European medium-sized cities», του Giffinger και των συνεργατών (2007), η έξυπνη πόλη δεν ορίζεται μεμονωμένα αλλά ως ένα σύνολο από πεδία, όπου συμπεριλαμβάνονται οι επιχειρήσεις Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ/ICT), η έξυπνη βιομηχανία, τα βελτιωμένα συστήματα μεταφορών, η έξυπνη εκπαίδευση των κατοίκων της, η καλή διακυβέρνηση κ.α. Τα πεδία αυτά συνολικά δημιουργούν μια οντότητα, η λειτουργία της οποίας βασίζεται στις αρχές της βιωσιμότητας και της ασφάλειας, είναι ευέλικτη και αλληλεπιδρά με τους πολίτες (Giffender, et al., 2007).

Λίγο αργότερα, στο «45th Hawaii International Conference on System Sciences» (2012), η έξυπνη πόλη περιγράφηκε ως η πόλη που με την χρήση των ΤΠΕ επιδιώκει να βελτιώνεται, εξασφαλίζοντας την βιωσιμότητά της και συνυπολογίζοντας το περιβαλλοντικό όφελος (Chourabi et al., 2012). Επίσης, ο Desouza (2012) περιγράφει την έξυπνη πόλη ως μια πόλη που «είναι βιώσιμη, ανθεκτική, διαλλακτική και σχεδιασμένη με διαφανείς διαδικασίες και συνεργατική διακυβέρνηση» (Desouza, 2012).

Οι ορισμοί που έχουν δοθεί από διεθνείς οργανισμούς (IBM, CISCO), αναφέρουν τα εξής χαρακτηριστικά της έξυπνης πόλης: χρήση τεχνολογίας, παροχή ασφάλειας, εύκολη σύνδεση και διευκόλυνση των κατοίκων, καθώς οι πληροφορίες που ανατροφοδοτούνται οδηγούν στην λήψη καλύτερων αποφάσεων (IBM, 2009; CISCO, 2010). Επίσημοι φορείς, όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση (2019), ορίζουν την έξυπνη πόλη ως ένα μέρος όπου «τα παραδοσιακά δίκτυα και υπηρεσίες γίνονται πιο αποδοτικά με τη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών και τεχνολογιών τηλεπικοινωνιών προς όφελος των κατοίκων και των επιχειρήσεων». Επίσης, εξοικονομούνται πόροι και οι τομείς της ασφάλειας και της διοίκησης είναι πιο αποτελεσματικοί (European Commission, 2019).

Ανακεφαλαιώνοντας, στους παραπάνω ορισμούς παρατηρούνται κοινά σημεία, συγκλίνοντας γενικά στην παράμετρο της τεχνολογίας, των ανθρώπων, της διακυβέρνησης και της βιωσιμότητας. Από το σημείο αυτό και εξής, ο ορισμός που χρησιμοποιείται συνδυάζει στοιχεία από όσους προαναφέρθηκαν και αφορά μια έξυπνη πόλη που η χρήση των ΤΠΕ θα κάνει ευκολότερη τη ζωή των κατοίκων, θα είναι βασισμένη στις αρχές της βιωσιμότητας, θα έχει περιβαλλοντικές ευαισθησίες και προτεραιότητες, η διακυβέρνησή της θα είναι περισσότερο συμμετοχική και θα παρέχει ασφάλεια. Επομένως, τα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτει μια πόλη για να είναι έξυπνη, είναι η ανθεκτικότητα, η βιωσιμότητα και να είναι «ανοιχτή».

2.2 Χαρακτηριστικά έξυπνης πόλης

Στην ενότητα που προηγήθηκε, αναφέρθηκαν οι κυριότεροι ορισμοί για την έξυπνη πόλη που έχουν διατυπωθεί, από την επιστημονική κοινότητα και από επίσημους και διεθνείς φορείς. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της, βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας, είναι: οργάνωση, τεχνολογία, διακυβέρνηση, πολιτική, άνθρωποι, οικονομία, υποδομές και περιβάλλον (Chourabi et. al., 2012).

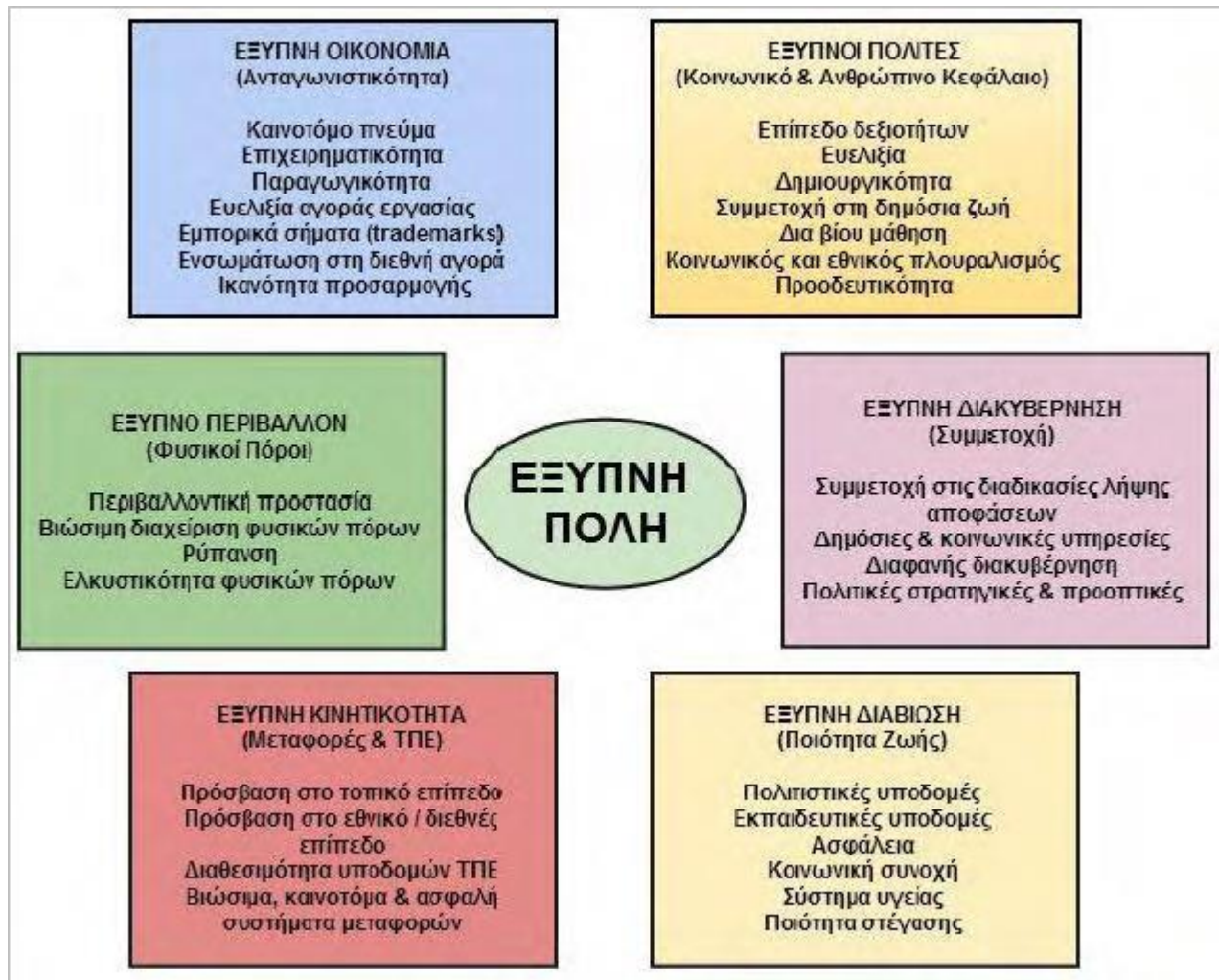
Ειδικότερα, για να δημιουργηθεί και να λειτουργεί αποτελεσματικά μια έξυπνη πόλη είναι απαραίτητοι έξι τομείς, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Οι τομείς αυτοί είναι:

1. Έξυπνη Οικονομία

Ο ρόλος της οικονομίας είναι καίριος για κάθε πόλη, καθώς αποτελεί την κινητήρια δύναμή της. Στην περίπτωση της έξυπνης πόλης, η οικονομία συνδέεται με την έννοια της ανταγωνιστικότητας, της επιχειρηματικότητας, της ευελιξίας του ανθρώπινου δυναμικού και της αγοράς, της καινοτομίας των επιχειρήσεων. Η λεγόμενη έξυπνη οικονομία, αναμένεται να δημιουργήσει θέσεις εργασίας, να βελτιώσει την παραγωγικότητα των επιχειρήσεων, να ευνοήσει τη δημιουργία νέων, να προσελκύσει επενδυτές και καταναλωτές. Σε γενικές γραμμές, αναμένεται οικονομική ανάπτυξη (Giffinger et al., 2007). Για την επίτευξη όσων προαναφέρθηκαν, χρειάζεται να είναι βασισμένη στις αρχές της οικονομικής βιωσιμότητας, αποφεύγοντας την κατασπατάληση πόρων με την εφαρμογή νέων πρακτικών περισσότερο φιλικών τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον.

2. Έξυπνοι Άνθρωποι

Ο όρος έξυπνοι άνθρωποι περιγράφει τα άτομα και τις ομάδες που διαπνέονται από δημιουργικότητα, είναι ενημερωμένοι, «ανοιχτοί» και ενεργοί πολίτες συμμετέχοντας στη διακυβέρνηση. Οι έννοιες που περιλαμβάνονται στον συγκεκριμένο όρο είναι η προσβασιμότητα, η επικοινωνία και η ποιότητα ζωής. Ένα έξυπνο κοινωνικό σύνολο είναι ισορροπημένο και ώριμο, κατανοεί τις νέες τεχνολογίες και τις καινοτομίες εν γένει και έχει πρόσβαση σε αυτές (Chourabi, 2012).



Σχήμα 1 Χαρακτηριστικά-άξονες έξυπνης πόλης

Πηγή: Giffinger et al., 2007

3. Έξυπνη Διακυβέρνηση

Η έννοια της διακυβέρνησης περιλαμβάνει το σύνολο των κανόνων και των διαδικασιών που διέπουν την εξουσία. Τα κύρια χαρακτηριστικά της είναι η διαφάνεια, η συμμετοχή των πολιτών, η λογοδότηση των πολιτικών, η αποτελεσματικότητα και η συνοχή. Είναι απαραίτητη η αξιολόγηση όσων κατέχουν θέση στην εξουσία, όπως και η επικοινωνία τους με τους πολίτες, η λήψη αποφάσεων με στόχο ένα κράτος δικαίου (European governance A white paper, 2001).

Αναφορικά με την έξυπνη διακυβέρνηση, εκτός από τα πιο πάνω χαρακτηριστικά περιλαμβάνεται και ένα σύνολο καινοτόμων λύσεων με την χρήση της τεχνολογίας, για την αντιμετώπιση των υπαρχουσών προβλημάτων. Προϋπόθεση είναι μια διακυβέρνηση περισσότερο ανοιχτή στους πολίτες, επιτρέποντάς τους να συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων μέσα από διάφορες πλατφόρμες διαβούλευσης, ελέγχοντας καλύτερα την διαφάνεια των πολιτικών αποφάσεων και βελτιώνοντας την ενημέρωση. Προς ενίσχυση των παραπάνω, ενδείκνυται η χρήση δεικτών για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας και της ποιότητας των κανόνων (Δεμερτζής, 2018).

4. Έξυπνη Κινητικότητα

Στις σύγχρονες πόλεις, τα αυτοκίνητα και τα μέσα μαζικής μεταφοράς που χρησιμοποιούνται συνεχώς, έχουν επιφέρει αλλαγές στον τρόπο ζωής και έχουν προκαλέσει σοβαρά κυκλοφοριακά προβλήματα. Με την έξυπνη κινητικότητα, προσδοκάται η επίλυση των προβλημάτων αυτών, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής με τη μέριμνα για καλύτερες υποδομές, με την χρήση νέων τεχνολογιών κίνησης και εφαρμογών για τα μέσα μαζικής μεταφοράς, με την εύρεση πιο βιώσιμων λύσεων (Urban Hub, 2019). Σε γενικές γραμμές, με την έξυπνη κινητικότητα οι κάτοικοι και οι επισκέπτες αποκτούν καλύτερη προσβασιμότητα, οι υποδομές ΤΠΕ αξιοποιούνται πιο αποδοτικά αυξάνοντας την ανταγωνιστικότητα της πόλης και εισάγοντας καινοτομίες (Giffinger et al., 2007).

5. Έξυπνο Περιβάλλον

Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα αποτελεί καθοριστικό στοιχείο της έξυπνης πόλης. Η έννοια αυτή συνεπάγεται ότι προστατεύεται το περιβάλλον και μειώνονται τα επίπεδα ρύπανσης. Υιοθετούνται «πράσινες» πρακτικές και υποδομές με στόχο να καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια και να αυξηθεί το πράσινο των πόλεων, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των κατοίκων. Για την επίτευξη όσων προαναφέρθηκαν, χρησιμοποιούνται ΑΠΕ, τοποθετούνται αισθητήρες μέτρησης των ρύπων από τα οχήματα, τα εργοστάσια κλπ., κατασκευάζονται «πράσινα» κτήρια, εφαρμόζεται έξυπνος φωτισμός, έξυπνα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων κ.α. (Giffinger et al., 2007).

6. Έξυπνη Διαβίωση

Στόχος της έξυπνης διαβίωσης είναι να προσφέρει στους κατοίκους των πόλεων μια ζωή με περισσότερη ποιότητα, με υγεία και ασφάλεια και καλύτερη επικοινωνία. Οι τομείς που περιλαμβάνονται στην έξυπνη διαβίωση είναι ο εκπαιδευτικός, ο πολιτιστικός και ο τουριστικός, οι οποίοι αλληλεπιδρούν συνδεδεμένοι με έξυπνες συσκευές εντός και εκτός σπιτιού, σε εργασιακούς χώρους, αναψυχής κλπ., βελτιώνοντας και διευκολύνοντας τη ζωή των ανθρώπων (Giffinger et al., 2007; Kor et al., 2018). Ωστόσο, οι παραπάνω πρακτικές είναι συνήθως ιδιαίτερα δαπανηρές, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με το χαρακτηριστικό της οικονομικής βιωσιμότητας των έξυπνων πόλεων. Παρόλα αυτά, δικαιώνονται εκ του αποτελέσματος.

2.3 Σύστημα λειτουργίας έξυπνης πόλης

Προκειμένου να δημιουργηθεί μια έξυπνη πόλη, προϋποτίθεται η χρήση των ΤΠΕ. Μέσα από τις Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών ευνοείται η ενεργός συμμετοχή των πολιτών στην διακυβέρνηση, ενισχύεται η καινοτομία διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στην καθημερινή ζωή, διευκολύνεται η ζωή των κατοίκων, αφού ενημερώνονται άμεσα για χρηστικές πληροφορίες σχετικά με όλους τους τομείς της καθημερινότητας (υγεία, πολιτισμός, υποδομές κλπ.) (Mitchell, 2007).

Κύριο στοιχείο των ΤΠΕ είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things, IoT). Σύμφωνα με την Παγκόσμια Ένωση Τηλεπικοινωνιών, πρόκειται για μια παγκόσμια υποδομή

σχετικά με την κοινωνία της πληροφορίας, η οποία παρέχει προηγμένες υπηρεσίες διασυνδέοντας φυσικά και εικονικά στοιχεία με τις υπάρχουσες ΤΠΕ και αυτές που βρίσκονται εν εξέλιξη (ITU, 2012). Η αφετηρία του IoT τοποθετείται στην δεκαετία του 1990, όταν ο Kevin Ashton «συνέδεσε» κάποια αντικείμενα μεταξύ τους (SAS, 2019). Ωστόσο, η χρήση του όρου άρχισε μετά το 2000 και μόλις πρόσφατα διαδόθηκε σε πολλές χώρες. Το IoT βρίσκεται σε καθημερινά αντικείμενα (π.χ. smartphone, λαμπτήρες κ.α.). Λειτουργεί δημιουργώντας ένα δίκτυο ανάμεσα στα αντικείμενα όπου βρίσκεται και στη λήψη δεδομένων, που γίνεται μέσα από ενσωματωμένους αισθητήρες. Είναι δυνατόν να επιλέγει μια ορισμένη δράση από τον χρήστη ή να λειτουργεί αυτόματα (π.χ. ρύθμιση της θέρμανσης σε ένα χώρο).

Για να είναι δυνατό να υλοποιηθούν όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω, είναι απαραίτητη η σύνδεση στο ίντερνετ και οι κατάλληλες εφαρμογές των συσκευών (smartphone, υπολογιστών κ.α.). Σε κάθε εφαρμογή υπάρχουν σενάρια που ο χρήστης επιλέγει και στέλνεται σε έναν cloud server, όπου γίνεται η επεξεργασία με αλγόριθμους. Σε ορισμένες συσκευές, για μεγιστοποίηση της ασφάλειας, προβλέπεται η διαμεσολάβηση ενός IoT gateway για τη γεφύρωση της εντολής με το cloud και την πράξη που θα πάρει ως αποτέλεσμα ο χρήστης. Επίσης, η διαδικασία αυτή είναι δυνατό να λειτουργεί και αντίστροφα, να γίνεται δηλαδή αποστολή δεδομένων από μια συσκευή στον χρήστη. Καίριο σημείο όσων προαναφέρθηκαν είναι η προστασία των προσωπικών δεδομένων των χρηστών (IBM, 2016).

Το IoT δεν είναι η μόνη τεχνολογία που σχετίζεται με την έξυπνη πόλη. Άλλες τεχνολογίες είναι επίσης, η τεχνητή νοημοσύνη (AI), τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GPS), τα συστήματα Blockchain, τα ρομποτικά συστήματα κ.α.

Σε μια έξυπνη πόλη λειτουργούν τα ακόλουθα επίπεδα, που βασίζονται στην παραπάνω λογική (Anthopoulos & Tsoukalas, 2006):

1. Επίπεδο υποδομών: Αφορά τις υποδομές υλικού και λογισμικού (π.χ. δίκτυο οπτικών ινών, σημεία πρόσβασης κλπ.).
2. Επίπεδο υπηρεσιών: Περιλαμβάνει τις υπηρεσίες για την κάλυψη των ατομικών και συλλογικών αναγκών και αποτελεί τη σύνδεση των υπηρεσιών (δημόσιων και ιδιωτικών) με τους πολίτες.
3. Επίπεδο χρηστών: Πρόκειται για τους τελικούς χρήστες των ηλεκτρονικών υπηρεσιών, τους υπαλλήλους, τους φορείς και όσους προσφέρουν τις υπηρεσίες.
4. Επίπεδο πληροφοριών: Είναι οι πληροφορίες που μαζεύονται στο πρώτο επίπεδο (υποδομών) (π.χ. δημόσια έγγραφα, καταγραφές δεδομένων κ.α.).

Συμπερασματικά, με βάση όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω, μια έξυπνη πόλη μπορεί να παραλληλιστεί με έναν οργανισμό. Αντίστοιχη με την εξάρτηση του οργανισμού από τα ζωτικά όργανα είναι η εξάρτησή της από τα ζωτικά της στοιχεία (τους ανθρώπους, τις υποδομές και τις υπηρεσίες, το IoT), προκειμένου να μπορέσει να λειτουργήσει αποτελεσματικά και να επιτύχει τους στόχους της.

3

Αρχιτεκτονική αστικών

Internet of Things (IoT)

3.1 Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) είναι ένα πρόσφατο παράδειγμα επικοινωνίας που οραματίζεται ένα όχι και τόσο μακρινό μέλλον, στο οποίο τα αντικείμενα της καθημερινής ζωής θα είναι εξοπλισμένα με μικροελεγκτές, πομποδέκτες για ψηφιακή επικοινωνία και κατάλληλες στοίβες πρωτοκόλλου που θα επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ τους και με τους χρήστες, αποτελώντας αναπόσπαστο μέρος του Διαδικτύου (Atzori, Iera & Morabito, 2010). Η ιδέα του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), ως εκ τούτου, στοχεύει στο να κάνει ακόμη περισσότερο συναρπαστικό και διεισδυτικό το Διαδίκτυο. Επιπλέον, επιτρέποντας την εύκολη πρόσβαση και αλληλεπίδραση με μια μεγάλη ποικιλία συσκευών όπως για παράδειγμα, οικιακές συσκευές, κάμερες παρακολούθησης, αισθητήρες παρακολούθησης, ενεργοποιητές, οθόνες και ούτω καθεξής, το IoT θα ενθαρρύνει την ανάπτυξη ενός αριθμού εφαρμογών που χρησιμοποιούν την δυναμικά τεράστια ποσότητα και ποικιλία δεδομένων που δημιουργούνται από τέτοια αντικείμενα για την παροχή νέων υπηρεσιών σε πολίτες, εταιρίες και δημόσιες διοικήσεις. Αυτό το παράδειγμα, βρίσκει πράγματι εφαρμογή σε πολλούς διαφορετικούς τομείς, όπως ο οικιακός αυτοματισμός, ο βιομηχανικός αυτοματισμός, τα ιατρικά βοηθήματα, η κινητή υγειονομική περίθαλψη, η έξυπνη διαχείριση ενέργειας και τα έξυπνα δίκτυα, η διαχείριση κυκλοφορίας και πολλά άλλα (Bellavista et al., 2013).

Ωστόσο, ένα τέτοιο ετερογενές πεδίο εφαρμογής καθιστά μια τρομερή πρόκληση τον προσδιορισμό λύσεων ικανών να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις όλων των πιθανών σεναρίων εφαρμογής. Αυτή η δυσκολία οδήγησε στον πολλαπλασιασμό διαφορετικών και μερικές φορές, ασύμβατων προτάσεων για την πρακτική υλοποίηση των συστημάτων IoT. Επομένως, από τη σκοπιά του συστήματος, η πραγματοποίηση ενός δικτύου IoT, μαζί με τις απαιτούμενες υπηρεσίες δικτύου και συσκευές, εξακολουθεί να στερείται βέλτιστης πρακτικής εφαρμογής λόγω της καινοτομίας και της πολυπλοκότητάς του. Εκτός από τις τεχνικές δυσκολίες, η υιοθέτηση του παραδείγματος IoT παρεμποδίζεται επίσης από την έλλειψη ενός σαφούς και ευρέως αποδεκτού

επιχειρηματικού μοντέλου που να μπορεί να προσελκύσει επενδύσεις για την προώθηση της ανάπτυξης αυτών των τεχνολογιών (Laya, Bratu & Markendahl, 2013).

Σε αυτό το περίπλοκο σενάριο, η εφαρμογή του παραδείγματος IoT σε ένα αστικό περιβάλλον έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς ανταποκρίνεται στην ισχυρή ώθηση πολλών εθνικών κυβερνήσεων να υιοθετήσουν λύσεις ΤΠΕ στη διαχείριση των δημοσίων υποθέσεων, πραγματοποιώντας έτσι την έννοια της λεγόμενης Έξυπνης Πόλης (Schaffers et al., 2011). Αν και δεν υπάρχει ακόμα ένας επίσημος και ευρέως αποδεκτός ορισμός της Έξυπνης πόλης, ο απώτερος στόχος είναι η καλύτερη χρήση των δημόσιων πόρων, αυξάνοντας την ποιότητα των υπηρεσιών που προσφέρονται στους πολίτες, μειώνοντας παράλληλα τα λειτουργικά έξοδα των δημοσίων διοικήσεων. Αυτός ο στόχος μπορεί να επιδιωχθεί με την ανάπτυξη ενός αστικού IoT, δηλαδή με μια υποδομή επικοινωνίας που παρέχει ενοποιημένη, απλή και οικονομική πρόσβαση σε πληθώρα δημόσιων υπηρεσιών, απελευθερώνοντας έτσι δυνητικές συνέργειες και αυξάνοντας τη διαφάνεια στους πολίτες. Ένα αστικό IoT, πράγματι, μπορεί να φέρει ορισμένα οφέλη στη διαχείριση και βελτιστοποίηση των παραδοσιακών δημόσιων υπηρεσιών, όπως μεταφορά και στάθμευση, φωτισμός, παρακολούθηση και συντήρηση των δημόσιων χώρων, διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, συγκομιδή σκουπιδιών. Επιπλέον, η διαθεσιμότητα διαφορετικών τύπων δεδομένων, που συλλέγονται από ένα διάχυτο αστικό IoT, μπορεί να αξιοποιηθεί για να αυξήσει τη διαφάνεια και να προωθήσει τις ενέργειες της τοπικής αυτοδιοίκησης προς τους πολίτες, να βελτιώσει την ευαισθητοποίηση των ανθρώπων για την κατάσταση της πόλης τους, να ενθαρρύνει την ενεργό συμμετοχή των πολιτών στη διαχείριση της δημόσιας διοίκησης και επίσης, να τονώσει τη δημιουργία νέων υπηρεσιών από αυτές που παρέχονται από το IoT (Cuff, Hansen & Kang, 2008). Επομένως, η εφαρμογή του παραδείγματος IoT στην Έξυπνη Πόλη είναι ιδιαίτερα ελκυστική για τις τοπικές και περιφερειακές διοικήσεις που μπορεί να γίνουν οι πρώτοι που υιοθετούν τέτοιες τεχνολογίες, ενεργώντας έτσι ως καταλύτες για την υιοθέτηση του παραδείγματος IoT σε ευρύτερη κλίμακα.

Ο στόχος αυτής της ενότητας είναι να συζητηθεί ένα γενικό πλαίσιο αναφοράς για το σχεδιασμό ενός αστικού IoT. Περιγράφονται τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ενός αστικού IoT και οι υπηρεσίες που μπορούν να οδηγήσουν στην υιοθέτηση του αστικού IoT από τις τοπικές κυβερνήσεις. Πραγματοποιείται μια επισκόπηση της διαδικτυακής προσέγγισης για το σχεδιασμό των υπηρεσιών IoT και των σχετικών πρωτοκόλλων και τεχνολογιών, εξετάζοντας την καταλληλότητά τους για το περιβάλλον των Έξυπνων Πόλεων. Τέλος, τα παραπάνω επιβεβαιώνονται μέσα από την εμπειρία του έργου Padova Smart City, το οποίο είναι μια απόδειξη της ιδέας της ανάπτυξης ενός «νησιού» IoT στην πόλη Πάδοβα (Ιταλία) και διασυνδέεται με το δίκτυο δεδομένων του δήμου της πόλης. Από αυτή την άποψη, περιγράφονται οι τεχνικές λύσεις που υιοθετήθηκαν για την υλοποίηση του «νησιού» IoT και αναφέρονται μερικές από τις μετρήσεις που συλλέχθηκαν από το σύστημα στις πρώτες ημέρες λειτουργίας του.

3.2 Εφαρμογές

Σύμφωνα με την έρευνα Pike για τις Έξυπνες Πόλεις,¹ η αγορά μιας Έξυπνης Πόλης υπολογίζεται σε εκατοντάδες δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2020, με ετήσιες δαπάνες που φτάνουν σχεδόν τα 16 δισεκατομμύρια. Αυτή η αγορά πηγάζει από τη συνεργική διασύνδεση της βασικής βιομηχανίας και των τομέων υπηρεσιών, όπως η έξυπνη διακυβέρνηση, η έξυπνη κινητικότητα, τα έξυπνα βοηθητικά προγράμματα, τα έξυπνα κτίρια και το έξυπνο περιβάλλον. Αυτοί οι τομείς έχουν επίσης εξεταστεί στο έργο Ευρωπαϊκές Έξυπνες Πόλεις (<http://www.smart-cities.eu>) για τον καθορισμό ενός κριτηρίου κατάταξης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογηθεί το επίπεδο «ευφυΐας» των Ευρωπαϊκών πόλεων. Ωστόσο, η αγορά της Έξυπνης Πόλης δεν έχει απογειωθεί ακόμη εξαιτίας ορισμένων πολιτικών, τεχνικών και οικονομικών εμποδίων (Dohler et al., 2011).

Υπό την πολιτική διάσταση, το κύριο εμπόδιο είναι η ανάθεση της εξουσίας λήψης αποφάσεων στους διάφορους μετόχους. Ένας πιθανός τρόπος για την άρση αυτού του εμποδίου είναι η θεσμοθέτηση ολόκληρης της διαδικασίας απόφασης και εκτέλεσης, συγκεντρώνοντας τον στρατηγικό σχεδιασμό και τη διαχείριση των πτυχών της έξυπνης πόλης σε ένα ενιαίο, ειδικό τμήμα στην πόλη (Vilajosana et al., 2013).

Από τεχνικής πλευράς, το πιο σχετικό ζήτημα συνίσταται στη μη διαλειτουργικότητα των ετερογενών τεχνολογιών που επί του παρόντος χρησιμοποιούνται στις αστικές εξελίξεις. Από αυτή την άποψη, το όραμα IoT μπορεί να γίνει το δομικό στοιχείο για την υλοποίηση μιας ενιαίας πλατφόρμας ΤΠΕ αστικής κλίμακας, απελευθερώνοντας έτσι τις δυνατότητες του οράματος της Έξυπνης Πόλης (Hernández-Muñoz et al., 2011; Mulligan & Olsson, 2013).

Τέλος, σχετικά με τη χρηματοοικονομική διάσταση, λείπει ακόμη ένα ξεκάθαρο επιχειρηματικό μοντέλο, παρόλο που πρόσφατα έχουν ληφθεί κάποιες πρωτοβουλίες για την κάλυψη αυτού του κενού (Walravens & Ballon, 2013). Η κατάσταση επιδεινώνεται από τη παγκόσμια δυσμενή οικονομική κατάσταση, η οποία έχει καθορίσει τη γενική συρρίκνωση των επενδύσεων σε δημόσιες υπηρεσίες. Αυτή η κατάσταση εμποδίζει τη δυνητικά τεράστια αγορά της Έξυπνης Πόλης να γίνει πραγματικότητα. Μια πιθανή λύση για αυτό το αδιέξοδο είναι πρώτα να αναπτυχθούν οι υπηρεσίες που συνδυάζουν την κοινωνική χρησιμότητα με τη σαφή απόδοση της επένδυσης, όπως ο έξυπνος χώρος στάθμευσης και τα έξυπνα κτίρια, και ως εκ τούτου θα λειτουργήσει ως καταλύτης για τις άλλες υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας (Walravens & Ballon, 2013).

Στη συνέχεια, εξετάζονται μερικές από τις υπηρεσίες που θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν από ένα παράδειγμα αστικού IoT και έχουν πιθανό ενδιαφέρον στο πλαίσιο της έξυπνης πόλης, επειδή μπορούν να ανταποκριθούν στην κατάσταση win-win αυξάνοντας την ποιότητα και ενισχύοντας τις υπηρεσίες που προσφέρονται στους πολίτες, ενώ ταυτόχρονα φέρνουν ένα οικονομικό πλεονέκτημα για τη διοίκηση της πόλης όσον αφορά τη μείωση του λειτουργικού κόστους (Dohler et al., 2011). Για την καλύτερη εκτίμηση του επιπέδου ωριμότητας των

¹ Pike research on Smart Cities [Online]. Available: <http://www.pikeresearch.com/research/smart-cities>.

τεχνολογιών που επιτρέπουν αυτές τις υπηρεσίες, παρουσιάζεται στον Πίνακα 1 μια συνοπτική εικόνα των υπηρεσιών όσον αφορά τους προτεινόμενους τύπους δικτύου που θα αναπτυχθούν, την αναμενόμενη κίνηση που παράγεται από την υπηρεσία, τη μέγιστη ανεκτή καθυστέρηση, τη συσκευή τροφοδοσίας και μια εκτίμηση της σκοπιμότητας κάθε υπηρεσίας με τις τωρινές διαθέσιμες τεχνολογίες. Από τον πίνακα, προκύπτει ξεκάθαρα ότι, σε γενικές γραμμές, η πρακτική εφαρμογή των περισσότερων υπηρεσιών δεν παρεμποδίζεται από τεχνικά ζητήματα, αλλά μάλλον από την έλλειψη μιας ευρέως αποδεκτής επικοινωνίας και μιας υπηρεσίας αρχιτεκτονικής, που μπορούν να αφαιρεθούν από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των ενιαίων τεχνολογιών και παρέχουν εναρμονισμένη πρόσβαση στις υπηρεσίες.

Πίνακας 1. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΟ PADOVA SMART CITY (Zanella et al., 2014)

TABLE I
SERVICES SPECIFICATION FOR THE PADOVA SMART CITY PROJECT

Service	Network type(s)	Traffic rate	Tolerable delay	Energy source	Feasibility
Structural health	802.15.4; WiFi and Ethernet	1 pkt every 10 min per device	30 min for data; 10 s for alarms	Mostly battery powered	1: easy to realize, but seismograph may be difficult to integrate
Waste management	WiFi; 3G and 4G	1 pkt every hour per device	30 min for data	Battery powered or energy harvesters	2: possible to realize, but requires smart garbage containers
Air quality monitoring	802.15.4; Bluetooth and WiFi	1 pkt every 30 min per device	5 min for data	Photovoltaic panels for each device	1: easy to realize, but greenhouse gas sensors may not be cost effective
Noise monitoring	802.15.4 and Ethernet	1 pkt every 10 min per device	5 min for data; 10 s for alarms	Battery powered or energy harvesters	2: the sound pattern detection scheme may be difficult to implement on constrained devices
Traffic congestion	802.15.4; Bluetooth and WiFi; Ethernet	1 pkt every 10 min per device	5 min for data	Battery powered or energy harvesters	3: requires the realization of both air quality and noise monitoring
City energy consumption	PLC and Ethernet	1 pkt every 10 min per device	5 min for data; tighter requirements for control	Mains powered	2: simple to realize, but requires authorization from energy operators
Smart parking	802.15.4 and Ethernet	On demand	1 min	Energy harvester	1: Smart parking systems are already available on the market and their integration should be simple
Smart lighting	802.15.4; WiFi and Ethernet	On demand	1 min	Mains powered	2: does not present major difficulties, but requires intervention on existing infrastructures
Automation and salubrity of public buildings	802.15.4; WiFi and Ethernet	1 pkt every 10 min for remote monitoring; 1 pkt every 30" for in-loco control	5 min for remote monitoring, few seconds for in-loco control	Mains powered and battery powered	2: does not present major difficulties, but requires intervention on existing infrastructures

Δομική υγεία κτιρίων: Η σωστή συντήρηση των ιστορικών κτιρίων μιας πόλης απαιτεί τη συνεχή παρακολούθηση των πραγματικών συνθηκών κάθε κτιρίου και την ταυτοποίηση των περιοχών που υπόκεινται περισσότερο στις επιπτώσεις εξωτερικών παραγόντων. Το αστικό IoT μπορεί να παρέχει μια κατανεμημένη βάση δεδομένων μετρήσεων της δομικής ακεραιότητας του κτιρίου, που συλλέγονται από κατάλληλους αισθητήρες που βρίσκονται στα κτίρια, όπως δόνηση και αισθητήρες παραμόρφωσης για παρακολούθηση της τάσης του κτιρίου, αισθητήρες ατμοσφαιρικού παράγοντα στις γύρω περιοχές για την παρακολούθηση των επιπέδων ρύπανσης, και αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας για τον πλήρη χαρακτηρισμό των περιβαλλοντικών συνθηκών (Lynch & Kenneth, 2006). Αυτή η βάση δεδομένων θα πρέπει να μειώσει την ανάγκη για δαπανηρές περιοδικές δομικές δοκιμές από ανθρώπινους χειριστές και θα επιτρέψει στοχευμένες και προληπτικές δράσεις συντήρησης και αποκατάστασης. Τέλος, θα είναι δυνατό να συνδυαστούν οι δονήσεις και οι σεισμικές αναγνώσεις για καλύτερη μελέτη και κατανόηση της επίδρασης των ελαφρών σεισμών στα κτίρια της πόλης. Αυτή η βάση δεδομένων μπορεί να είναι δημόσια προσβάσιμη ώστε οι πολίτες να γνωρίζουν τη μέριμνα που έχει ληφθεί για τη διατήρηση της ιστορικής κληρονομιάς της πόλης. Η πραγματοποίηση αυτής της υπηρεσίας, ωστόσο, απαιτεί την εγκατάσταση αισθητήρων στα κτίρια και τις γύρω περιοχές και τη διασύνδεσή τους με ένα

σύστημα ελέγχου, το οποίο μπορεί να απαιτεί μια αρχική επένδυση για τη δημιουργία της απαραίτητης υποδομής.

Διαχείριση αποβλήτων: Η διαχείριση αποβλήτων είναι ένα πρωταρχικό ζήτημα για πολλές σύγχρονες πόλεις, τόσο λόγω του κόστους της υπηρεσίας όσο και του προβλήματος αποθήκευσης των απορριμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ωστόσο, πιο δραστικές λύσεις ΤΠΕ σε αυτόν τον τομέα μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντική εξοικονόμηση και πολλά πλεονεκτήματα, από οικονομική και οικολογική άποψη. Για παράδειγμα, η χρήση έξυπνων δοχείων αποβλήτων, τα οποία ανιχνεύουν το επίπεδο φόρτωσης και επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση της διαδρομής των απορριμματοφόρων, μπορεί να μειώσει το κόστος συλλογής αποβλήτων και να βελτιώσει την ποιότητα της ανακύκλωσης (Nuortio et al., 2006). Για την πραγματοποίηση τόσο έξυπνων υπηρεσιών διαχείρισης αποβλήτων, το IoT θα συνδέει τις τελικές συσκευές, δηλαδή, τα έξυπνα δοχεία απορριμμάτων, σε ένα κέντρο ελέγχου όπου ένα λογισμικό βελτιστοποίησης επεξεργάζεται τα δεδομένα και καθορίζει τη βέλτιστη διαχείριση του στόλου απορριμματοφόρων.

Ποιότητα αέρα: Η Ευρωπαϊκή Ένωση ενέκρινε επίσημα μια Οδηγία 20-20-20 για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που καθορίζει τους στόχους για τη μείωση της κλιματικής αλλαγής για την επόμενη δεκαετία. Οι στόχοι απαιτούν μείωση κατά 20% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου έως το 2020 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, μια μείωση 20% της κατανάλωσης ενέργειας μέσω βελτιωμένης αποδοτικότητας ενέργειας έως το 2020 και αύξηση κατά 20% στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έως το 2020. Στο βαθμό αυτό, ένα αστικό IoT μπορεί να παρέχει τα μέσα για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα σε πολυσύχναστες περιοχές, πάρκα ή μονοπάτια γυμναστικής (Al-Ali & Zualkernan, 2010). Επιπλέον, μπορούν να παρέχονται διευκολύνσεις επικοινωνίας για να επιτρέψουν στις εφαρμογές υγείας που εκτελούνται σε συσκευές των ατόμων που αθλούνται (joggers) να συνδέονται με την υποδομή. Με αυτόν τον τρόπο, οι άνθρωποι θα μπορούν πάντα να βρίσκουν το πιο υγιεινό μονοπάτι για υπαίθριες δραστηριότητες και μπορούν να είναι συνδεδεμένοι συνεχώς με την προτιμώμενη εφαρμογή προσωπικής προπόνησης. Η πραγματοποίηση μιας τέτοιας υπηρεσίας προϋποθέτει ότι οι αισθητήρες για την ποιότητα του αέρα και τη ρύπανση θα αναπτυχθούν σε όλη την πόλη και ότι τα δεδομένα τους δημοσιοποιούνται στους πολίτες.

Παρακολούθηση θορύβου: Ο θόρυβος μπορεί να θεωρηθεί ως μια μορφή ακουστικής ρύπανσης, όσο και το οξείδιο του άνθρακα (CO) για τον αέρα. Υπό αυτή την έννοια, οι αρχές της πόλης έχουν ήδη εκδώσει ειδικούς νόμους για τη μείωση του θορύβου στο κέντρο της πόλης σε συγκεκριμένες ώρες. Ένα αστικό IoT μπορεί να προσφέρει μια υπηρεσία παρακολούθησης θορύβου για τη μέτρηση του ποσού θορύβου που παράγεται σε οποιαδήποτε ώρα στα μέρη που υιοθετούν την υπηρεσία (Maisonneuve et al., 2009). Εκτός από την κατασκευή ενός χωροχρονικού χάρτη της ρύπανσης του θορύβου στην περιοχή, μια τέτοια υπηρεσία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επιβολή της δημόσιας ασφάλειας, μέσω αλγορίθμων ανίχνευσης ήχου που μπορούν να αναγνωρίσουν, για παράδειγμα, το θόρυβο από γυαλί που συντρίβεται ή φιλονικίες. Αυτή η υπηρεσία μπορεί ως εκ τούτου να βελτιώσει τόσο την ηρεμία της νύχτας στην πόλη και την εμπιστοσύνη των ιδιοκτητών δημόσιων εγκαταστάσεων, αν και η εγκατάσταση των ανιχνευτών ήχου ή των περιβαλλοντικών μικροφώνων είναι αρκετά αμφιλεγόμενη, λόγω των προφανών ανησυχιών περί απορρήτου για αυτό το είδος παρακολούθησης.

Κυκλοφοριακή συμφόρηση: Στο ίδιο πλαίσιο με την ποιότητα του αέρα και την παρακολούθηση του θορύβου, μια πιθανή υπηρεσία της Έξυπνης Πόλης που μπορεί να ενεργοποιηθεί από το αστικό IoT είναι η παρακολούθηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στην πόλη. Παρόλο που τα συστήματα παρακολούθησης της κυκλοφορίας με κάμερα είναι ήδη διαθέσιμα και αναπτύσσονται σε πολλές πόλεις, η επικοινωνία με χαμηλή ισχύ μπορεί να παρέχει μια πιο πυκνή πηγή πληροφοριών. Η παρακολούθηση της κυκλοφορίας μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες ανίχνευσης και το GPS που είναι εγκατεστημένα σε σύγχρονα οχήματα (Li et al., 2009) και επίσης, υιοθετώντας έναν συνδυασμό αισθητήρων ποιότητας αέρα και ήχου κατά μήκος ενός δεδομένου δρόμου. Αυτές οι πληροφορίες έχουν μεγάλη σημασία για τις αρχές της πόλης και τους πολίτες: στην πρώτη περίπτωση θα πειθαρχήσει την κυκλοφορία και θα στέλνονται αξιωματικοί όπου χρειάζεται και για τους πολίτες, για να προγραμματίζουν εκ των προτέρων τη διαδρομή για να φτάσουν στο γραφείο ή για να προγραμματίσουν καλύτερα ένα ταξίδι για ψώνια στο κέντρο της πόλης.

Κατανάλωση ενέργειας πόλης: Μαζί με την υπηρεσία παρακολούθησης ποιότητας του αέρα, ένα αστικό IoT μπορεί να παρέχει μια υπηρεσία παρακολούθησης της κατανάλωσης ενέργειας ολόκληρης της πόλης, επιτρέποντας έτσι σε αρχές και πολίτες να έχουν μια σαφή και λεπτομερή εικόνα της ποσότητας ενέργειας που απαιτείται από τις διάφορες υπηρεσίες (δημόσιος φωτισμός, μεταφορά, φανάρια, κάμερες ελέγχου, θέρμανση/ψύξη δημόσιων κτιρίων κ.α.). Με τη σειρά του, αυτό καθιστά δυνατόν να προσδιοριστούν οι κύριες πηγές κατανάλωσης ενέργειας και να οριστούν προτεραιότητες για την βελτίωση της συμπεριφοράς. Η κατεύθυνση αυτή υποδεικνύεται από την ευρωπαϊκή οδηγία για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης τα επόμενα χρόνια. Για την απόκτηση μιας τέτοιας υπηρεσίας, οι συσκευές παρακολούθησης ισχύος πρέπει να είναι ενσωματωμένες στο ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης. Επιπλέον, θα είναι δυνατό να βελτιωθούν αυτές οι υπηρεσίες με ενεργές λειτουργίες για τον έλεγχο των τοπικών δομών παραγωγής ενέργειας (π.χ. φωτοβολταϊκά πάνελ).

Έξυπνος χώρος στάθμευσης: Η έξυπνη υπηρεσία στάθμευσης βασίζεται στους αισθητήρες στο δρόμο και στις ευφυείς οθόνες που κατευθύνουν τους οδηγούς κατά μήκος της καλύτερης διαδρομής για άρκεινγκ στην πόλη (Lee, Yoon & Ghosh, 2008). Τα οφέλη που απορρέουν από αυτή την υπηρεσία είναι πολλαπλά: γρηγορότερος χρόνος για τον εντοπισμό μιας θέσης στάθμευσης σημαίνει λιγότερες εκπομπές CO από το αυτοκίνητο, λιγότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση, και πιο ευτυχισμένοι πολίτες. Η έξυπνη υπηρεσία στάθμευσης μπορεί να είναι απευθείας ενσωματωμένη στην αστική υποδομή IoT, επειδή πολλές εταιρείες στην Ευρώπη παρέχουν προϊόντα αγοράς για αυτή την εφαρμογή. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες επικοινωνίας μικρής εμβέλειας, όπως τα αναγνωριστικά ραδιοσυχνοτήτων (RFID) ή Near Field Communication (NFC), είναι δυνατή η πραγματοποίηση ενός ηλεκτρονικού συστήματος επαλήθευσης των αδειών στάθμευσης σε θέσεις που προορίζονται για κατοίκους ή άτομα με ειδικές ανάγκες, προσφέροντας έτσι καλύτερη εξυπηρέτηση στους πολίτες και ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τον γρήγορο εντοπισμό παραβάσεων.

Έξυπνος φωτισμός: Προκειμένου να υποστηριχθεί η οδηγία 20-20-20, η βελτιστοποίηση της απόδοσης φωτισμού του δρόμου είναι απαραίτητη. Συγκεκριμένα, αυτή η υπηρεσία μπορεί να βελτιστοποιήσει την ένταση της λάμπας του δρόμου ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την καιρική κατάσταση και την παρουσία ανθρώπων. Για να λειτουργήσει σωστά, μια τέτοια υπηρεσία πρέπει να συμπεριλάβει τα φώτα του δρόμου στην υποδομή της Έξυπνης Πόλης. Είναι επίσης δυνατό να

αξιοποιηθεί ο αυξημένος αριθμός συνδεδεμένων σημείων για την παροχή σύνδεσης WiFi σε πολίτες. Επιπλέον, ένα σύστημα εντοπισμού σφαλμάτων μπορεί εύκολα να τοποθετηθεί πάνω από τους ελεγκτές φωτεινών σηματοδοτών.

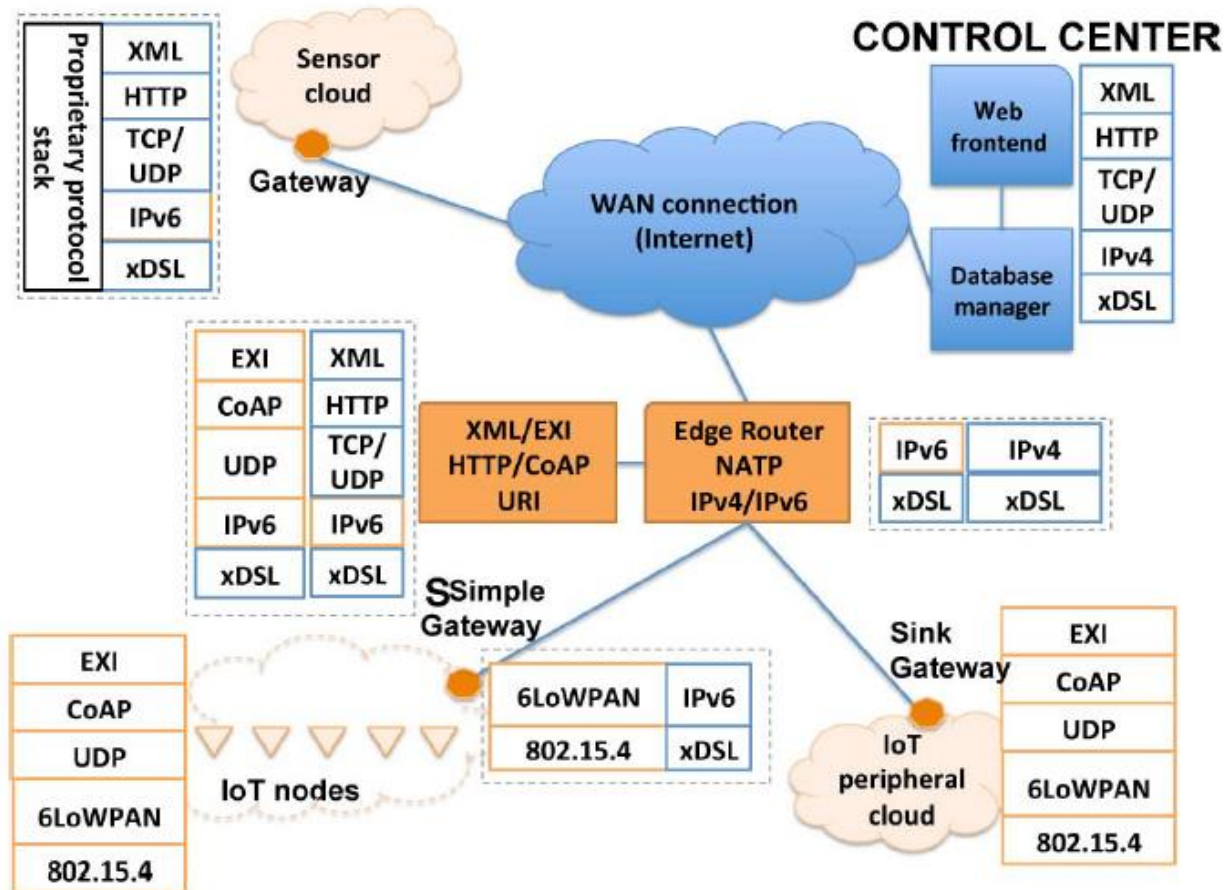
Αυτοματισμός και περιβάλλον δημόσιων κτιρίων: Μια άλλη σημαντική εφαρμογή των τεχνολογιών IoT είναι η παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας και της αίσθησης του περιβάλλοντος στα δημόσια κτίρια (σχολεία, διοικητικά γραφεία και μουσεία) μέσω διαφορετικών τύπων αισθητήρων και ενεργοποιητών που ελέγχουν φώτα, θερμοκρασία και υγρασία. Με τον έλεγχο αυτών των παραμέτρων, είναι πράγματι δυνατό να βελτιωθεί το επίπεδο άνεσης των ατόμων που ζουν σε αυτά τα περιβάλλοντα, τα οποία μπορεί επίσης να έχουν θετική απόδοση όσον αφορά την παραγωγικότητα, μειώνοντας παράλληλα το κόστος για θέρμανση / ψύξη (Kastner et al., 2005).

3.3 Αρχιτεκτονική αστικών IoT

Από την ανάλυση των υπηρεσιών που περιγράφονται στην ενότητα 3.2., προκύπτει ότι οι περισσότερες υπηρεσίες της Έξυπνης Πόλης βασίζονται σε μια κεντρική αρχιτεκτονική, όπου ένα πυκνό και ετερογενές σύνολο περιφερειακών συσκευών που αναπτύσσονται πάνω από την αστική περιοχή δημιουργούν διαφορετικούς τύπους δεδομένων που στη συνέχεια παραδίδονται μέσω κατάλληλων τεχνολογιών επικοινωνίας σε ένα κέντρο ελέγχου, όπου αποθηκεύονται δεδομένα και πραγματοποιείται η επεξεργασία.

Ένα πρωταρχικό χαρακτηριστικό μιας αστικής υποδομής IoT, ως εκ τούτου, είναι η ικανότητα να ενσωματώνει διαφορετικές τεχνολογίες με τις υφιστάμενες υποδομές επικοινωνίας για την υποστήριξη μιας προοδευτικής εξέλιξης του IoT, μέσω της διασύνδεσης με άλλες συσκευές και της πραγματοποίησης νέων λειτουργιών και υπηρεσιών. Μια άλλη θεμελιώδης πτυχή είναι η ανάγκη να γίνει ένα μέρος των δεδομένων που συλλέγονται από το αστικό IoT εύκολα προσβάσιμο από τις αρχές και τους πολίτες, για να αυξηθεί η ανταπόκριση των αρχών για τα προβλήματα της πόλης, και για την προώθηση της ευαισθητοποίησης και της συμμετοχής των πολιτών σε δημόσια θέματα (Mulligan & Olsson, 2013).

Στη συνέχεια, περιγράφονται τα διάφορα στοιχεία ενός αστικού συστήματος IoT, όπως σκιαγραφείται στο Σχ. 2. Αρχικά, περιγράφεται η προσέγγιση διαδικτυακής υπηρεσίας για το σχεδιασμό υπηρεσιών IoT, η οποία απαιτεί την ανάπτυξη κατάλληλων επιπέδων πρωτοκόλλου στα διαφορετικά στοιχεία του δικτύου, όπως φαίνεται στη στοίβα πρωτοκόλλου που απεικονίζεται στο σχήμα 2, εκτός από τα βασικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής. Στη συνέχεια, αναλύονται εν συντομία οι link layer technologies που μπορεί να χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των διαφόρων τμημάτων του IoT. Τέλος, περιγράφεται το ετερογενές σύνολο συσκευών που συμφωνούν με την υλοποίηση ενός αστικού IoT.



Σχήμα 2 Εννοιολογική αναπαράσταση ενός αστικού δικτύου IoT βάσει της προσέγγισης διαδικτυακών υπηρεσιών. (Zanella et al., 2014)

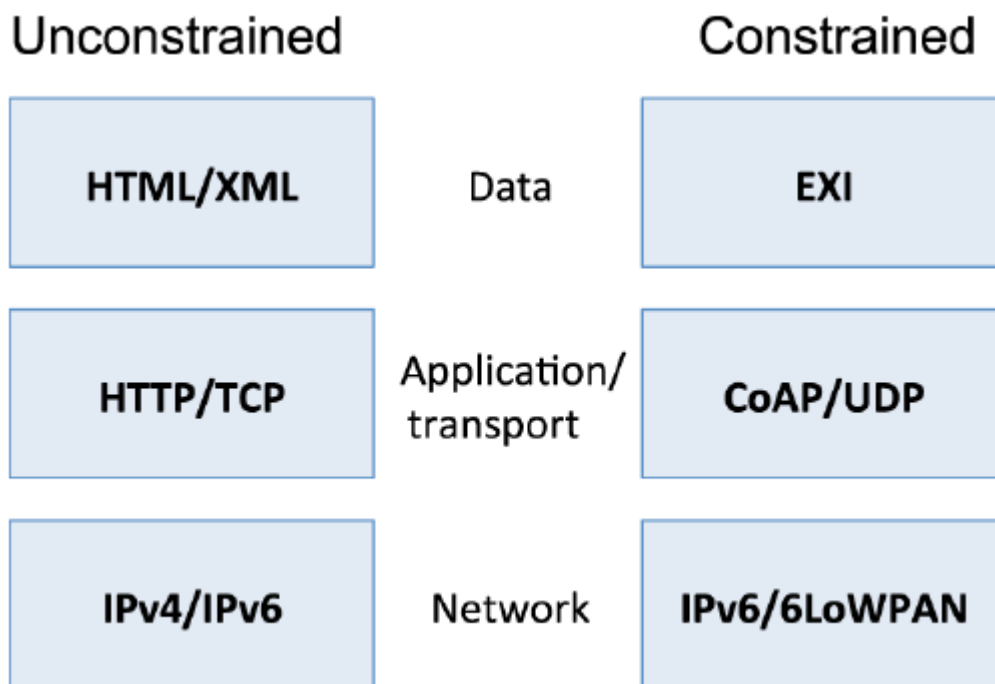
3.3.1 Προσέγγιση υπηρεσίας Ιστού για αρχιτεκτονική υπηρεσιών IoT

Αν και στον τομέα IoT εξακολουθούν να υπάρχουν πολλά διαφορετικά πρότυπα που προσπαθούν ακόμη να γίνουν το σημείο αναφοράς, σε αυτό το σημείο εστιάζουμε ειδικά στα πρότυπα IETF επειδή είναι ανοιχτά και χωρίς δικαιώματα, είναι βασισμένα σε βέλτιστες πρακτικές στο Διαδίκτυο και μπορούν να βασιστούν σε μια ευρεία κοινότητα.

Τα πρότυπα IETF για το IoT περιλαμβάνουν μια αρχιτεκτονική υπηρεσία διαδικτύου για υπηρεσίες IoT, η οποία έχει τεκμηριωθεί ευρέως στη βιβλιογραφία ως μια πολύ ελπιδοφόρα και ευέλικτη προσέγγιση. Στην πραγματικότητα, οι υπηρεσίες διαδικτύου επιτρέπουν την υλοποίηση ενός ευέλικτου και διαλειτουργικού συστήματος που μπορεί να επεκταθεί σε κόμβους IoT, μέσω της υιοθέτησης ενός παραδείγματος που βασίζεται στον Ιστό, γνωστός ως αντιπροσωπευτική μεταφορά κράτους (ReST) (Fielding, 2000). Οι υπηρεσίες IoT είναι σχεδιασμένες σύμφωνα με το παράδειγμα ReST που παρουσιάζει πολύ έντονη ομοιότητα με τις υπηρεσίες του παραδοσιακού ιστού, διευκολύνοντας έτσι την υιοθέτηση και χρήση του IoT τόσο από τους τελικούς χρήστες όσο και από τους προγραμματιστές υπηρεσιών, οι οποίοι θα μπορούν να επαναχρησιμοποιήσουν εύκολα πολλές από τις γνώσεις που αποκτήθηκαν από τις τεχνολογίες του παραδοσιακού ιστού για την ανάπτυξη υπηρεσιών για δίκτυα που περιέχουν έξυπνα αντικείμενα. Επίσης, η προσέγγιση

της υπηρεσίας διαδικτύου προωθείται από διεθνείς οργανισμούς τυποποίησης όπως το IETF, το ETSI και το W3C, μεταξύ άλλων, καθώς και ευρωπαϊκά προγράμματα για το IoT όπως SENSEI, 5 IoT-A, 6 και SmartSantander.

Το Σχ. 3 δείχνει μια αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου για το σύστημα αστικού IoT, που συνεπάγεται τόσο μια απεριόριστη όσο και μια περιορισμένη στοίβα πρωτοκόλλου. Η πρώτη περίπτωση αποτελείται από τα πρωτόκολλα που είναι επί του παρόντος τα de-facto πρότυπα για τις επικοινωνίες μέσω Διαδικτύου και χρησιμοποιούνται συνήθως από κανονικούς Internet hosts, όπως XML, HTTP και IPv4. Αυτά τα πρωτόκολλα αντικατοπτρίζονται στην περιορισμένη στοίβα πρωτοκόλλου από τους αντίστοιχους χαμηλής πολυπλοκότητας ομολόγους τους, δηλαδή, την Αποτελεσματική Ανταλλαγή XML (EXI), το Πρωτόκολλο Περιορισμένης Εφαρμογής (CoAP) και το 6LoWPAN, τα οποία είναι κατάλληλα ακόμη και για πολύ περιορισμένες συσκευές. Οι πράξεις διακωδικοποίησης μεταξύ των πρωτοκόλλων στην αριστερή και δεξιά στοίβα στο Σχ. 3, μπορούν να εκτελεστούν με τυπικό και χαμηλό βαθμό πολυπλοκότητας, εξασφαλίζοντας έτσι εύκολη πρόσβαση και διαλειτουργικότητα των κόμβων IoT με το Διαδύκτιο. Αξίζει να σημειωθεί ότι συστήματα που δεν υιοθετούν στοίβα πρωτοκόλλων EXI / CoAP / 6LoWPAN μπορούν να περιλαμβάνονται απρόσκοπτα στο αστικό σύστημα IoT, υπό την προϋπόθεση ότι είναι σε θέση να αλληλεπιδράσουν με όλα τα επίπεδα της αριστερής πλευράς της αρχιτεκτονικής του πρωτοκόλλου στο Σχ. 3.



Σχήμα 3 Στοίβες πρωτοκόλλου για μη περιορισμένου (αριστερά) και περιορισμένους (δεξιά) κόμβους IoT (Zanella et al., 2014)

Στην αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου που φαίνεται στο Σχ. 3, διακρίνονται τρία διαφορετικά λειτουργικά επίπεδα: (i) Δεδομένα, (ii) Εφαρμογή / Μεταφορές και (iii) Δίκτυο, τα οποία μπορεί να απαιτούν αποκλειστικές οντότητες για τη λειτουργία της κωδικοποίησης μεταξύ περιορισμένων και μη τεταμένων μορφών και πρωτοκόλλων. Στο υπόλοιπο αυτής της ενότητας,

προσδιορίζονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια οι απαιτήσεις για καθένα από τα τρία λειτουργικά επίπεδα, προκειμένου να διασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφορετικών μερών του συστήματος.

1) *Data Format*: Όπως προαναφέρθηκε, το αστικό πρότυπο IoT έχει ειδικές απαιτήσεις όσον αφορά την προσβασιμότητα των δεδομένων. Σε αρχεία που βασίζονται σε υπηρεσίες διαδικτύου, η ανταλλαγή δεδομένων συνήθως συνοδεύεται από περιγραφή του μεταφερόμενου περιεχομένου με μέσα σημασιολογικών γλωσσών αναπαράστασης, εκ των οποίων το eXtensible Markup Language (XML) είναι πιθανώς το πιο κοινό. Ωστόσο, το μέγεθος των μηνυμάτων XML είναι συχνά πολύ μεγάλο για την περιορισμένη χωρητικότητα των τυπικών συσκευών για το IoT. Επιπλέον, η φύση του κειμένου της αναπαράστασης XML κάνει την ανάλυση των μηνυμάτων από συσκευές περιορισμένης CPU περισσότερο πολύπλοκη σε σύγκριση με τις δυαδικές μορφές. Για αυτούς τους λόγους, η ομάδα εργασίας του World Wide Web Consortium (W3C) έχει προτείνει τη μορφή EXI (Schneider et al., 2014), γεγονός που καθιστά δυνατή ακόμη και για πολύ περιορισμένες συσκευές την εγγενή υποστήριξη και δημιουργία μηνυμάτων που χρησιμοποιούν μια ανοιχτή μορφή δεδομένων συμβατή με XML.

Το EXI ορίζει δύο τύπους κωδικοποίησης, δηλαδή χωρίς σχήμα και με ενημερωμένο σχήμα. Ενώ η κωδικοποίηση χωρίς σχήμα δημιουργείται απευθείας από τα δεδομένα XML και μπορούν να αποκωδικοποιηθούν χωρίς σχήμα δημιουργείται απευθείας από τα δεδομένα XML και μπορούν να αποκωδικοποιηθούν από οποιοδήποτε EXI οντότητα χωρίς προηγούμενη γνώση σχετικά με τα δεδομένα, το ενημερωμένο σχήμα κωδικοποίησης υποθέτει ότι οι δύο επεξεργαστές EXI μοιράζονται ένα XML σχήμα προτού γίνει η πραγματική κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση. Αυτό το κοινό σχήμα επιτρέπει την εκχώρηση αριθμητικών αναγνωριστικών στις ετικέτες XML στο σχήμα και την δημιουργία των EXI γραμματικών με τέτοια κωδικοποίηση. Ένας επεξεργαστής EXI γενικής χρήσης με ενημερωμένο σχήμα μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί ακόμη και σε πολύ περιορισμένες συσκευές, (Castellani et al., 2010) επιτρέποντάς τους να ερμηνεύουν τις μορφές EXI και, ως εκ τούτου, καθιστώντας δυνατή τη δημιουργία κόμβων IoT πολλαπλών χρήσεων ακόμη και από πολύ περιορισμένες συσκευές. Η προσέγγιση του ενημερωμένου σχήματος, ωστόσο, απαιτεί πρόσθετη φροντίδα στην ανάπτυξη εφαρμογών υψηλότερου επιπέδου, καθώς οι προγραμματιστές χρειάζονται να ορίσουν ένα σχήμα XML για τα μηνύματα που εμπλέκονται στην εφαρμογή και να χρησιμοποιήσουν επεξεργαστές EXI που υποστηρίζουν αυτό τον τρόπο λειτουργίας.

Η ενσωμάτωση πολλαπλών πηγών δεδομένων XML / EXI σε ένα σύστημα IoT μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας τις βάσεις δεδομένων που συνήθως δημιουργούνται και συντηρούνται από εφαρμογές υψηλού επιπέδου. Στην πραγματικότητα, οι εφαρμογές IoT δημιουργούν γενικά μια βάση δεδομένων των κόμβων που ελέγχονται από την εφαρμογή και, συχνά, των δεδομένων που δημιουργούνται από τέτοιους κόμβους. Η βάση δεδομένων καθιστά δυνατή την ολοκλήρωση των δεδομένων που λαμβάνονται από οποιαδήποτε συσκευή IoT για την παροχή της συγκεκριμένης υπηρεσίας που έχει κατασκευαστεί η εφαρμογή. Ένα γενικό πλαίσιο για τη δημιουργία εφαρμογών διαδικτύου IoT σύμφωνα με τις οδηγίες που περιγράφονται σε αυτήν την ενότητα προτάθηκε στο (Castellani et al., 2012), όπου οι συγγραφείς προτείνουν επίσης την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του Ασύγχρονου JavaScript και XML (AJAX) των σύγχρονων προγραμμάτων περιήγησης ιστού, που επιτρέπουν την άμεση επικοινωνία μεταξύ του προγράμματος περιήγησης και του τελικού κόμβου IoT, δείχνοντας την πλήρη διαδικτυακή

εργασία της στοίβας πρωτοκόλλων και τη φύση των ανοιχτών δεδομένων της προτεινόμενης προσέγγισης.

2) *Επίπεδα εφαρμογής και μεταφοράς (Application and Transport Layers)*: Το μεγαλύτερο μέρος της κυκλοφορίας που διασχίζει το Διαδίκτυο σήμερα μεταφέρεται στο επίπεδο της εφαρμογής από HTTP μέσω TCP. Ωστόσο, η πολυπλοκότητα του εγγενούς HTTP το καθιστά ακατάλληλο για άμεση ανάπτυξη σε περιορισμένες συσκευές IoT. Για ένα τέτοιο περιβάλλον, η αναγνώσιμη από τον άνθρωπο μορφή HTTP, η οποία ήταν ένας από τους λόγους της επιτυχίας του στα παραδοσιακά δίκτυα, αποδεικνύεται ένας περιοριστικός παράγοντας λόγω της μεγάλης ποσότητας δεδομένων συσχετισμένων σε μεγάλο βαθμό (και, ως εκ τούτου, περιττών). Επιπλέον, το HTTP βασίζεται συνήθως στο πρωτόκολλο μεταφοράς TCP που, ωστόσο, δεν κλιμακώνεται καλά σε περιορισμένες συσκευές και έχει χαμηλή απόδοση για μικρές ροές δεδομένων σε περιβάλλοντα με απώλειες.

Το πρωτόκολλο CoAP (Shelby et al., 2013) ξεπερνά αυτές τις δυσκολίες προτείνοντας μια δυαδική μορφή που μεταφέρεται μέσω UDP, για τον χειρισμό μόνο των αναμεταδόσεων που απαιτούνται αυστηρά για την παροχή αξιόπιστης υπηρεσίας. Επιπλέον, το CoAP μπορεί εύκολα να συνεργαστεί με το HTTP επειδή: (i) υποστηρίζει τις μεθόδους ReST του HTTP (GET, PUT, POST και DELETE), (ii) υπάρχει αλληλογραφία ένας προς έναν μεταξύ των κωδικών απόκρισης των δύο πρωτοκόλλων, και (iii) οι επιλογές του CoAP μπορούν να υποστηρίξουν ένα ευρύ φάσμα σεναρίων χρήσης HTTP.

Παρόλο που οι κανονικοί Internet hosts μπορούν να υποστηρίξουν εγγενώς το CoAP για απευθείας ομιλία σε συσκευές IoT, η πιο γενική και εύκολα διαλειτουργική λύση απαιτεί την ανάπτυξη ενός διαμεσολαβητή HTTP-CoAP, επίσης γνωστός ως cross proxy, που μπορεί να μεταφράσει άμεσα αιτήματα / απαντήσεις μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων, επιτρέποντας έτσι τη διαφανή διαλειτουργικότητα με τις εγγενείς συσκευές και εφαρμογές HTTP (Castellani et al., 2013).

3) *Επίπεδο δικτύου (Network Layer)*: Το IPv4 είναι η κορυφαία τεχνολογία διευθύνσεων που υποστηρίζεται από Internet Hosts. Ωστόσο, το IANA, ο διεθνής οργανισμός που εκχωρεί διευθύνσεις IP σε παγκόσμιο επίπεδο, πρόσφατα ανακοίνωσε την εξάντληση των μπλοκ διευθύνσεων IPv4. Τα δίκτυα IoT με τη σειρά τους, αναμένεται να περιλαμβάνουν δισεκατομύρια κόμβους, καθένας από τους οποίους μπορεί να αντιμετωπιστεί με μοναδικό τρόπο. Μια λύση για αυτό το πρόβλημα προσφέρεται από το πρότυπο IPv6 (Deering & Hinden, 1998), το οποίο παρέχει ένα πεδίο διευθύνσεων 128-bit, καθιστώντας έτσι δυνατή την εκχώρηση μιας μοναδικής διεύθυνση IPv6 σε οποιονδήποτε πιθανό κόμβο στο δίκτυο IoT.

Ενώ, από τη μία πλευρά, ο τεράστιος χώρος διευθύνσεων του IPv6 καθιστά δυνατόν να επιλυθούν τα ζητήματα διευθύνσεων στο IoT, από την άλλη, εισάγει γενικά έξοδα που δεν είναι συμβατά με τις σπάνιες δυνατότητες περιορισμένων κόμβων. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί υιοθετώντας το 6LoWPAN (Montenegro et al., 2007; Hui & Thubert, 2011), το οποίο είναι μια καθιερωμένη μορφή συμπίεσης για κεφαλίδες IPv6 και UDP σε περιορισμένα δίκτυα χαμηλής ισχύος. Ένας δρομολογητής συνόρων, ο οποίος είναι μια συσκευή συνδεδεμένη απευθείας στο δίκτυο 6LoWPAN, με διαφάνεια εκτελεί τη μετατροπή μεταξύ IPv6 και 6LoWPAN, μεταφράζοντας οποιοδήποτε πακέτο IPv6 προορίζεται για έναν κόμβο στο

6LoWPAN δίκτυο σε ένα πακέτο με συμπίεση κεφαλίδας 6LoWPAN και κάνοντας την αντίστροφη μετάφραση στην αντίθετη κατεύθυνση.

Ενώ η ανάπτυξη ενός δρομολογητή περιγράμματος 6LoWPAN επιτρέπει διαφανή αλληλεπίδραση μεταξύ κόμβων IoT και οποιουδήποτε κεντρικού υπολογιστή IPv6 στο Διαδίκτυο, η αλληλεπίδραση μόνο με κεντρικούς υπολογιστές IPv4 παραμένει θέμα. Πιο συγκεκριμένα, το πρόβλημα συνίσταται στην εύρεση τρόπου αντιμετώπισης ενός συγκεκριμένου κεντρικού υπολογιστή IPv6 χρησιμοποιώντας μια διεύθυνση IPv4 και άλλα μετα-δεδομένα διαθέσιμα στο πακέτο. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται διαφορετικές προσεγγίσεις για την επίτευξη αυτού του στόχου.

v4 / v6 Μετάφραση θύρας διεύθυνσης (Port Address Translation (PAT v4 / v6)). Αυτή η μέθοδος χαρτογραφεί αυθαίρετα ζεύγη διευθύνσεων IPv4 και θυρών TCP / UDP σε διευθύνσεις IPv6 και θύρες TCP / UDP. Μοιάζει με την κλασική υπηρεσία NAT, που αυτήν τη στιγμή υποστηρίζεται σε πολλά LAN για να παρέχει πρόσβαση στο Διαδίκτυο σε έναν αριθμό κεντρικών υπολογιστών σε ιδιωτικό δίκτυο, κοινοποιώντας μια κοινή δημόσια IPv4 διεύθυνση. Όταν ένα πακέτο επιστρέφεται στην κοινή διεύθυνση IPv4, ο τερματικός δρομολογητής που υποστηρίζει την υπηρεσία NATP θα παρεμποδίσει το πακέτο και θα αντικαταστήσει την κοινή διεύθυνση προορισμού IPv4 με την (ιδιωτική) διεύθυνση του προοριζόμενου παραλήπτη, η οποία καθορίζεται αναζητώντας στον πίνακα NATP τη διεύθυνση του κεντρικού υπολογιστή που σχετίζεται με τη συγκεκριμένη θύρα προορισμού που μεταφέρεται από το πακέτο. Η ίδια τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιστοίχιση πολλαπλών διευθύνσεων IPv6 σε μία δημόσια διεύθυνση IPv4, η οποία επιτρέπει την προώθηση των διαγραμμάτων δεδομένων στο δίκτυο IPv4 και τη σωστή διαχείρισή τους σε κεντρικούς υπολογιστές μόνο IPv4. Η εφαρμογή αυτής της τεχνικής δεν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και πράγματι, η χαρτογράφηση θυρών είναι μια καθιερωμένη τεχνολογία για τη μετάβαση v4 / v6. Από την άλλη πλευρά, αυτή η προσέγγιση εγείρει πρόβλημα επεκτασιμότητας, καθώς ο αριθμός των κεντρικών υπολογιστών IPv6 που μπορεί να είναι multiplexed σε μία διεύθυνση IPv4 περιορίζεται από τον αριθμό των διαθέσιμων θυρών TCP / UDP (65535). Επιπλέον, αυτή η προσέγγιση απαιτεί να ξεκινήσει η σύνδεση από τους κόμβους IPv6 για να δημιουργηθούν οι σωστές καταχωρήσεις στον πίνακα αναζήτησης NATP. Συνδέσεις που ξεκινούν από το σύννεφο IPv4 μπορούν επίσης να πραγματοποιηθούν, αλλά αυτό απαιτεί μια πιο περίπλοκη αρχιτεκτονική, με το τοπικό DNS να τοποθετείται εντός του δικτύου IPv6 και να συνδέεται στατικά με μια δημόσια διεύθυνση IPv4 στον πίνακα μετάφρασης NATP.

v4 / v6 Μετατροπή ονόματος τομέα (Domain Name Conversion). Αυτή η μέθοδος, είναι παρόμοια με την τεχνική που χρησιμοποιείται για την παροχή υπηρεσίας εικονικής φιλοξενίας στο HTTP 1.1, (Castellani et al., 2013) κάτι που καθιστά δυνατή την υποστήριξη πολλαπλών ιστότοπων στον ίδιο διακομιστή ιστού, χρησιμοποιώντας την ίδια διεύθυνση IPv4, αξιοποιώντας τις πληροφορίες που περιέχονται στην κεφαλίδα του HTTP Host ώστε να προσδιοριστεί ο συγκεκριμένος ιστότοπος που ζητήθηκε από τον χρήστη. Ομοίως, είναι δυνατό να προγραμματιστούν οι διακομιστές DNS με τέτοιο τρόπο ώστε, κατόπιν αιτήματος DNS για το όνομα τομέα μιας υπηρεσίας διαδικτύου IoT, το DNS επιστρέφει τη διεύθυνση IPv4 ενός διαμεσολαβητή HTTP-CoAP για επικοινωνία για πρόσβαση στον κόμβο IoT. Μόλις αντιμετωπιστεί ένα αίτημα HTTP, ο διακομιστής μεσολάβησης απαιτεί την ανάλυση του ονόματος τομέα που περιέχεται στην κεφαλίδα HTTP Host στον διακομιστή DNS IPv6, ο οποίος

απαντά με την διεύθυνση IPv6 που προσδιορίζει τον τελικό κόμβο IoT που εμπλέκεται στο αίτημα. Ο proxy μπορεί στη συνέχεια να προωθήσει το μήνυμα HTTP στο προοριζόμενο IoT μέσω CoAP.

Χαρτογράφηση URI (URI mapping). Η τεχνική χαρτογράφησης Universal Resource Identifier (URI) περιλαμβάνει έναν συγκεκριμένο τύπο διαμεσολαβητή HTTP-CoAP, τον αντίστροφο διαμεσολαβητή (Castellani et al., 2013). Αυτός ο διακομιστής μεσολάβησης συμπεριφέρεται ως ο τελικός διακομιστής ιστού στον πελάτη HTTP / IPv4 και ως αρχικός πελάτης στο CoAP / IPv6 διακομιστή ιστού. Δεδομένου ότι αυτό το μηχανήμα πρέπει να τοποθετηθεί σε ένα μέρος του δικτύου όπου υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης IPv6 για να επιτρέπεται η άμεση πρόσβαση στους τελικούς κόμβους IoT, η μετατροπή IPv4 / IPv6 επιλύεται εσωτερικά με την εφαρμογή χαρτογράφησης URI.

3.3.2 Τεχνολογίες επιπέδου συνδέσμου (Link Layer Technologies)

Ένα αστικό σύστημα IoT, λόγω της εγγενώς μεγάλης περιοχής ανάπτυξής του, απαιτεί ένα σύνολο τεχνολογιών επιπέδου συνδέσμου που μπορούν εύκολα να καλύψουν μια ευρεία γεωγραφική περιοχή και, ταυτόχρονα, υποστηρίζει πιθανώς μεγάλο ποσοστό επισκεψιμότητας που προκύπτει από τη συγκέντρωση ενός εξαιρετικά υψηλού αριθμού μικρότερων ροών δεδομένων. Για αυτούς τους λόγους, οι τεχνολογίες επιπέδου συνδέσμου που επιτρέπουν την υλοποίηση ενός αστικού συστήματος IoT ταξινομούνται σε μη περιορισμένες και περιορισμένες τεχνολογίες. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει όλες τις παραδοσιακές τεχνολογίες επικοινωνίας LAN, MAN, WAN, όπως Ethernet, WiFi, οπτικές ίνες, ευρυζωνική επικοινωνία Power Line (PLC) και κυτταρικές τεχνολογίες όπως UMTS και LTE. Γενικά, χαρακτηρίζονται από υψηλή αξιοπιστία, χαμηλό λανθάνοντα χρόνο και υψηλά ποσοστά μεταφοράς (τάξη Mbit / s ή υψηλότερα), και λόγω της πολυπλοκότητάς τους και της κατανάλωσης ενέργειας, γενικά δεν είναι κατάλληλες για περιφερειακούς κόμβους IoT.

Αντίθετα, οι περιορισμένες τεχνολογίες φυσικού επιπέδου και συνδέσμου χαρακτηρίζονται γενικά από χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και σχετικά χαμηλά ποσοστά μεταφοράς, συνήθως μικρότερα από 1 Mbit/s. Οι πιο εμφανείς λύσεις σε αυτήν την κατηγορία είναι το IEEE 802.15.4 (IEEE, 2011; IEEE, 2014) Bluetooth και Bluetooth χαμηλής ενέργειας, IEEE 802.11 χαμηλής ισχύος, PLC (IEEE, 2013), NFC και RFID (ISO/IEC 14443-1:2008). Αυτοί οι σύνδεσμοι συνήθως παρουσιάζουν μεγάλες καθυστερήσεις, κυρίως λόγω δύο παραγόντων: 1) του ενδοκοινοτικά χαμηλού ρυθμού μετάδοσης στο φυσικό επίπεδο και 2) των πολιτικών εξοικονόμησης ενέργειας που εφαρμόζονται από τους κόμβους για εξοικονόμηση ενέργειας.

3.3.3 Συσκευές

Εδώ περιγράφονται οι συσκευές που είναι απαραίτητες για την πραγματοποίηση ενός αστικού IoT, ταξινομημένες με βάση τη θέση που κατέχουν στη ροή επικοινωνίας.

1) *Διακομιστές Backend:* Στη ρίζα του συστήματος, βρίσκονται οι διακομιστές backend, που βρίσκονται στο κέντρο ελέγχου, όπου βρίσκονται τα δεδομένα, συλλέγονται, αποθηκεύονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία για την παραγωγή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας. Κατ' αρχήν, οι

διακομιστές backend δεν είναι υποχρεωτικοί για τη σωστή λειτουργία ενός συστήματος IoT, αν και αποτελούν θεμελιώδεις συστατικό ενός αστικού IoT, όπου μπορούν να διευκολύνουν την πρόσβαση στις έξυπνες υπηρεσίες της πόλης και τα ανοιχτά δεδομένα μέσω της παλαιότερης υποδομής δικτύου. Τα συστήματα backend που συνήθως εξετάζονται για διασύνδεση με τους τροφοδότες δεδομένων IoT περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

Συστήματα διαχείρισης βάσης δεδομένων: Αυτά τα συστήματα είναι υπεύθυνα για την αποθήκευση του μεγάλου όγκου πληροφοριών που παράγονται από περιφερειακούς κόμβους IoT, όπως αισθητήρες. Ανάλογα με το ειδικό σενάριο χρήσης, το φορτίο σε αυτά τα συστήματα μπορεί να είναι αρκετά μεγάλο, έτσι ώστε να απαιτείται σωστή διάσταση του συστήματος backend.

Ιστότοποι: Η ευρεία γνωριμία των ατόμων με διεπαφές Ιστού τους καθιστά την πρώτη επιλογή που επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ του συστήματος IoT και των «καταναλωτών δεδομένων», π.χ., δημόσιες αρχές, φορείς εκμετάλλευσης υπηρεσιών, παροχές υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και πολίτες.

Συστήματα σχεδιασμού εταιρικών πόρων (ERP): Τα στοιχεία ERP υποστηρίζουν μια ποικιλία επιχειρηματικών λειτουργιών και αποτελούν πολύτιμα εργαλεία για τη διαχείριση της ροής πληροφοριών σε έναν πολύπλοκο οργανισμό, όπως η διοίκηση της πόλης. Η διασύνδεση στοιχείων ERP με συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων που συλλέγουν τα δεδομένα που δημιουργούνται από το IoT, επιτρέπει μια απλούστερη διαχείριση του δυνητικά τεράστιου όγκου δεδομένων που συλλέγονται από το IoT, καθιστώντας δυνατή τη διάκριση των ροών πληροφοριών με βάση τη φύση και τη συνάφειά τους και διευκολύνοντας τη δημιουργία νέων υπηρεσιών.

2) *Πύλες:* Προχωρώντας προς την «άκρη» του IoT, βρίσκουμε τις πύλες, των οποίων ο ρόλος είναι να διασυνδέουν τις τελικές συσκευές με την κύρια υποδομή επικοινωνίας του συστήματος. Αναφορικά με την εννοιολογική αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου που απεικονίζεται στο Σχ. 2, η πύλη απαιτείται να παρέχει μετάφραση πρωτοκόλλου και λειτουργική χαρτογράφηση μεταξύ των μη περιορισμένων πρωτοκόλλων και των περιορισμένων ομολόγων τους, δηλαδή XML EXI, HTTP-CoAP, IPv4 / v6-6LoWPAN.

Επισημαίνεται ότι ενώ όλες αυτές οι μεταφράσεις ενδέχεται να απαιτούνται για να είναι δυνατή η διαλειτουργικότητα με περιφερειακές συσκευές IoT και σταθμούς ελέγχου, δεν είναι απαραίτητο να συγκεντρώνονται όλες αυτές σε μια πύλη. Αντίθετα, είναι δυνατό, και μερικές φορές βολικό, να διανέμονται οι εργασίες μετάφρασης σε διαφορετικές συσκευές στο δίκτυο. Για παράδειγμα, ένας μεμονωμένος διακομιστής μεσολάβησης HTTP-CoAP μπορεί να αναπτυχθεί για την υποστήριξη πολλαπλών δρομολογητών περιγράμματος 6LoWPAN. Οι συσκευές Gateway παρέχουν επίσης τη διασύνδεση μεταξύ των δύο τεχνολογιών χωρίς περιορισμούς επιπέδου σύνδεσης, που χρησιμοποιούνται κυρίως στον πυρήνα του δικτύου IoT, και περιορισμένες τεχνολογίες που παρέχουν συνδεσιμότητα μεταξύ των περιφερειακών κόμβων IoT.

3) *Περιφερειακοί κόμβοι IoT:* Τέλος, στην περιφέρεια του συστήματος IoT, βρίσκονται οι συσκευές που είναι υπεύθυνες για την παραγωγή των δεδομένων που θα παραδοθούν στο κέντρο ελέγχου, οι οποίες συνήθως ονομάζονται περιφερειακοί κόμβοι IoT ή πιο απλά, κόμβοι IoT. Σε γενικές γραμμές, το κόστος αυτών των συσκευών είναι πολύ χαμηλό, ξεκινώντας από 10 USD ή και λιγότερο, ανάλογα με το είδος και τον αριθμό των αισθητήρων / ενεργοποιητών που είναι τοποθετημένοι στο ταμπλό. Οι κόμβοι IoT μπορούν να ταξινομηθούν βάσει ενός μεγάλου

αριθμού χαρακτηριστικών, όπως λειτουργία τροφοδοσίας, ρόλος δικτύωσης (ρελέ ή φύλλα), εξοπλισμός αισθητήρα / ενεργοποιητή και υποστηριζόμενες τεχνολογίες επιπέδου σύνδεσης. Οι περιορισμένοι κόμβοι IoT είναι πιθανότατα οι ετικέτες ραδιοσυχνότητας (RFtags) που, παρά τις πολύ περιορισμένες δυνατότητές τους, μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στα συστήματα IoT, κυρίως λόγω του εξαιρετικά χαμηλού κόστους και της παθητικής φύσης του υλικού επικοινωνίας τους, το οποίο δεν απαιτεί καμία εσωτερική πηγή ενέργειας. Η τυπική εφαρμογή των RFtags είναι η αναγνώριση αντικειμένων με ανάγνωση εγγύτητας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συντήρηση, την παρακολούθηση και άλλες υπηρεσίες.

Οι φορητές συσκευές, όπως έξυπνα τηλέφωνα, tablet PC ή φορητοί υπολογιστές, μπορεί επίσης να αποτελούν σημαντικό μέρος ενός αστικού IoT, παρέχοντας άλλους τρόπους αλληλεπίδρασης με αυτό. Για παράδειγμα, ο πομποδέκτης NFC που είναι ενσωματωμένος σε smartphone τελευταίας γενιάς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση αντικειμένων με ετικέτα, ενώ η υπηρεσία γεωγραφικής θέσης που παρέχεται από τα περισσότερα κοινά λειτουργικά συστήματα για κινητές συσκευές να εμπλουτίσει τις πληροφορίες περιβάλλοντος που σχετίζονται με αυτό το αντικείμενο. Επιπλέον, οι φορητές συσκευές μπορούν να παρέχουν πρόσβαση στο IoT με διαφορετικούς τρόπους, π.χ. 1) μέσω σύνδεσης IP που παρέχεται από την υπηρεσία σύνδεσης δεδομένων κινητής τηλεφωνίας ή 2) δημιουργία άμεσης σύνδεσης με ορισμένα αντικείμενα χρησιμοποιώντας ασύρματες τεχνολογίες μικρής εμβέλειας, όπως Bluetooth χαμηλής ενέργειας, Wi-Fi χαμηλής ισχύος ή IEEE 802.15.4. Επιπλέον, είναι δυνατή η ανάπτυξη συγκεκριμένων εφαρμογών για φορητές συσκευές που μπορεί να διευκολύνουν την αλληλεπίδραση με τα αντικείμενα IoT και με το σύστημα στο σύνολό του.

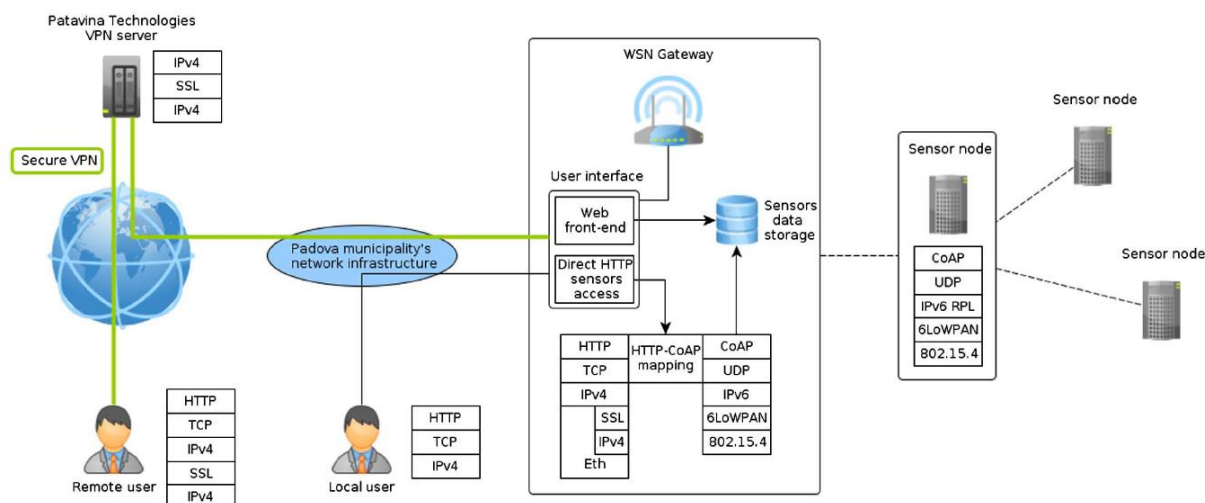
3.4 Μία πειραματική μελέτη: Padova Smart City

Το πλαίσιο που προαναφέρθηκε έχει ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία σε διάφορες περιπτώσεις στο πλαίσιο των συστημάτων IoT. Για παράδειγμα, το πειραματικό ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, με περισσότερους από 300 κόμβους, που αναπτύχθηκαν στο Πανεπιστήμιο της Πάντοβα (Castellani et al., 2011; Casari et al., 2011) έχει σχεδιαστεί σύμφωνα με αυτές τις οδηγίες και χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία για την πραγματοποίηση δοκιμαστικών επιδείξεων έξυπνης έννοιας υπηρεσιών δικτύου (Bressan et al., 2010) και υγειονομικής περίθαλψης (Bressan et al., 2010).

Σε αυτήν την ενότητα, περιγράφεται μια πραγματική εφαρμογή ενός αστικού IoT, που ονομάζεται «Padova Smart City», που πραγματοποιήθηκε στην πόλη της Πάδοβα. Χάρη στη συνεργασία μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων, όπως ο δήμος της Πάδοβα, ο οποίος έχει υποστηρίξει το έργο, το Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου της Πάδοβα, το οποίο παρείχε το θεωρητικό υπόβαθρο και την ανάλυση σκοπιμότητας του έργου, και τη Patavina Technologies srl, που ειδικεύεται στην ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων IoT, η οποία ανέπτυξε τους κόμβους IoT και το λογισμικό ελέγχου.

Ο πρωταρχικός στόχος της Padova Smart City είναι να προωθήσει την έγκαιρη υιοθέτηση ανοιχτών δεδομένων και λύσεων ΤΠΕ στη δημόσια διοίκηση. Ο στόχος εφαρμογής αποτελείται από ένα σύστημα συλλογής περιβαλλοντικών δεδομένων και παρακολούθησης του δημόσιου φωτισμού του δρόμου μέσω ασύρματων κόμβων, εξοπλισμένων με διαφορετικά είδη αισθητήρων, τοποθετημένων σε πόλους φωτεινών σηματοδοτών και συνδεδεμένων στο Διαδίκτυο μέσω μιας

μονάδας πύλης. Αυτό το σύστημα θα καταστήσει δυνατή τη συλλογή ενδιαφερόντων περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως επίπεδο CO₂, θερμοκρασία αέρα και υγρασία, δονήσεις, θόρυβος και ούτω καθεξής, παρέχοντας παράλληλα έναν απλό αλλά ακριβή μηχανισμό για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του δημόσιου συστήματος φωτισμού μετρώντας την ένταση του φωτός σε κάθε θέση. Ακόμα κι αν αυτό το σύστημα είναι μια απλή εφαρμογή της ιδέας IoT, εξακολουθεί να περιλαμβάνει μια σειρά διαφορετικών τεχνολογιών και τεχνολογίες επιπέδου συνδέσμου, αντιπροσωπεύοντας έτσι τα περισσότερα από τα κρίσιμα ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός αστικού IoT. Ακολουθεί μια επισκόπηση υψηλού επιπέδου των τύπων και των ρόλων των συσκευών που εμπλέκονται στο σύστημα.



Σχήμα 4 Αρχιτεκτονική συστήματος “Padova Smart City.” (Zanella et al., 2014)

Στοιχεία της έξυπνης πόλης Padova: Ένα εννοιολογικό σκίτσο της αρχιτεκτονικής του συστήματος Padova Smart City δίνεται στο σχήμα 4. Στη συνέχεια, περιγράφονται με περισσότερες λεπτομέρειες τα διάφορα στοιχεία υλικού και λογισμικού του συστήματος.

Φως Δρόμου: Είναι το μέρος του συστήματος όπου τοποθετούνται οι κόμβοι IoT. Κάθε φωτεινός σηματοδότης εντοπίζεται γεωγραφικά στον χάρτη της πόλης και συνδέεται μοναδικά με τον κόμβο IoT που είναι συνημμένος σε αυτόν, έτσι ώστε τα δεδομένα IoT να μπορούν να βελτιωθούν με πληροφορίες περιβάλλοντος. Η παρακολούθηση της σωστής λειτουργίας των λαμπτήρων γίνεται μέσω αισθητήρων φωτόμετρου που μετρούν άμεσα την ένταση του φωτός που εκπέμπεται από τους λαμπτήρες (ή, στην πραγματικότητα, από οποιαδήποτε πηγή της οποίας το φως φτάνει στον αισθητήρα) σε τακτά χρονικά διαστήματα ή κατόπιν αιτήματος. Οι ασύρματοι κόμβοι IoT είναι επίσης εξοπλισμένοι με αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας, οι οποίοι παρέχουν δεδομένα σχετικά με τις καιρικές συνθήκες και ένας κόμβος είναι επίσης εξοπλισμένος με αισθητήρα βενζολίου, ο οποίος παρακολουθεί την ποιότητα του αέρα. Οι κόμβοι IoT τροφοδοτούνται γενικά από μικρές μπαταρίες, αν και απαιτείται σύνδεση με δίκτυο χαμηλής ισχύος από τον αισθητήρα βενζολίου. Η συσκευασία των κόμβων αισθητήρα έχει σχεδιαστεί λαμβάνοντας υπόψη τις ειδικές απαιτήσεις αυτής της χρήσης. Πράγματι, οι κόμβοι αισθητήρων φιλοξενούνται σε μια διαφανή πλαστική ασπίδα που προστατεύει τα ηλεκτρονικά μέρη από ατμοσφαιρικά φαινόμενα (όπως βροχή ή χιόνι), ενώ επιτρέπει την κυκλοφορία αέρα και φωτός για τη σωστή μέτρηση της υγρασίας, της θερμοκρασίας και της έντασης του φωτός.

Τεχνολογίες περιορισμένου επιπέδου συνδέσμου: Οι κόμβοι IoT που είναι τοποθετημένοι στους πόλους του φωτεινού σηματοδότη σχηματίζουν ένα cloud 6LoWPAN, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία επιπέδου περιορισμένου συνδέσμου IEEE 802.15.4. Οι λειτουργίες δρομολόγησης παρέχονται από το πρωτόκολλο δρομολόγησης IPv6 για δίκτυα χαμηλής ισχύος και RPL (Winter et al., 2012). Στους κόμβους IoT εκχωρούνται μοναδικές διευθύνσεις IPv6, συμπιεσμένες κατάλληλα σύμφωνα με το πρότυπο 6LoWPAN. Κάθε κόμβος μπορεί να είναι ατομικά προσβάσιμος από οπουδήποτε στο Διαδίκτυο μέσω IPv6 / 6LoWPAN. Οι κόμβοι παραδίδουν συλλογικά τα δεδομένα τους σε έναν sink κόμβο, ο οποίος αντιπροσωπεύει το μοναδικό σημείο επαφής για τους εξωτερικούς κόμβους. Εναλλακτικά, κάθε κόμβος μπορεί να δημοσιεύσει τις δικές του δυνατότητες και δεδομένα εκτελώντας έναν διακομιστή CoAP, αν και αυτή η δυνατότητα δεν έχει ακόμη εφαρμοστεί στο δοκιμαστικό επίπεδο. Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται πύλη για τη γέφυρα του cloud 6LoWPAN στο Διαδίκτυο και για την εκτέλεση όλων των κωδικοποιήσεων που περιγράφονται στην προηγούμενη ενότητα.

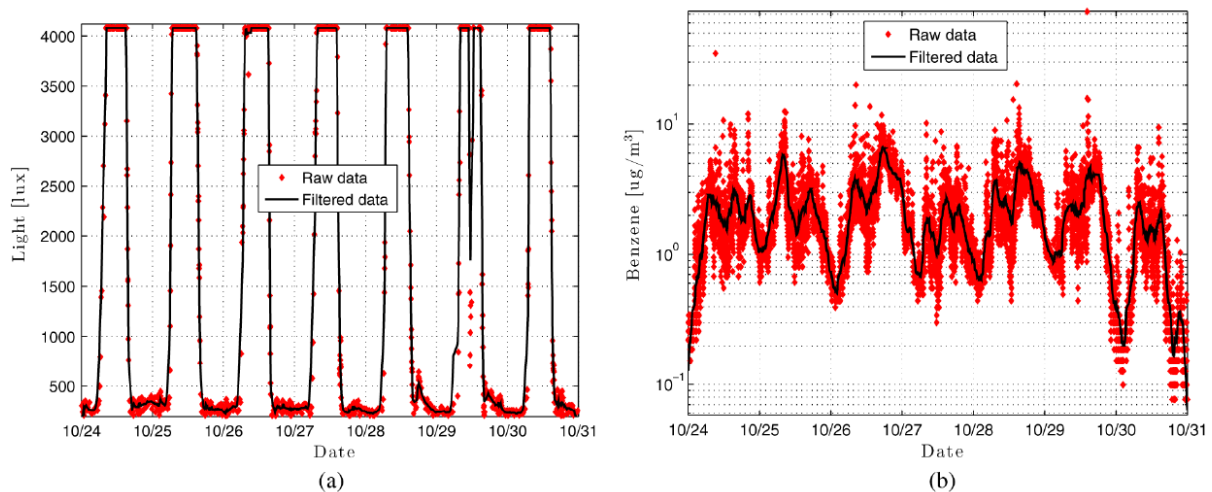
Πύλη WSN: Η πύλη έχει το ρόλο της διασύνδεσης της τεχνολογίας περιορισμένου επιπέδου σύνδεσης που χρησιμοποιείται στο cloud αισθητήρων με παραδοσιακές τεχνολογίες WAN που χρησιμοποιούνται για την παροχή σύνδεσης στους κεντρικούς διακομιστές backend. Η πύλη επομένως παίζει το ρόλο του δρομολογητή περιγράμματος 6LoWPAN και του ριζικού κόμβου RPL. Επιπλέον, δεδομένου ότι οι κόμβοι αισθητήρων δεν υποστηρίζουν υπηρεσίες CoAP, η πύλη λειτουργεί επίσης ως sink κόμβος για το cloud αισθητήρων, συλλέγοντας όλα τα δεδομένα που πρέπει να εξαχθούν στις υπηρεσίες backend. Η σύνδεση με τις υπηρεσίες backend παρέχεται από κοινές μη περιορισμένες τεχνολογίες επικοινωνίας, οπτικές ίνες σε αυτό το συγκεκριμένο παράδειγμα.

HTTP-CoAP proxy: Ο διακομιστής μεσολάβησης HTTP-CoAP επιτρέπει τη διαφανή επικοινωνία με συσκευές CoAP. Η λογική του διακομιστή μεσολάβησης μπορεί να επεκταθεί για καλύτερη υποστήριξη των εφαρμογών παρακολούθησης και να περιορίσει την ποσότητα της κυκλοφορίας που εισάγεται στο περιφερειακό δίκτυο IoT. Για παράδειγμα, είναι δυνατό να καθοριστεί μια λίστα πόρων που πρέπει να παρακολουθούνται, έτσι ώστε ο διακομιστής να μπορεί να ενημερώσει αυτόματα τις καταχωρήσεις σε μια προσωρινή μνήμη που σχετίζεται με αυτές τις συσκευές. Αυτός ο μηχανισμός μπορεί να υποστηριχθεί από δύο διαφορετικές προσεγγίσεις: 1) Με προληπτική ψηφοφορία του επιλεγμένου πόρου, επιτρέποντας έτσι την εφαρμογή τεχνικών διαμόρφωσης κίνησης στο διακομιστή μεσολάβησης ή στην πύλη και 2) με την εγγραφή στον επιλεγμένο πόρο χρησιμοποιώντας την λειτουργία “παρατηρήστε” του CoAP, επιτρέποντας έτσι στον διακομιστή στον κόμβο να στέλνει τις ενημερώσεις μόνο όταν η τιμή που μετράται από τον αισθητήρα πέφτει έξω από ένα συγκεκριμένο εύρος. Αυτή η υπηρεσία τοποθετείται στην πύλη του πίνακα διανομής στο σύστημα Padova Smart City, αν και θα μπορούσε επίσης να τοποθετηθεί στους διακομιστές backend, καθιστώντας έτσι δυνατό τον έλεγχο πολλαπλών πυλών χρησιμοποιώντας μια μεμονωμένη παρουσία διακομιστή μεσολάβησης.

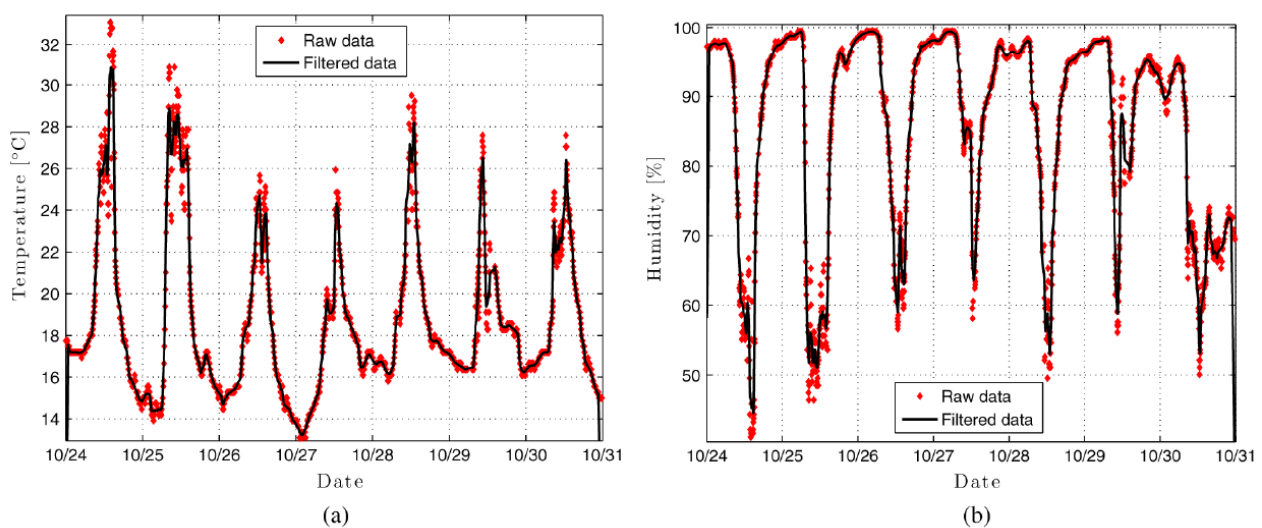
Διακομιστής βάσης δεδομένων (Database Server): Ο διακομιστής βάσης δεδομένων συλλέγει την κατάσταση των πόρων που πρέπει να παρακολουθούνται εγκαίρως επικοινωνώντας με τον διακομιστή μεσολάβησης HTTP-CoAP, ο οποίος με τη σειρά του φροντίζει να ανακτήσει τα απαιτούμενα δεδομένα από τη σωστή πηγή. Τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων είναι προσβάσιμα μέσω παραδοσιακών τεχνολογιών προγραμματισμού Ιστού. Οι πληροφορίες μπορούν είτε να προβληθούν με τη μορφή ιστοσελίδας, είτε να εξαχθούν σε

οποιαδήποτε ανοιχτή μορφή δεδομένων χρησιμοποιώντας δυναμικές γλώσσες προγραμματισμού Ιστού. Στο δίκτυο Padova Smart City, ο διακομιστής βάσης δεδομένων πραγματοποιείται εντός της πύλης WSN, ο οποίος ως εκ τούτου αντιπροσωπεύει μια μονάδα plug and play που παρέχει μια διαφανή διεπαφή με τους περιφερειακούς κόμβους.

Κινητή συσκευή χειριστή: Οι χειριστές δημόσιου φωτισμού θα είναι εξοπλισμένοι με κινητές συσκευές που μπορούν να εντοπίσουν το φωτεινό σηματοδότη που απαιτεί παρέμβαση, να εκδίδουν εντολές ενεργοποίησης απευθείας στον κόμβο IoT που είναι συνδεδεμένος στη λάμπα και να σηματοδοτούν το αποτέλεσμα της παρέμβασης στο κεντρικό σύστημα που μπορεί να παρακολουθεί κάθε απλός λαμπτήρας και, ως εκ τούτου, βελτιστοποιεί το σχέδιο συντήρησης. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να επεκταθεί διαδοχικά για να συμπεριλάβει άλλους τύπους κόμβων IoT ή node cloud IoT, υπό την προϋπόθεση ότι κάθε περιφερειακό σύστημα IoT υποστηρίζει ένα interface που βασίζεται σε HTTP, η οποία καθιστά δυνατή την αλληλεπίδρασή του με έναν ανοιχτό, τυπικό και ανεξάρτητο από την τεχνολογία τρόπο.



Σχήμα 5 Παράδειγμα δεδομένων που συλλέχθηκαν από την Padova Smart City: (α) θερμοκρασία και (β) υγρασία. (Zanella et al., 2014)



Σχήμα 6 Παράδειγμα δεδομένων που συλλέχθηκαν από την Padova Smart City: (α) φως και (β) βενζόλιο. (Zanella et al., 2014)

3.4.1 Παράδειγμα δεδομένων που συλλέχθηκαν από την Padova Smart City

Τα σχήματα 5 και 6 αναφέρουν ένα παράδειγμα του τύπου δεδομένων που μπορούν να συλλεχθούν με το σύστημα Padova Smart City. Τα τέσσερα διαγράμματα δείχνουν την ένδειξη θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτός και βενζολίου για περίοδο 7 ημερών. Οι λεπτές γραμμές δείχνουν τις πραγματικές ενδείξεις, ενώ οι παχιές γραμμές λαμβάνονται με την εφαρμογή ενός κινούμενου μέσου φίλτρου σε ένα χρονικό παράθυρο 1 ώρας (περίπου, 10 αναγνώσεις θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτός και 120 αναγνώσεις του αισθητήρα βενζολίου, του οποίου ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι μεγαλύτερος αφού ο κόμβος τροφοδοτείται από το πλέγμα). Είναι δυνατόν να παρατηρήσουμε το κανονικό μοτίβο των μετρήσεων φωτός, που αντιστοιχεί σε περιόδους ημέρας και νύχτας. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, το μέτρο φτάνει την τιμή κορεσμού, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας, οι τιμές είναι πιο ακανόνιστες, λόγω των αντανάκλασεων που παράγονται από τα φώτα του οχήματος. Ένα παρόμοιο μοτίβο φαίνεται από τις μετρήσεις υγρασίας και θερμοκρασίας που, ωστόσο, είναι πολύ πιο θορυβώδες από αυτές για το φως. Οι μετρήσεις βενζολίου δείχνουν επίσης μείωση των επιπέδων βενζολίου κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπως αναμενόταν λόγω της ελαφρύτερης νυχτερινής κυκλοφορίας, αλλά αρκετά απροσδόκητα δεν υπάρχουν εμφανείς διακυμάνσεις στα επίπεδα βενζολίου κατά τη διάρκεια της ημέρας κατά τη διάρκεια του Σαββατοκύριακου (26-27 Οκτωβρίου). Είναι επίσης ενδιαφέρον να σημειωθεί η κορυφή του βενζολίου που μετρήθηκε νωρίς το απόγευμα της 29^{ης} Οκτωβρίου. Εξετάζοντας τις αναγνώσεις των άλλων αισθητήρων στο ίδιο χρονικό διάστημα, μπορούμε να παρατηρήσουμε μια απότομη μείωση της έντασης και της θερμοκρασίας του φωτός και μια αύξηση της υγρασίας. Αυτές οι μετρήσεις υποδηλώνουν ότι μια γρήγορη καταιγίδα έχει κρύψει προσωρινά το φως του ήλιου, ενώ παράγει συμφόρηση στην οδική κυκλοφορία και, με τη σειρά του, μια κορυφή βενζολίου στον αέρα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Σε αυτή την ενότητα, αναλύονται οι λύσεις που διατίθενται σήμερα για την εφαρμογή των αστικών IoTs. Οι συζητούμενες τεχνολογίες πλησιάζουν σχεδόν στην τυποποίηση και οι φορείς της βιομηχανίας δραστηριοποιούνται ήδη στην παραγωγή συσκευών που εκμεταλλεύονται αυτές τις τεχνολογίες για να επιτρέψουν τις εφαρμογές ενδιαφέροντος, όπως αυτές που περιγράφονται παραπάνω. Στην πραγματικότητα, ενώ το εύρος των επιλογών σχεδίασης για συστήματα IoT είναι αρκετά ευρύ, το σύνολο ανοιχτών και τυποποιημένων πρωτοκόλλων είναι σημαντικά μικρότερο. Οι τεχνολογίες ενεργοποίησης, επιπλέον, έχουν φτάσει σε ένα επίπεδο ωριμότητας που επιτρέπει την πραγματοποίηση λύσεων και υπηρεσιών IoT, ξεκινώντας από επιτόπιες δοκιμές που θεωρείται ότι θα βοηθήσουν στην εκκαθάριση της αβεβαιότητας που εξακολουθεί να αποτρέπει τη μαζική υιοθέτηση του παραδείγματος IoT. Μια συγκεκριμένη εφαρμογή που αποτελεί απόδειξη της έννοιας αυτής, η οποία αναπτύχθηκε σε συνεργασία με την πόλη Πάδοβα της Ιταλίας, έχει επίσης περιγραφεί ως ένα σχετικό παράδειγμα εφαρμογής του παραδείγματος IoT σε έξυπνες πόλεις.

4

Μεθοδολογία έρευνας

4.1 Σκοπός – Ερευνητικά Ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνήσει τις στάσεις και τις αντιλήψεις των πολιτών του Ν. Καρδίτσας, που σχετίζονται με το IoT.

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού τίθενται τα εξής ερωτήματα.

1. Ποια είναι η γνώση των πολιτών της Καρδίτσας για την έξυπνη πόλη;
2. Ποιες δράσεις θεωρούν αναγκαίες οι πολίτες για την επίτευξη της έξυπνης πόλης;
3. Πιστεύουν ότι η έξυπνη πόλη θα διευκολύνει/αναβαθμίσει την ποιότητα ζωής τους στην πόλη της Καρδίτσας;

4.2 Μέθοδος Έρευνας

Η ποσοτική μέθοδος είναι η μέθοδος που επιλέχθηκε για την παρούσα έρευνα, σύμφωνα με την οποία είναι δυνατή η συστηματική και στατιστική επεξεργασία μεγάλης ποσότητας δεδομένων. Η επιλογή έγινε βάσει κριτηρίων που αφορούν τη προσέγγιση και μελέτη της αλληλενέργειας που παρουσιάζεται μεταξύ των βασικών μεταβλητών καθώς και η διατύπωση γενικών πορισμάτων. Ωστόσο, είδος της επιλογής της ποσοτικής έρευνας αποτελεί και η ερευνητική διαδικασία, η οποία σύμφωνα με τον (Βάμβουκα, 2007) κατέχει την ελληνική ονομασία επισκόπηση (survey research), και αποτελεί κυρίως ένα είδος περιγραφικής έρευνας. Η εν λόγω περιγραφική έρευνα αφορά την ανάλυση προτύπων, συμπεριφοράς ατόμων που συνυπάρχουν σε μια κοινωνική ομάδα.

Επιπλέον, διενεργήθηκε και ποιοτική έρευνα με τη μέθοδο της ημι-δομημένης συνέντευξης, προκειμένου να διερευνηθούν σε βάθος οι απόψεις ατόμων που μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στην εξέταση του θέματος. Συγκεκριμένα, το δείγμα της ποιοτικής έρευνας αποτελούν ο Αντιπεριφερειάρχης και ο Δήμαρχος Καρδίτσας. Για τη διενέργεια της συνέντευξης συντάχθηκε ένα ερωτηματολόγιο με 12 ερωτήσεις, οι οποίες αφορούν την σχέση της Καρδίτσας με τις έξυπνες στρατηγικές ανάπτυξης.

4.3 Ερευνητικό Εργαλείο – Δείγμα Έρευνας

Για τη συλλογή των στοιχείων επιλέχθηκε ως πιο κατάλληλη η περιγραφική μέθοδος με ερωτηματολόγιο, που αποτελεί και την πιο διαδεδομένη μορφή ποσοτικής έρευνας (Cohen & Manion, 2000).

Η χρήση του ερωτηματολογίου απαιτεί λιγότερο χρόνο και έτσι ο ερευνητής είναι δυνατό να εξασφαλίσει αρκετές πληροφορίες σε σύντομο χρονικό διάστημα. Επίσης, με το ερωτηματολόγιο όσοι συμμετέχουν στην έρευνα μπορούν να εκφράσουν ελεύθερα τις σκέψεις τους και να εξωτερικεύσουν τη συμπεριφορά τους χωρίς να εμποδίζονται από την παρουσία του ερευνητή.

Η κατασκευή του ερωτηματολογίου της έρευνας βασίστηκε στη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, στο προβληματισμό που αναπτύχθηκε στο θεωρητικό μέρος της εργασίας και στα θεωρητικά ερωτήματα. Επίσης υπήρξε μέριμνα για το μέγεθος και τον απαιτούμενο χρόνο συμπλήρωσης, τη σειρά των ερωτήσεων και τη ποιότητα της εμφάνισης.

Πριν λάβει την τελική του μορφή, το ερωτηματολόγιο δόθηκε πιλοτικά σε μέρος του δείγματος. Αφού λήφθηκαν υπόψη οι παρατηρήσεις των ατόμων που απάντησαν, το ερωτηματολόγιο πήρε την τελική του μορφή.

Το τελικό ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή των δεδομένων της έρευνας απαρτίζεται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά δημογραφικά και γενικά στοιχεία των πολιτών, συγκεκριμένα απαρτίζεται από έξι (6) ερωτήσεις κλειστού τύπου που αφορούν το φύλο, την ηλικία, το επάγγελμα, το μορφωτικό επίπεδο, το εάν είναι κάτοικοι της Καρδίτσας και το εάν εργάζονται στην πόλη της Καρδίτσας. Το δεύτερο μέρος αφορά τις απόψεις των πολιτών και περιλαμβάνει μια (1) ερώτηση πολλαπλής επιλογής που αφορά το πιο θεωρούν μεγαλύτερο πρόβλημα της πόλης και οχτώ (8) ερωτήσεις κλειστού τύπου.

Σχετικά με την δειγματοληψία, στη συγκεκριμένη περίπτωση, ακολουθήθηκε η μέθοδος της απλής τυχαίας δειγματοληψίας, για την συλλογή του δείγματος. Στην απλή τυχαία δειγματοληψία κάθε μέλος του πληθυσμού έχει την ίδια πιθανότητα να επιλεγεί για το σχηματισμό του δείγματος με κάθε άλλο μέλος του πληθυσμού.

Όσον αφορά τον πληθυσμό της παρούσας έρευνας, αποτελείται από 100 συμμετέχοντες πολίτες του Ν. Καρδίτσας. Η δειγματοληψία έγινε από τον Νοέμβριο του 2022 μέχρι τον Ιανουάριο του 2023.

Αναφορικά με την ποιοτική έρευνα, επιλέχθηκε το εργαλείο της ημι-δομημένης συνέντευξης, καθώς παρέχει ευελιξία στον ερευνητή ώστε να διερευνήσει σε βάθος απόψεις των ερωτώμενων, να αναλύσει περαιτέρω κάποια σημεία που θεωρεί σημαντικά, ενώ επιπλέον παρέχεται στους συμμετέχοντες η δυνατότητα να εκφράσουν τις απόψεις τους και τους προβληματισμούς τους και να επεκταθούν περισσότερο σε κάποια σημεία, αποδεικνύοντας ενδεχομένως νέες πτυχές ή διαφορετικές οπτικές του υπό εξέταση θέματος.

4.4 Διεξαγωγή της έρευνας

Ο διαμοιρασμός των ερωτηματολογίων έγινε δια ζώσης από τον ερευνητή στην πόλη της Καρδίτσας και συγκεκριμένα στην κεντρική πλατεία της πόλης, και οι πολίτες μπορούσαν να καθίσουν και να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο (μιας και ο χώρος προσφέρει καθίσματα), χωρίς να πιέζονται από την παρουσία του ερευνητή. Η επιλογή της κεντρικής πλατείας της Καρδίτσας ως τοποθεσίας για τη διανομή των ερωτηματολογίων βασίστηκε σε πολλά κριτήρια. Πρώτον, είναι μια πολύ ορατή και κεντρική τοποθεσία στην πόλη, καθιστώντας την εύκολα προσβάσιμη σε μια ποικιλία πολιτών. Επιπλέον, η πλατεία είναι ένας δημοφιλής δημόσιος χώρος όπου συγκεντρώνονται συχνά άνθρωποι, γεγονός που μπορεί να έχει αυξήσει τις πιθανότητες να βρεθούν πρόθυμοι συμμετέχοντες για τη μελέτη.

Επιπλέον, η διαθεσιμότητα θέσεων στην πλατεία έκανε πιο βολικό για τα άτομα να αφιερώσουν χρόνο για να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο, γεγονός που μπορεί να αυξήσει το συνολικό ποσοστό ανταπόκρισης. Επιπλέον, η πλατεία της πόλης επιλέχθηκε επειδή είναι μια ουδέτερη τοποθεσία που δεν σχετίζεται με κάποια συγκεκριμένη ομάδα συμφερόντων ή οργανισμό, κάτι που μπορεί να βοηθήσει στο να διασφαλιστεί ότι το δείγμα των συμμετεχόντων ήταν αντιπροσωπευτικό του γενικού πληθυσμού.

Η ανωνυμία και τα προσωπικά δεδομένα των συμμετεχόντων σε αυτήν την έρευνα διασφαλίστηκαν μέσω ενός συνδυασμού πολλών μέτρων.

Πρώτον, ο ερευνητής είχε ενημερώσει τους συμμετέχοντες ότι οι απαντήσεις τους θα παραμείνουν εμπιστευτικές και ότι τα προσωπικά τους στοιχεία δεν θα κοινοποιούνταν σε τρίτους χωρίς τη ρητή συγκατάθεσή τους. Αυτό βοηθά στη δημιουργία ενός αισθήματος εμπιστοσύνης και ιδιωτικότητας μεταξύ των συμμετεχόντων.

Επιπλέον, ο ερευνητής χρησιμοποίησε ανώνυμη κωδικοποίηση των απαντήσεων, η οποία περιλαμβάνει την εκχώρηση ενός μοναδικού κωδικού ή αναγνωριστικού στις απαντήσεις κάθε συμμετέχοντα αντί να χρησιμοποιεί το όνομά του ή άλλες πληροφορίες ταυτοποίησης. Αυτό βοηθά να διασφαλιστεί ότι οι απαντήσεις δεν μπορούν να εντοπιστούν σε οποιαδήποτε συγκεκριμένο άτομο.

Επιπλέον, ο ερευνητής είχε λάβει τη συγκατάθεση των συμμετεχόντων να συμμετάσχουν στη μελέτη και να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα τους για ερευνητικούς σκοπούς. Αυτό περιλάμβανε την εξήγηση του σκοπού της μελέτης και του τρόπου χρήσης των δεδομένων, καθώς και την παροχή στους συμμετέχοντες τη δυνατότητα να αποσύρουν τη συγκατάθεσή τους ανά πάσα στιγμή

Τέλος, η χρήση των Φορμών Google για τη συλλογή και αποθήκευση των δεδομένων ενδέχεται να έχει προσφέρει ένα επιπλέον επίπεδο ασφάλειας και απορρήτου, καθώς η πλατφόρμα χρησιμοποιεί κρυπτογράφηση και άλλα μέτρα ασφαλείας για την προστασία των δεδομένων από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

Αφού λοιπόν, διασφαλίστηκε η ανωνυμία και τα προσωπικά δεδομένα των συμμετεχόντων, όπως εξηγήθηκε και στους συμμετέχοντες, τα ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν με τη

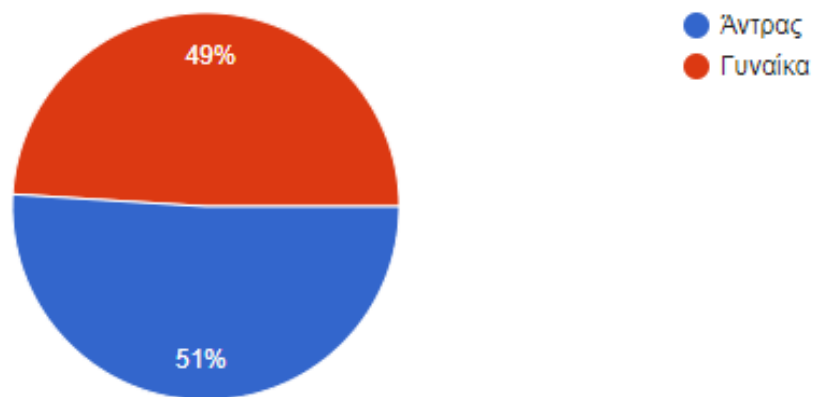
συγκατάθεσή τους. Στη συνέχεια η καταχώρηση των στοιχείων έγινε με τη χρήση των Google Forms. Ο χρόνος συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου ήταν περίπου 5 λεπτά.

Η διενέργεια των συνεντεύξεων έλαβε χώρα τον Φεβρουάριο 2023 και έγινε δια ζώσης από τον ερευνητή. Χρησιμοποιήθηκε το κινητό τηλέφωνο για την μαγνητοφώνηση των απαντήσεων των ερωτώμενων.

5

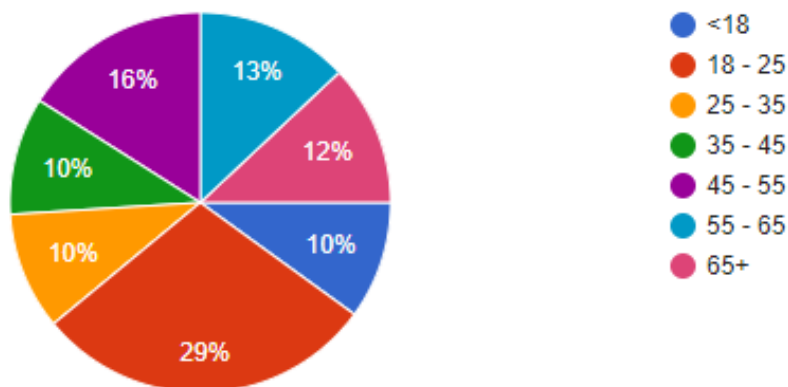
Αποτελέσματα

Στο παρόν κεφάλαιο εμφανίζονται διαγραμματικά (σε μορφή πίτας) τα αποτελέσματα της έρευνας και στη συνέχεια, περιγράφονται τα αποτελέσματα των ημι-δομημένων συνεντεύξεων.



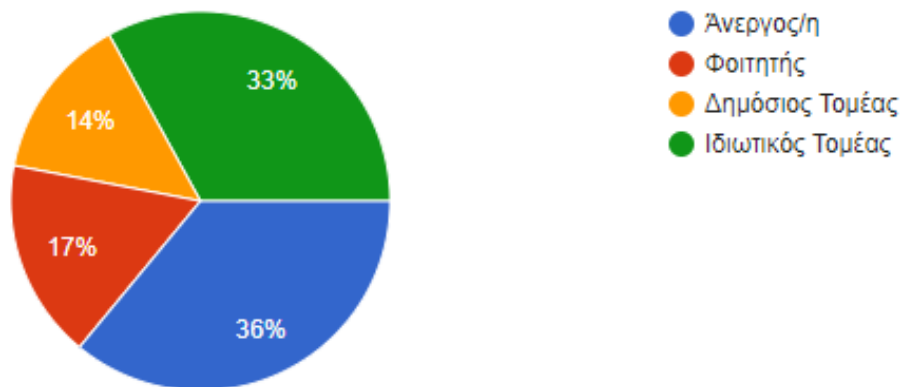
Γράφημα 1 Φύλο

Στο Γράφημα 1, φαίνεται πως το (51%) των συμμετεχόντων ήταν άντρες και το (49%) γυναίκες.



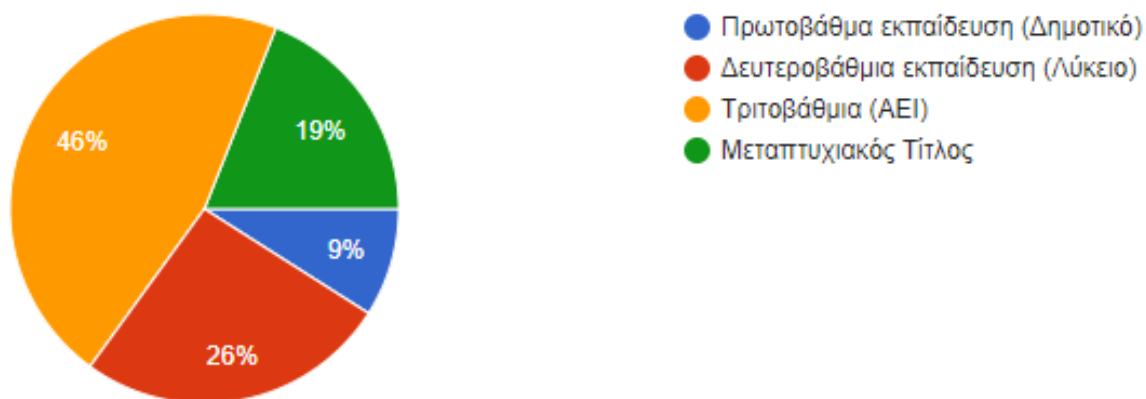
Γράφημα 2 Ηλικία

Σύμφωνα με το Γράφημα 2, το μεγαλύτερο ποσοστό (29%) των συμμετεχόντων ήταν ηλικίας 18-25 ετών. Το αμέσως μεγαλύτερο ποσοστό (16%) αφορά τις ηλικίες 45-55 και ακολουθούν με (13%) τα άτομα 55-65 ετών, με (12%) τα άτομα άνω των 65 ετών και με (10%) η κάθε μια από τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες (25-35, 35-45 και <18).



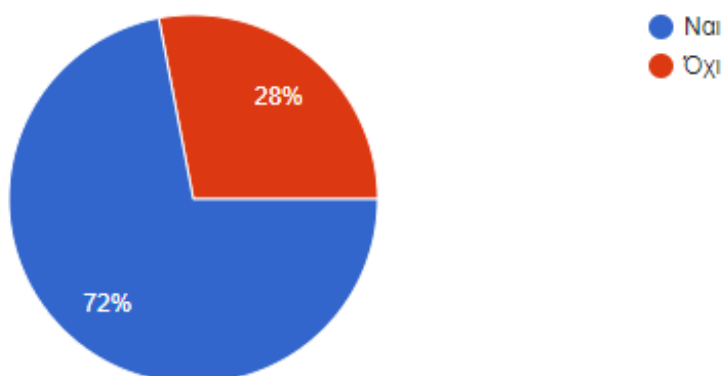
Γράφημα 3 Επάγγελμα

Όσον αφορά το επάγγελμα των συμμετεχόντων, στο Γράφημα 3 φαίνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό (36%) είναι άνεργοι και ακολούθως, το (33%) εργάζονται στον ιδιωτικό τομέα. Σαφώς μικρότερο είναι το ποσοστό (17%) των φοιτητών και ακόμα μικρότερο (14%) των δημοσίων υπαλλήλων.



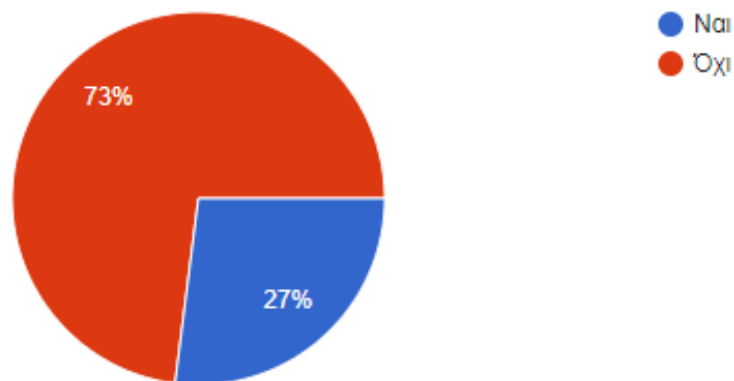
Γράφημα 4 Επίπεδο εκπαίδευσης

Αναφορικά με το επίπεδο εκπαίδευσης των ατόμων που συμμετείχαν στην έρευνα, το μεγαλύτερο ποσοστό (46%) είναι απόφοιτοι Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, το (26%) Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και το (19%) είναι κάτοχοι Μεταπτυχιακού τίτλου. Ένα (9%) των ατόμων, είναι απόφοιτοι Δημοτικού (Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης).



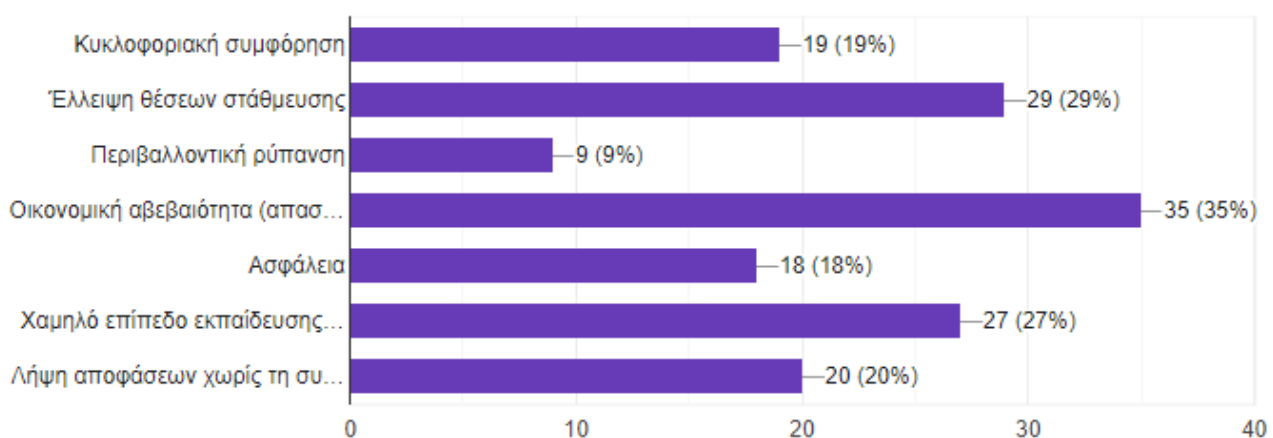
Γράφημα 5 Κάτοικος Καρδίτσας

Το γράφημα 5 δείχνει πως οι περισσότεροι συμμετέχοντες είναι κάτοικοι Καρδίτσας, με ποσοστό (72%) και το υπόλοιπο (28%) όχι.



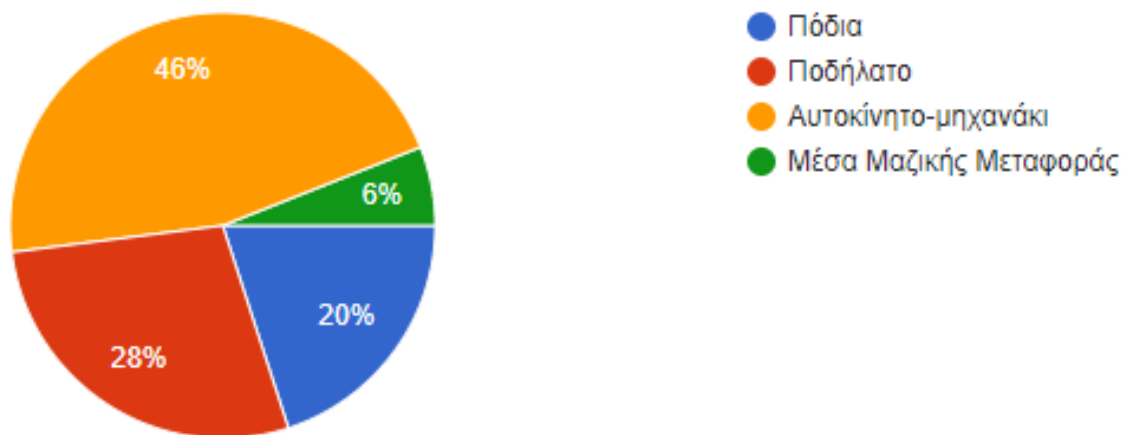
Γράφημα 6 Εργασία στην πόλη της Καρδίτσας

Σε αντιστοιχία με τα αποτελέσματα του παραπάνω γραφήματος, το Γράφημα 6 δείχνει πως το μεγαλύτερο ποσοστό (73%) των συμμετεχόντων εργάζεται στην πόλη της Καρδίτσας, ενώ το (27%) όχι.



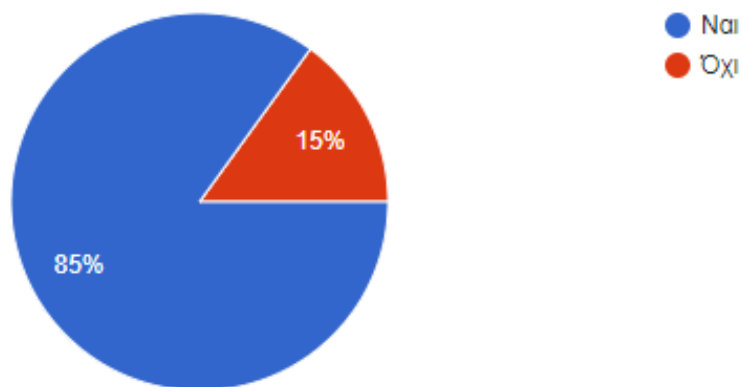
Γράφημα 7 Το μεγαλύτερο πρόβλημα της πόλης κατά την άποψη των πολιτών

Το γράφημα 7, παρουσιάζει τις απόψεις των συμμετεχόντων σε σχέση με το μεγαλύτερο πρόβλημα της πόλης της Καρδίτσας. Το πρόβλημα που επισημάνθηκε από τους περισσότερους, με ποσοστό (35%), είναι η οικονομική αβεβαιότητα (απασχόληση, χαμηλά εισοδήματα κλπ.). Στη συνέχεια, αναφέρθηκαν η έλλειψη θέσεων στάθμευσης (29%), το χαμηλό επίπεδο εκπαίδευσης (27%), η λήψη αποφάσεων χωρίς τη συμμετοχή των πολιτών (20%), η κυκλοφοριακή συμφόρηση (19%), η ασφάλεια (18%) και η περιβαλλοντική ρύπανση (9%).



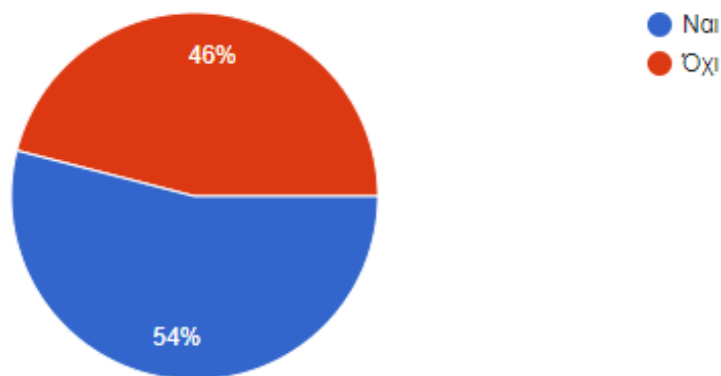
Γράφημα 8 Μέσο μετακίνησης των πολιτών εντός πόλης

Αναφορικά με το μέσο που κινούνται οι συμμετέχοντες στην πόλη, το Γράφημα 8 δείχνει πως το πιο μεγάλο ποσοστό (46%) επιλέγει το αυτοκίνητο ή το μηχανάκι. Το (28%) μετακινείται με ποδήλατο και το (20%) με τα πόδια. Τα μέσα μαζικής μεταφοράς χρησιμοποιούνται από το (6%).



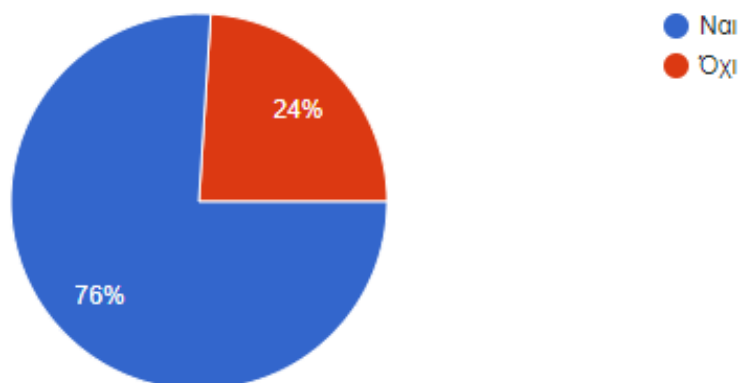
Γράφημα 9 Ποσοστιαία κατανομή χρήσης smartphone με άνεση

Το γράφημα 9 παρουσιάζει τον βαθμό στον οποίο οι συμμετέχοντες χρησιμοποιούν με άνεση το smartphone. Φαίνεται λοιπόν πως οι περισσότεροι (85%) χρησιμοποιούν με άνεση το smartphone και το (15%) όχι.



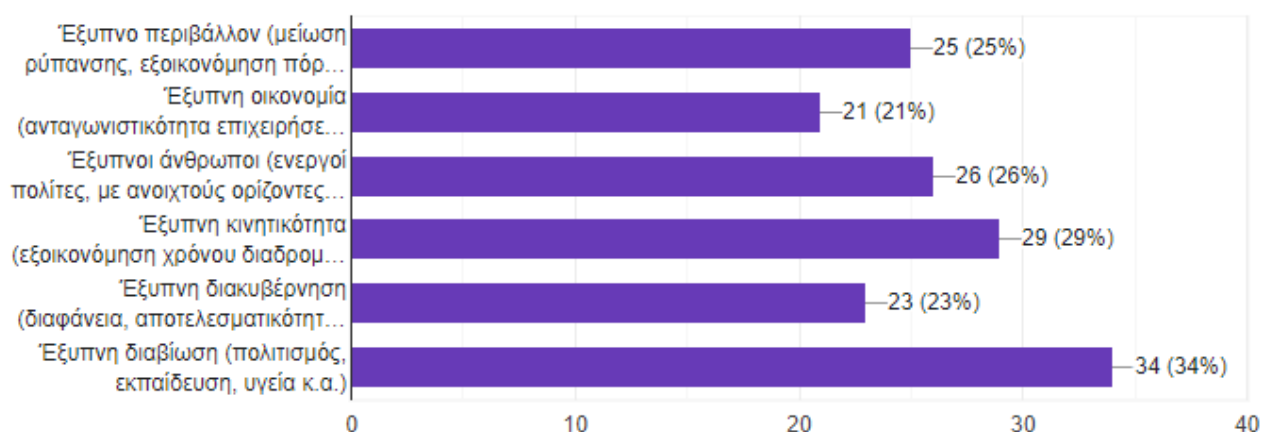
Γράφημα 10 Ποσοστιαία κατανομή της γνώσης του τι είναι Έξυπνη Πόλη

Αναφορικά με το εάν οι συμμετέχοντες γνωρίζουν τι σημαίνει Έξυπνη Πόλη, το γράφημα 10 δείχνει πως το (54%) γνωρίζει και το (46%) όχι.



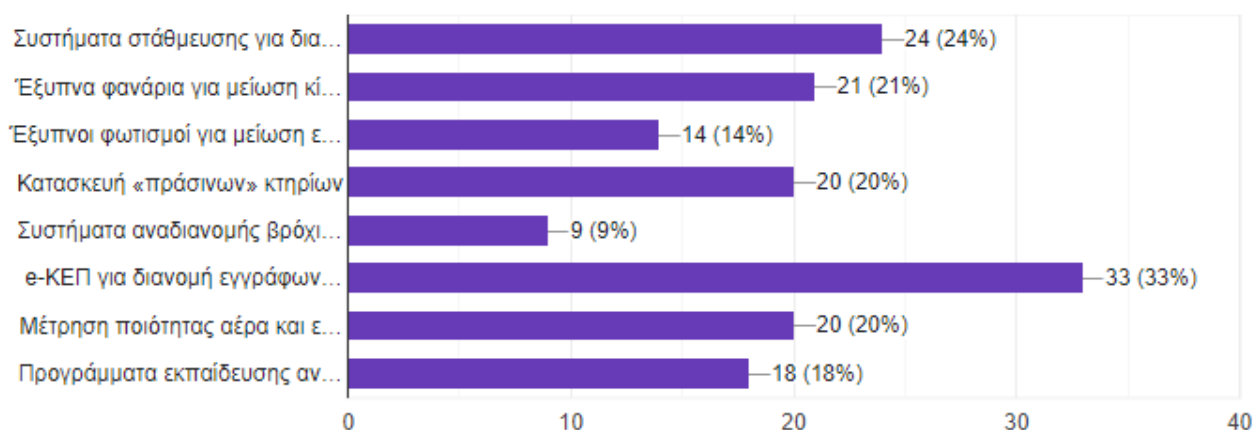
Γράφημα 11 Απόψεις πολιτών για το κατά πόσο πιστεύουν πως η Καρδίτσα μπορεί να γίνει μια έξυπνη πόλη που αναπτύσσεται με τη βοήθεια της τεχνολογίας και έχει στόχο την εξοικονόμηση πόρων και την καλύτερευση της ζωής των κατοίκων της

Στο ερώτημα εάν οι συμμετέχοντες πιστεύουν πως η Καρδίτσα μπορεί να γίνει μια έξυπνη πόλη που αναπτύσσεται με τη βοήθεια της τεχνολογίας και έχει στόχο την εξοικονόμηση πόρων και την καλύτερευση της ζωής των κατοίκων της, το μεγαλύτερο ποσοστό (76%) απάντησε θετικά και το (24%) αρνητικά.



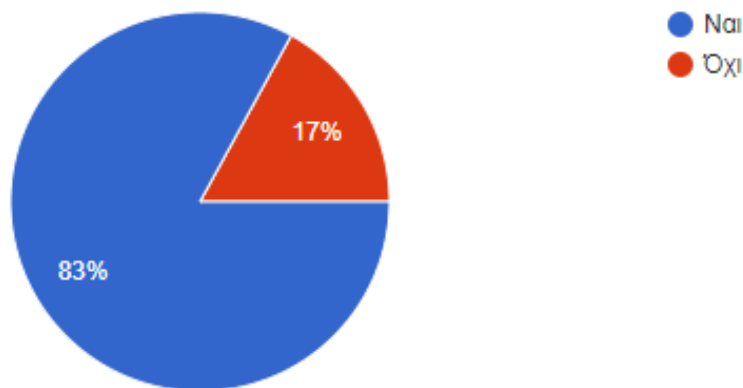
Γράφημα 12 Τομείς της έξυπνης πόλης που θεωρούν οι πολίτες ότι πρέπει να εστιάσει η Πόλη για να επιτύχει την ανάπτυξή της και τη βελτίωση της ζωής σε αυτή

Στο γράφημα 12 παρουσιάζονται οι τομείς της έξυπνης πόλης που οι συμμετέχοντες θεωρούν ότι πρέπει να εστιάσει η πόλη για να επιτύχει την ανάπτυξή της και τη βελτίωση της ζωής σε αυτή. Ο τομέας που επισημάνθηκε από τους περισσότερους, με ποσοστό (34%), είναι ο τομέας της έξυπνης διαβίωσης (πολιτισμός, εκπαίδευση, υγεία κλπ.). Ακολουθεί ο τομέας της έξυπνης κινητικότητας (εξοικονόμηση χρόνου διαδρομών και χρήματος, ασφαλείς μεταφορές κλπ.), με ποσοστό (29%), των έξυπνων ανθρώπων (ενεργοί πολίτες, με ανοιχτούς ορίζοντες, τεχνολογικά ενημερωμένοι), με ποσοστό (26%), του έξυπνου περιβάλλοντος (μείωση ρύπανσης, εξοικονόμηση πόρων κλπ.), με ποσοστό (25%). Το (23%) των συμμετεχόντων θεωρεί πως η πόλη πρέπει να εστιάσει στον τομέα της έξυπνης διακυβέρνησης (διαφάνεια, αποτελεσματικότητα, «ανοιχτά» δεδομένα του Δήμου) και το (21%), στον τομέα της έξυπνης οικονομίας (ανταγωνιστικότητα επιχειρήσεων, θέσεις εργασίας κλπ.).



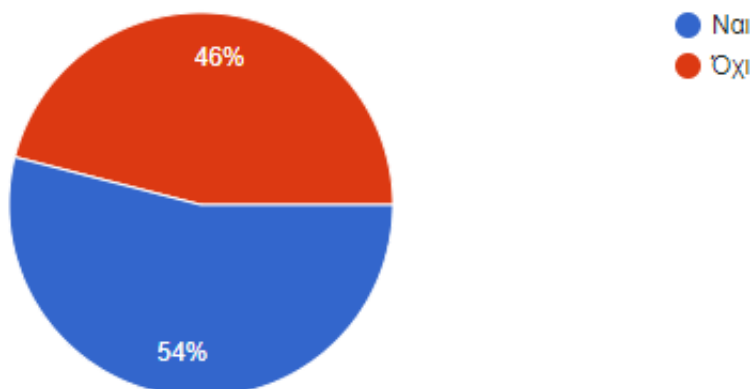
Γράφημα 13 Δράσεις που θεωρούνται αναγκαίες κατά την άποψη των πολιτών

Στο γράφημα 13, παρουσιάζονται οι δράσεις που θεωρούνται αναγκαίες από τους συμμετέχοντες. Η απάντηση που συγκέντρωσε το μεγαλύτερο ποσοστό (33%) είναι το e-ΚΕΠ για διανομή εγγράφων ανά πάσα στιγμή χωρίς μεσάζοντες. Ακολουθώντας, το (24%) απάντησε τα συστήματα στάθμευσης για τη διαθεσιμότητα θέσεων και εξοικονόμηση χρόνου επί πληρωμή και το (21%) τα έξυπνα φανάρια για μείωση της κίνησης. Το (20%) θεωρεί αναγκαία την κατασκευή «πράσινων» κτηρίων και τη μέτρηση της ποιότητας του αέρα και των επιπέδων ρύπανσης μέσω αισθητήρων και παροχή πληροφοριών σε πολίτες, αντίστοιχα. Τέλος, για το (18%) των συμμετεχόντων θεωρούνται αναγκαία τα προγράμματα εκπαίδευσης ανηλίκων για την τεχνολογική εξοικείωση, ασφάλεια και κυκλοφοριακή αγωγή, για το (14%) οι έξυπνοι φωτισμοί για μείωση ενέργειας και ασφάλεια, ενώ για το (9%), τα συστήματα αναδιανομής βρόχινου νερού για άρδευση πόλης.



Γράφημα 14 Ποσοστιαία κατανομή της άποψης εάν οι δράσεις είναι ικανές να αλλάξουν θετικά και τη δική τους ζωή στην πόλη (N=100)

Στο ερώτημα εάν οι δράσεις που αναφέρθηκαν θεωρούνται ικανές από τους συμμετέχοντες να αλλάξουν θετικά και τη δική τους ζωή στην πόλη, το μεγαλύτερο ποσοστό (83%) απάντησε θετικά και το (17%) αρνητικά.



Γράφημα 15 Ποσοστιαία κατανομή της διάθεσης των πολιτών να πληρώσουν ένα μικρό αντίτιμο είτε με μορφή δημοτικών τελών είτε σαν έκτακτη εισφορά, για την επίτευξη του να γίνει η Καρδίτσα μια έξυπνη πόλη (N=100)

Το γράφημα 15, δείχνει πως το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων (54%) είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν ένα μικρό αντίτιμο, είτε με μορφή δημοτικών τελών είτε σαν έκτακτη εισφορά, για να μπορέσει να γίνει η Καρδίτσα μια έξυπνη πόλη, ενώ το (46%) δεν είναι.

Στο σημείο αυτό, παρουσιάζονται τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση των συνεντεύξεων.

Αρχικά, στο ερώτημα για τη σχέση των ερωτώμενων με την Έξυπνη Πόλη και οι δύο ανέφεραν πως τα σχετικά συστήματα που εφαρμόζονται λειτουργούν θετικά και συνεισφέρουν στο να γίνεται η ζωή των πολιτών πιο εύκολη. Ωστόσο, δεν έχει υιοθετηθεί κάποια ολοκληρωμένη έξυπνη στρατηγική ανάπτυξης, παρά μόνο επιμέρους συστήματα που εντάσσονται στη λογική των έξυπνων πόλεων. Αναφορικά με τις έξυπνες δράσεις που έχουν υλοποιηθεί στην Καρδίτσα, ο Δήμαρχος και ο Αντιπεριφερειάρχης ανέφεραν: α) το Αυτοματοποιημένο σύστημα Κοινοχρήστων ποδηλάτων του Δήμου Καρδίτσας και β) την Προμήθεια και Εγκατάσταση Συστημάτων Έξυπνης Πόλης και Έξυπνης Πόλης και Έξυπνης Βιώσιμης Κινητικότητας.

Οι δράσεις αυτές είναι ενταγμένες στο πρόγραμμα κινητικότητας του Δήμου. Η πρώτη δράση (Αυτοματοποιημένο σύστημα Κοινοχρήστων ποδηλάτων) έχει ολοκληρωθεί και χρηματοδοτήθηκε από την «Αστική Αναζωογόνηση 2012-2015», ενώ η δεύτερη δράση (Προμήθεια και Εγκατάσταση Συστημάτων Έξυπνης Πόλης και Έξυπνης Βιώσιμης Κινητικότητας) βρίσκεται στη φάση του διαγωνισμού και θα χρηματοδοτηθεί από το Ε.Π «Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και καινοτομία 2014 - 2020». Επιπλέον, έχουν προβλεφθεί και νέες σχετικές ενέργειες, όπως ο Εκσυγχρονισμός των ΚΕΠ του Δήμου Καρδίτσας, τα οποία θα χρηματοδοτηθεί από το πρόγραμμα Ελλάδα 2.0, και η Προμήθεια συστημάτων και ειδικού εξοπλισμού για την ενίσχυση της πολιτικής προστασίας και της επιχειρησιακής ικανότητας του Δήμου.

Ακόμη, από τις συνεντεύξεις που διενεργήθηκαν προέκυψε ότι ο Δήμος Καρδίτσας έχει διακριθεί για το έργο Αυτοματοποιημένο Σύστημα κοινοχρήστων ποδηλάτων και έχει κερδίσει το πρώτο πανευρωπαϊκό βραβείο το 2019, το οποίο ανέδειξε την πόλη σε κορυφαία πόλη της Ευρώπης (στην κατηγορία «smaller municipalities») στο πλαίσιο του θεσμού Ευρωπαϊκής Εβδομάδας κινητικότητας. Το συγκεκριμένο έργο συνέβαλε στο να ξεχωρίσει η πόλη της Καρδίτσας, ως «πόλη του ποδηλάτου», από τις άλλες ελληνικές πόλεις που έχουν εφαρμόσει άλλα «έξυπνα» έργα.

Σε συνάρτηση με τα παραπάνω στοιχεία, ο τομέας της Έξυπνης πόλης που οι ερωτώμενοι θεωρούν ότι θα ήταν δόκιμο να εστιάσουν οι κατοπινές ενέργειες, είναι ο τομέας της κινητικότητας. Μάλιστα, αναφέρθηκε από τον Δήμαρχο Καρδίτσας πως η πόλη έχει ήδη εστιάσει στον τομέα αυτό, γεγονός που αποδεικνύεται από την πανευρωπαϊκή της διάκριση το 2019, μεταξύ 3.130 ευρωπαϊκών πόλεων για τις καλές πρακτικές που εφαρμόσαμε σε ζητήματα κινητικότητας.

Τέλος, σχετικά με το θέμα της ύδρευσης και άρδευσης της πόλης και τη δυνατότητα εγκατάστασης νέων τεχνολογικών συστημάτων ώστε να δοθεί μια πιο βιώσιμη λύση, οι ερωτώμενοι ανέφεραν πως για την άρδευση εφαρμόζονται συστήματα τηλεχειρισμού και τηλε-ελέγχου των συστημάτων άρδευσης. Για το θέμα της ύδρευσης, η αρμόδια υπηρεσία ΔΕΥΑΚ Καρδίτσας, επενδύει σε ένα μεγάλο πρόγραμμα τηλε-ελέγχου και τηλεμέτρησης των καταναλώσεων από το υδρόμετρο των καταναλωτών.

6

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, η παρούσα έρευνα έλαβε χώρα στην πόλη της Καρδίτσας. Η Καρδίτσα είναι μια πόλη που βρίσκεται στην περιοχή της Θεσσαλίας της Ελλάδας και συγκεκριμένα στο νοτιοδυτικό τμήμα του θεσσαλικού κάμπου. Η πόλη βρίσκεται σε υψόμετρο περίπου 110 μέτρων (360 πόδια) πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και περιβάλλεται από χαμηλούς λόφους και βουνά.

Στα δυτικά της πόλης απλώνεται η οροσειρά των Αγράφων, ενώ βόρεια και ανατολικά οι οροσειρές Καλλίδρομο και Όθρυς αντίστοιχα. Αυτά τα βουνά όχι μόνο συμβάλλουν στην ομορφιά του τοπίου αλλά βοηθούν και στην προστασία της πόλης από ακραίες καιρικές συνθήκες όπως ψυχρούς ανέμους και έντονες βροχοπτώσεις.

Ο Πηνειός ποταμός, που είναι ο μεγαλύτερος ποταμός της Θεσσαλίας, διασχίζει την περιφερειακή ενότητα της Καρδίτσας και αποτελεί σημαντική πηγή νερού για άρδευση και άλλες χρήσεις. Το ποτάμι συμβάλλει επίσης στην φυσική ομορφιά της περιφερειακής ενότητας, καθώς είναι κατάφυτη από δέντρα και πράσινο.

Εκτός από το ορεινό της περιβάλλον και τον Πηνειό ποταμό, η πόλη της Καρδίτσας βρίσκεται επίσης κοντά σε πολλά άλλα φυσικά αξιοθέατα. Για παράδειγμα, η πόλη βρίσκεται κοντά στη λίμνη Πλαστήρα, η οποία είναι μια τεχνητή λίμνη που δημιουργήθηκε τη δεκαετία του 1950 για άρδευση και για άλλους σκοπούς. Σήμερα, η λίμνη είναι ένας δημοφιλής προορισμός για τους τουρίστες και τους ντόπιους, προσφέροντας ευκαιρίες για ψάρεμα, βαρκάδα, πεζοπορία και άλλες υπαίθριες δραστηριότητες.

Η Καρδίτσα βρίσκεται επίσης κοντά στον Εθνικό Δρυμό των Αγράφων, ο οποίος καλύπτει μια έκταση περίπου 350 τετραγωνικών χιλιομέτρων (135 τετραγωνικά μίλια) και φιλοξενεί μια μεγάλη ποικιλία χλωρίδας και πανίδας. Το πάρκο είναι γνωστό για το απόκρημνο έδαφος, τα βαθιά φαράγγια και τους εντυπωσιακούς καταρράκτες, καθώς και για τα παραδοσιακά χωριά και τα ιστορικά μοναστήρια του.

Όσον αφορά την τοποθεσία της εντός της Ελλάδας, η Καρδίτσα βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της χώρας και είναι άρτια συνδεδεμένη με άλλες πόλεις και περιοχές μέσω ενός δικτύου

αυτοκινητοδρόμων και μέσων μαζικής μεταφοράς. Η πόλη βρίσκεται περίπου 230 χιλιόμετρα (143 μίλια) βορειοδυτικά της Αθήνας, της πρωτεύουσας της Ελλάδας, και 100 χιλιόμετρα (62 μίλια) νοτιοδυτικά της Θεσσαλονίκης, της δεύτερης μεγαλύτερης πόλης της χώρας.

Συνολικά, το ανάγλυφο και η γεωγραφική θέση της Καρδίτσας την καθιστούν δημοφιλή προορισμό για επισκέπτες που εκτιμούν τη φυσική ομορφιά, τις υπαίθριες δραστηριότητες και τον παραδοσιακό ελληνικό πολιτισμό.



Σχήμα 7 Ανάγλυφο Ν. Καρδίτσας

Πηγή: <http://gym-iteas.kar.sch.gr/pal/images/karditsa3-d.jpg>

Σύμφωνα με τα τελευταία επίσημα στοιχεία της απογραφής (2021) της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ), ο πληθυσμός του Δήμου Καρδίτσας ήταν 56.641 άτομα. Η πλειοψηφία του πληθυσμού ζει στην ίδια την πόλη της Καρδίτσας, που είναι το διοικητικό κέντρο του δήμου.

Ο πληθυσμός της Καρδίτσας παρέμεινε σχετικά σταθερός τα τελευταία χρόνια, με ελάχιστη μείωση σε σχέση με την προηγούμενη απογραφή του 2011 (56.747 άτομα). Η πλειοψηφία του πληθυσμού είναι Έλληνες, με μικρό αριθμό μεταναστών από άλλες χώρες. Η πόλη έχει ένα μείγμα αστικών και αγροτικών περιοχών, με ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού να ζει στα γύρω χωριά και πόλεις.

Ο πληθυσμός της Καρδίτσας είναι πολυποίκιλος ως προς την ηλικία, με ένα μείγμα μικρών και μεγάλων κατοίκων. Η πόλη έχει σχετικά υψηλό ποσοστό νέων, καθώς φιλοξενεί μεγάλο αριθμό μαθητών που φοιτούν στα τοπικά πανεπιστήμια και επαγγελματικές σχολές. Επιπλέον, η πόλη έχει σημαντικό αριθμό ηλικιωμένων κατοίκων, πολλοί από τους οποίους είναι συνταξιούχοι και έχουν επιλέξει να ζουν στην περιοχή για το ήσυχο περιβάλλον και τη φυσική ομορφιά της.

Συνολικά, ο πληθυσμός της Καρδίτσας είναι ένα μείγμα από κατοίκους αστικών και αγροτικών περιοχών που είναι σε μεγάλο βαθμό ελληνικής καταγωγής. Η πόλη φιλοξενεί ένα ευρύ φάσμα ηλικιακών ομάδων, με σημαντικό αριθμό νέων και αυξανόμενο πληθυσμό ηλικιωμένων. (<https://neosagon.gr/apografi-2021-6-i-meiosi-ston-monimo-plithysmo-tou-n-karditsas/>).

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνήσει τις στάσεις και τις αντιλήψεις των πολιτών της περιφερειακής ενότητας. Καρδίτσας, που σχετίζονται με το IoT. Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της ποσοτικής έρευνας προκύπτουν τα ακόλουθα δεδομένα αναφορικά με τα δημογραφικά και προσωπικά χαρακτηριστικά του δείγματος της έρευνας. Το (51%) των συμμετεχόντων ήταν άντρες και το (49%) γυναίκες. Οι περισσότεροι συμμετέχοντες ανήκαν στην ηλικιακή ομάδα 18-25, με ποσοστό (29%) και με (16%) στην ηλικιακή ομάδα 45-55. Επίσης, τα περισσότερα άτομα (36%) που έλαβαν μέρος στην έρευνα ήταν άνεργοι και με μικρή διαφορά (33%), ιδιωτικοί υπάλληλοι. Σημαντικά μικρότερο (14%) ήταν το ποσοστό των συμμετεχόντων που εργάζονται στον δημόσιο τομέα. Όσον αφορά το επίπεδο εκπαίδευσης των ατόμων που συμμετείχαν στην έρευνα, το μεγαλύτερο ποσοστό (46%) είναι απόφοιτοι Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, το (26%) Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και το (19%) είναι κάτοχοι Μεταπτυχιακού τίτλου. Τέλος, οι περισσότεροι συμμετέχοντες είναι κάτοικοι Καρδίτσας και εργάζονται σε αυτή, με ποσοστό (72%) και (73%) αντίστοιχα.

Στο ερώτημα για το ποιο πρόβλημα θεωρούν το μεγαλύτερο της πόλης της Καρδίτσας, οι περισσότεροι συμμετέχοντες (35%) ανέφεραν την οικονομική αβεβαιότητα και ακολούθως, την έλλειψη θέσεων στάθμευσης (29%), το χαμηλό επίπεδο εκπαίδευσης (27%), την λήψη αποφάσεων χωρίς τη συμμετοχή των πολιτών (20%), την κυκλοφοριακή συμφόρηση (19%), την ασφάλεια (18%) και τη περιβαλλοντική ρύπανση (9%). Ακόμη, τα δεδομένα της έρευνας δείχνουν πως στην μεγαλύτερη πλειοψηφία (46%) οι συμμετέχοντες μετακινούνται στην πόλη με αυτοκίνητο ή μηχανάκι, ενώ το (28%) μετακινείται με ποδήλατο και το (20%) με τα πόδια. Τα μέσα μαζικής μεταφοράς χρησιμοποιούνται από ένα πολύ μικρό ποσοστό (6%).

Στο σημείο αυτό, παρατηρείται μια αντίφαση μεταξύ των ευρημάτων της ποσοτικής έρευνας και των αποτελεσμάτων της ποιοτικής. Δεδομένου ότι η πόλη αναδείχθηκε σε κορυφαία πόλη της Ευρώπης στον τομέα της κινητικότητας το 2019 και ανακηρύχθηκε σε «πόλη ποδηλάτου», θα περίμενε κανείς το ποσοστό των πολιτών που χρησιμοποιούν το ποδήλατο για τις μετακινήσεις τους στην πόλη να είναι μεγαλύτερο από (28%) και αντίστοιχα, μικρότερο εκείνο των ατόμων που χρησιμοποιούν αυτοκίνητο ή μηχανάκι.

Σχετικά με τη γνώση του τι σημαίνει Έξυπνη Πόλη, πως το (54%) δήλωσε ότι γνωρίζει και το (46%) όχι. Όσον αφορά τους τομείς της έξυπνης πόλης που οι συμμετέχοντες θεωρούν ότι πρέπει να εστιάσει η πόλη για να επιτύχει την ανάπτυξή της, επισημάνθηκε από τους περισσότερους (34%), ο τομέας της έξυπνης διαβίωσης και ακολούθως, ο τομέας της έξυπνης κινητικότητας (29%), των έξυπνων ανθρώπων (26%), του έξυπνου περιβάλλοντος (25%), της έξυπνης

διακυβέρνηση (23%) και της έξυπνης οικονομίας (21%). Ο τομέας της κινητικότητας επισημάνθηκε και στην ποιοτική έρευνα, από τον Δήμαρχο και Αντιπεριφερειάρχη Καρδίτσας.

Ως προς το ποιες δράσεις που θεωρούνται αναγκαίες από τους συμμετέχοντες, η απάντηση που συγκέντρωσε το μεγαλύτερο ποσοστό (33%) είναι το e-ΚΕΠ, για τη διευκόλυνση των πολιτών. Ακολούθως, το (24%) απάντησε τα συστήματα στάθμευσης για διαθεσιμότητα θέσεων και εξοικονόμηση χρόνου επί πληρωμή και το (21%) τα έξυπνα φανάρια για μείωση της κίνησης. Το (20%) θεωρεί αναγκαία την κατασκευή «πράσινων» κτηρίων και τη μέτρηση της ποιότητας του αέρα και των επιπέδων ρύπανσης μέσω αισθητήρων και παροχή πληροφοριών σε πολίτες, αντίστοιχα. Ακόμη, για το (18%) των συμμετεχόντων θεωρούνται αναγκαία τα προγράμματα εκπαίδευσης ανηλίκων για τεχνολογική εξοικείωση, ασφάλεια και κυκλοφοριακή αγωγή, για το (14%) οι έξυπνοι φωτισμοί για μείωση ενέργειας και ασφάλεια, ενώ για το (9%), τα συστήματα αναδιανομής βρόχινου νερού για άρδευση πόλης.

Τα αποτελέσματα αυτά συνάδουν με εκείνα της ποιοτικής έρευνας. Συγκεκριμένα, οι ερωτώμενοι δήλωσαν πως ήδη έχουν προβλεφθεί νέες ενέργειες στο πλαίσιο της Έξυπνης Πόλης, όπως ο Εκσυγχρονισμός των ΚΕΠ του Δήμου Καρδίτσας και η Προμήθεια συστημάτων και ειδικού εξοπλισμού για την ενίσχυση της πολιτικής προστασίας και της επιχειρησιακής ικανότητας του Δήμου.

Τέλος, η έρευνα έδειξε πως η πλειοψηφία των συμμετεχόντων (83%) θεωρεί ότι οι δράσεις αυτές μπορούν να βελτιώσουν την πόλη και να αλλάξουν θετικά και τη δική τους ζωή. Σε συνάρτηση με το αποτέλεσμα αυτό, το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων (54%) φαίνεται πως είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν ένα μικρό αντίτιμο, προκειμένου να μπορέσει να γίνει η Καρδίτσα μια έξυπνη πόλη. Η άποψη αυτή της πλειοψηφίας των συμμετεχόντων, που θεωρεί ότι οι κατάλληλες δράσεις μπορούν να βελτιώσουν την πόλη και να αλλάξουν θετικά και τη δική τους ζωή, έρχεται σε συμφωνία με την άποψη των Δημάρχου και Αντιπεριφερειάρχη Καρδίτσας, όπως διαπιστώνεται από τη συγκριτική μελέτη των ευρημάτων της ποσοτικής και ποιοτικής έρευνας, οι οποίοι θεωρούν πως με την υλοποίηση των κατάλληλων δράσεων, η Καρδίτσα μπορεί να βελτιωθεί και να αναπτυχθεί ως Έξυπνη Πόλη.

Σε γενικές γραμμές, τα αποτελέσματα της ποσοτικής έρευνας που διενεργήθηκε, συνάδουν με τα ευρήματα της ποιοτικής έρευνας. Ωστόσο, ένα ζήτημα που αναδείχθηκε από την ποιοτική έρευνα είναι τα νέα τεχνολογικά συστήματα που έχουν ήδη εγκατασταθεί στα συστήματα ύδρευσης και άρδευσης της πόλης, προκειμένου να δοθεί μια πιο βιώσιμη λύση. Ειδικότερα, αναφέρθηκε πως για την άρδευση εφαρμόζονται συστήματα τηλεχειρισμού και τηλε-ελέγχου των συστημάτων άρδευσης και στον τομέα της ύδρευσης, η αρμόδια υπηρεσία ΔΕΥΑΚ Καρδίτσας, επενδύει σε ένα μεγάλο πρόγραμμα τηλε-ελέγχου και τηλεμέτρησης των καταναλώσεων από το υδρόμετρο των καταναλωτών. Επιπρόσθετα, ένα ακόμα δεδομένο που προέκυψε από την ποιοτική έρευνα, είναι οι συγκεκριμένες δράσεις που έχουν υλοποιηθεί ή που αναμένεται να υλοποιηθούν. Πρόκειται για το Αυτοματοποιημένο σύστημα Κοινοχρήστων ποδηλάτων του Δήμου Καρδίτσας και για την Προμήθεια και Εγκατάσταση Συστημάτων Έξυπνης Πόλης και Έξυπνης Βιώσιμης Κινητικότητας.

Διαπιστώνεται πως ο συνδυασμός ποσοτικής και ποιοτικής έρευνας, συνέβαλε στο να εξετασθεί καλύτερα και πιο σφαιρικά το υπό διερεύνηση θέμα, καθώς προβλήθηκαν οι απόψεις των πολιτών και των υπεύθυνων χάραξης πολιτικής και επιπλέον, αναδύθηκαν διάφορες πτυχές

του. Το γενικό συμπέρασμα που συνάγεται είναι πως η Καρδίτσα έχει ήδη υλοποιήσει σημαντικές δράσεις στο πλαίσιο της Έξυπνης Πόλης και έχει τα εχέγγυα να αναπτυχθεί περαιτέρω στον τομέα αυτό. Ειδικότερα, έχει ήδη διακριθεί στον τομέα της βιώσιμης κινητικότητας, έχει ληφθεί μέριμνα και έχουν γίνει ενέργειες για την εφαρμογή ενός πιο βιώσιμου συστήματος ύδρευσης και άρδευσης, ενώ αναμένεται η υλοποίηση του προγράμματος Εκσυγχρονισμού των ΚΕΠ και της Προμήθειας συστημάτων και ειδικού εξοπλισμού για την ενίσχυση της πολιτικής προστασίας και της επιχειρησιακής ικανότητας του Δήμου.

Σε σχέση με τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη, αναδύονται ορισμένα θέματα που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης και μελέτης. Αρχικά, ένα ζήτημα που χρειάζεται να εξετασθεί ενδελεχώς αφορά τους τομείς εφαρμογής των έξυπνων εφαρμογών και συστημάτων. Με το αυξανόμενο κύμα ανάπτυξης έξυπνων εφαρμογών, χρειάζεται να καθοδηγηθεί με προσοχή ο γενικός έξυπνος σχεδιασμός της πόλης. Ειδικά για συγκεκριμένα συστήματα ή εφαρμογές, είναι απαραίτητο οι σχεδιαστές να ενημερωθούν με σαφήνεια για τις περιοχές που βρίσκονται τα έργα τους και ποιες πτυχές πρέπει να ληφθούν υπόψη και να καλυφθούν. Διαφορετικές εφαρμογές και έργα μπορούν να βρίσκονται σε έναν άλλον τομέα ή υποτομέα ή ορισμένα έργα μπορεί να περιλαμβάνουν δύο ή περισσότερους τομείς, όπως έργα έξυπνων δικτύων (Buccella, Cecati & Abu-Rub, 2014), στα οποία η κρατική παρακολούθηση, η κατανάλωση πολιτών, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οι επιχειρηματικές λειτουργίες περιλαμβάνονται όλα στη διαδικασία λειτουργίας. Χρειάζεται λοιπόν, να υπάρχει μια ταξινόμηση για να αποφευχθεί η τοποθέτηση μιας εφαρμογής ή έργου σε μια υποκατηγορία που μπορεί να προκαλέσει την απομόνωση ενός ολοκληρωμένου συστήματος ή εφαρμογής. Η ταξινόμηση θα βοηθήσει τους επενδυτές και τους σχεδιαστές έξυπνων πόλεων να κατανοήσουν καλύτερα την κάλυψη του τομέα του έργου τους και τα πιθανά οφέλη.

Ακόμη ένα ζήτημα που προκύπτει για περαιτέρω μελέτη, είναι η αρχιτεκτονική της Έξυπνης Πόλης. Η αρχιτεκτονική της έξυπνης πόλης παρέχει οδηγίες σχετικά με τον τρόπο χρήσης των τεχνολογιών για τη σύλληψη και την υλοποίηση ενός έργου έξυπνης πόλης. Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν προταθεί πολλές διαφορετικές αρχιτεκτονικές έξυπνων πόλεων. Η παλαιότερη αρχιτεκτονική έξυπνης πόλης προτάθηκε από την IBM (Harrison, Eckman, Hamilton, Hartswick, Kalagnanam, Paraszczak, & Williams, 2010). Σε αυτήν την αρχιτεκτονική, η IBM εισήγαγε τις τεχνολογικές λειτουργίες μιας έξυπνης πόλης και τόνισε ότι μια έξυπνη πόλη βασίζεται σε υποδομή ΤΠΕ και υπηρεσίες πληροφοριών, αλλά δεν έγινε καμία αναφορά στη σημασία των δεδομένων πόλης. Οι (Chourabi et al., 2012), πρότειναν ένα αρχικό πλαίσιο που εξηγεί την ενοποίηση της τεχνολογίας, της οργάνωσης και της πολιτικής σε μια έξυπνη πόλη. Η κτισμένη υποδομή, το φυσικό περιβάλλον, η διακυβέρνηση, οι ανθρώπινες κοινότητες και η οικονομία μοιράζονται μια αμφίδρομη αλληλεπίδραση με την έξυπνη πόλη, αλλά δεν συζητήθηκαν λεπτομερέστερες τεχνολογίες και δομή (Bronstein, 2009).

Τα αστικά δεδομένα από διαφορετικούς τομείς συλλέγονται ως βασικό σημείο εκκίνησης για έξυπνες πόλεις. Μέσω της ενοποίησης, της ανάλυσης και της ζωντάνιας αυτών των δεδομένων, οι ερευνητές μπορούν να μελετήσουν και να σχεδιάσουν πιο αποτελεσματικές και πιο έξυπνες εφαρμογές ή συστήματα πόλης από μια συνολική οπτική γωνία της πόλης. Η έρευνα για την ευφύια της πόλης είναι πολύ ευρεία λόγω των διεπιστημονικών χαρακτηριστικών της. Θέματα ΤΠΕ, κοινωνικά ζητήματα, περιβαλλοντικά ζητήματα, οικονομικά ζητήματα, διοικητικά θέματα κλπ., περιλαμβάνονται όλα στην έρευνα για τις έξυπνες πόλεις. Ορισμένα αντιπροσωπευτικά

ερευνητικά ζητήματα, αναφέρονται στη συνέχεια, που αφορούν σε τρεις κυρίως τομείς: κίνηση στην πόλη, συμπεριφορά των πολιτών και πολεοδομικός σχεδιασμός.

Η αστική κυκλοφορία είναι ένα σημαντικό ζήτημα στις έξυπνες πόλεις. Τα συστήματα κυκλοφορίας είναι συχνά τα πιο σημαντικά από τα υπάρχοντα συστήματα μιας πόλης. Οι έξυπνες κάρτες δημόσιων συγκοινωνιών, τα GPS οχημάτων, οι κάμερες κυκλοφορίας και άλλοι αισθητήρες μπορούν να καταγράψουν μεγάλο μέρος της κυκλοφοριακής συμπεριφοράς και να παρέχουν σημαντικό όγκο δεδομένων. Λόγω του πλεονεκτήματος των μαζικών δεδομένων κίνησης, οι τεχνολογίες έξυπνων πόλεων συχνά εφαρμόζονται για πρώτη φορά στον τομέα της κυκλοφορίας. Τα αστικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται από τις έξυπνες τεχνολογίες κυκλοφορίας περιλαμβάνουν: δεδομένα GIS, δεδομένα GPS, δεδομένα POI (Point of Interest), δεδομένα ροής επιβατών κλπ. (Calabrese, Colonna, Lovisolo, Parata & Ratti, 2010 ; Liu, Andris, & Ratti, 2010).

Οι ερευνητές χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους και αλγόριθμους επεξεργασίας δεδομένων για να κατανοήσουν και να αναλύσουν τα δεδομένα που συλλέγονται και να αντιληφθούν τις συνθήκες κυκλοφορίας στην πόλη, ώστε να παρέχουν πλοήγηση, έλεγχο κυκλοφορίας, σύσταση δρομολογίων και άλλες έξυπνες εφαρμογές. Ορισμένες έρευνες στοχεύουν στην αντίληψη και την ανάλυση των συνθηκών κυκλοφορίας της πόλης. Μια γενική προσέγγιση είναι η αντίληψη των γενικών συνθηκών κυκλοφορίας, η ανάλυση των στατιστικών συμπεριφοράς της κυκλοφορίας και η κατασκευή μοντέλων ανάλυσης. Έχουν εφαρμοστεί αναφορές κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο που βασίζονται σε δεδομένα παρακολούθησης (Gühnemann, Schäfer, Thiessenhusen & Wagner, 2004). Επιπλέον, ο εντοπισμός και η παρακολούθηση συγκεκριμένων οδικών τμημάτων και η αξιολόγηση του μέσου χρόνου μετακίνησης, έχουν ήδη βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα του ελέγχου της κυκλοφορίας. Μέσω της ανάλυσης και της εξόρυξης δεδομένων GPS οχημάτων, είναι δυνατό να κατανοηθούν τα κυκλοφορικά μοτίβα σε μια πόλη και, επομένως, να αξιολογηθούν και να προβλεφθούν οι κυκλοφοριακές συνθήκες (Zheng, Chen, Li, Xie & Ma, 2010).

Άλλες έρευνες έχουν επικεντρωθεί σε συγκεκριμένες εφαρμογές και υπηρεσίες κυκλοφορίας. Μια αντιπροσωπευτική εφαρμογή είναι μια υπηρεσία πλοήγησης που βασίζεται σε GPS. Ένας λεπτομερής ψηφιακός χάρτης και τα αποτελέσματα ανάλυσης της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο μπορούν να παρέχουν στους χρήστες υπηρεσίες πλοήγησης υψηλής ποιότητας (Gonzalez, Han, Li, Myslinska & Sondag, 2007). Τα ίχνη δεδομένων GPS της ανθρώπινης κίνησης μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη διαδρομή πλοήγησης για τον οδηγό. Μια άλλη τυπική εφαρμογή είναι η κατανόηση των μοτίβων συμπεριφοράς των ταξί και των επιβατών και η αλληλεπίδρασή τους. Η ανάλυση και η εξόρυξη δεδομένων κίνησης στην πόλη μπορεί επίσης να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη βελτιστοποίηση των συστημάτων δημόσιας κυκλοφορίας (Ceapa, Smith & Capra., 2012). Οι (Yousaf et al., 2014) πρότειναν ένα μοντέλο σχεδιασμού για συστήματα κοινής χρήσης διαδρομής που θα μπορούσε να μειώσει αποτελεσματικά τον κυκλοφοριακό φόρτο. Οι (Leng et al., 2013), πρότειναν μια μέθοδο για την πρόβλεψη των ροών επιβατών στο μετρό χρησιμοποιώντας ιστορικές πληροφορίες προορισμού επιβατών.

Αναφορικά με τη συμπεριφορά των πολιτών, για μελέτη της στατιστικής μηχανικής της ανθρώπινης συμπεριφοράς στοχεύει να αποκαλύψει τους εσωτερικούς νόμους της ανθρώπινης συμπεριφοράς στοχεύει να αποκαλύψει τους εσωτερικούς νόμους της ανθρώπινης συμπεριφοράς

χρησιμοποιώντας στατιστικές μεθόδους. Σε ένα αστικό περιβάλλον, η στατιστική μηχανική της αστικής ανθρώπινης συμπεριφοράς στοχεύει να συνδυάσει την επιστήμη της πληροφορίας και τις τεχνικές για την κατανόηση της συμπεριφοράς των πολιτών μέσω τεράστιων αστικών δεδομένων και την επίλυση αστικών προβλημάτων. Ο (Barabasi, 2005), πρότεινε ένα μοντέλο ουράς προτεραιότητας που δείχνει ότι η χρονική κατανομή της ανθρώπινης κινητικότητας προσεγγίζει ένα νόμο ισχύος. Εξετάζοντας τα πρότυπα ταξιδιών μεγάλων αποστάσεων των πολιτών, οι (Brochmann et al., 2006) διαπίστωσαν ότι η ανθρώπινη χωρική κατανομή είναι πολύ διαφορετική από τη διαδικασία τυχαίας βάδισης, καθώς και από τη διαδικασία πτήσης Levy.

Δεδομένου ότι αυτά τα αποτελέσματα προσέλκυσαν μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον, η έρευνα για την ανθρώπινη συμπεριφορά στην πόλη γίνεται όλο και πιο δημοφιλής στην έννοια της έξυπνης πόλης. Τα δεδομένα κινητών τηλεφώνων ήταν τα πρώτα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση χρονικών και χωρικών δραστηριοτήτων του κοινού. Το 2009, μια χρονική ανάλυση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, χρησιμοποιώντας αρχεία εθελοντών με δεδομένα SMS για 36 μήνες, ανακάλυψε ότι η συμπεριφορά τους ακολουθούσε μια κατανομή νόμου ισχύος με εκθέτη ισχύος μεταξύ 1,2 και 1,7 (Wei, Xiao-Pu, Tao & Bing-Hong, 2009). Οι (Song et al., 2010) ανέλυσαν την προβλεψιμότητα των μοτίβων ανθρώπινης χωρικής δραστηριότητας, χρησιμοποιώντας δεδομένα εγγραφής κινητής επικοινωνίας. Διαπίστωσαν ότι η χωρική δραστηριότητα των χρηστών στα δεδομένα του δείγματος είχε πιθανότητα πρόβλεψης (93%), και δεν υπήρχε εμφανής διαφορά μεταξύ των ατόμων. Τα δεδομένα GPS είναι επίσης μια σημαντική ερευνητική πηγή για την ανάλυση της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Τα δεδομένα εντοπισμού GPS 50 ταξί σε τέσσερις πόλεις της Σουηδίας σε διάστημα 6 μηνών αναλύθηκαν από τους (Jiang et al., 2006), για τη διερεύνηση των στατιστικών ταξιδιών των επιβατών ταξί. Διαπιστώθηκε ότι η απόσταση ταξιδιού των επιβατών ακολουθεί μια κατανομή νόμου ισχύος δύο τρόπων. Ωστόσο, οι (Liang et al., 2012) διαφώνησαν με αυτό το αποτέλεσμα και έδειξαν ότι ο χρόνος ταξιδιού και η απόσταση του επιβάτη ακολουθούν αμφότερα μια εκθετική κατανομή, η οποία επιβεβαιώθηκε επίσης από την έρευνα των (Rambaldi et al., 2007) και (Bazzani et al., 2010).

Επίσης, ο σχεδιασμός της πόλης είναι ένα βασικό ζήτημα στην αστικοποίηση. Η ιδέα μιας έξυπνης πόλης με επίκεντρο τα δεδομένα περιλαμβάνει τη χρήση τεχνολογίας ανίχνευσης και υπολογισμού δεδομένων, για την κατανόηση των διαφορετικών αστικών χαρακτηριστικών, έτσι ώστε να καθοδηγείται η αστική κατασκευή και ανάπτυξη. Η έρευνα επικεντρώνεται στον προσδιορισμό της λειτουργίας της αστικής περιοχής με βάση δυναμικά αστικά δεδομένα (Yin, Xiong, Chen, Wang, Cooper & David, 2015). Η αστική περιοχή περιλαμβάνει εμπορικές περιοχές, οικιστικές περιοχές, βιομηχανικές, διοικητικές περιοχές κλπ., ανάλογα με τη λειτουργία της. Υπάρχουν δύο βασικές ερευνητικές προκλήσεις.

Πρώτον, διαφορετικές λειτουργικές αστικές περιοχές συχνά επικαλύπτονται, επομένως είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια η πραγματική λειτουργία μιας συγκεκριμένης αστικής περιοχής με οποιοδήποτε μέσο. Δεύτερον, η λειτουργία της αστικής περιοχής εξαρτάται από σημασιολογικά χαρακτηριστικά σε βάθος και δεν υπάρχουν αστικά δεδομένα που να αντικατοπτρίζουν άμεσα αυτά τα χαρακτηριστικά, επομένως αποτελεί ερευνητική πρόκληση η ανάκτηση των αστικών σημασιολογικών χαρακτηριστικών από τα αστικά δυναμικά δεδομένα.

Παρά τις δυσκολίες, πολλές δοκιμαστικές έρευνες έχουν ξεκινήσει. Κάποιες πρώτες ερευνητικές εργασίες πραγματοποίησαν απλή ταυτοποίηση. Στην ερευνητική εργασία των (Puissant et al., 2005) και (Deng et al., 2009), μπορούν να διακριθούν μόνο οικιστικές και μη κατοικημένες περιοχές. Οι (Herold et al., 2003) ανέπτυξαν τρεις προσδιορισμούς συναρτήσεων περιοχής: οικιστική, βιομηχανική και διοικητική περιοχή. Η έρευνα των (Van de Voorde et al., 2011) προσδιόρισε τέσσερις τομείς: εμπορικούς, βιομηχανικούς, υπηρεσιακούς και οικιακούς.

Γενικά, είναι απαραίτητο να επιτευχθεί μεγαλύτερη ευαισθησία στις τεχνολογίες αναγνώρισης λειτουργιών αστικών περιοχών. Στο έργο των (Peng et al., 2012), η αστική περιοχή χωρίστηκε σε οικιστικές, εργατικές και άλλες περιοχές λειτουργίας. Το μοτίβο μετακίνησης περιοχής ορίστηκε ως ένας γραμμικός συνδυασμός τριών συντελεστών συνάρτησης, σύμφωνα με τη δική του κατάσταση. Οι συντελεστές στον γραμμικό συνδυασμό μπορούν να υποδεικνύουν τα διαφορετικά χαρακτηριστικά κάθε συνάρτησης. Για παράδειγμα, εάν το μοτίβο μετακίνησης μιας περιοχής είναι υψηλότερο στον συντελεστή συνάρτησης εργασίας της από τις άλλες δύο, μπορεί να αναγνωριστεί ως περιοχή εργασίας. Οι (Chen et al., 2004) έδωσαν μια μέθοδο για την εκτίμηση του επιπέδου εμπορικής πυκνότητας ολόκληρης της πόλης και οι αστικές περιοχές μπορούν να το χρησιμοποιήσουν για να εκτιμήσουν την πιθανότητα εμπορικών λειτουργιών. Τα δεδομένα κινητού τηλεφώνου χρησιμοποιούνται επίσης για τον προσδιορισμό της συνάρτησης περιοχής (Soto & Frias-Martinez, 2011), καθώς και για τον προσδιορισμό της λειτουργίας των αστικών δρόμων (Pacifici, Chini & Emery, 2009) και των σημείων ενδιαφέροντος. Στην εργασία των (Bram & McKay, 2005), τα δεδομένα ροής επιβατών του μετρό χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των σταθμών του μετρό της Νέας Υόρκης, η οποία παρέχει χρήσιμη καθοδήγηση για το σχεδιασμό σταθμών του μετρό στην πόλη.

Οι παραπάνω ερευνητικές προκλήσεις αντικατοπτρίζουν την πιθανή ευφυΐα στους τομείς της κυκλοφορίας της πόλης, της συμπεριφοράς των πολιτών και του πολεοδομικού σχεδιασμού μέσω τεχνολογιών επεξεργασίας δεδομένων. Επισημαίνονται ακόμη τομείς για περαιτέρω έρευνα, στον τομέα επεξεργασίας των αστικών δεδομένων. Συγκεκριμένα, χρειάζεται να εξετασθεί η αντίφαση μεταξύ της ακρίβειας και του υπολογιστικού κόστους για τη μοντελοποίηση αστικών κανόνων, όπως και να δημιουργηθούν συσχετίσεις μεταξύ δεδομένων διαφορετικών τομέων, μειώνοντας τη σύζευξη μεταξύ των ληφθέντων δεδομένων και άσχετων χαρακτηριστικών και δημιουργώντας ισχυρούς συσχετισμούς με τον τομέα στόχο.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας έρευνας, την ανάλυση των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων που προέκυψαν, αναμένεται να έχει δοθεί μια σφαιρική εικόνα για την Καρδίτσα ως Έξυπνη Πόλη, επισημαίνοντας συγχρόνως επιπλέον ζητήματα που χρήζουν περαιτέρω έρευνας στο πλαίσιο σχεδιασμού και υλοποίησης μιας έξυπνης πόλης.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- Al-Ali A. R., Zualkernan I., and Aloul F., “*Amobile GPRS-sensors array for air pollution monitoring,*” IEEE Sensors J., vol. 10, no. 10, pp. 1666–1671, Oct. 2010.
- Anthopoulos, L. and Tsoukalas, I. A. (2006). *The implementation model of a Digital City. The case study of the first Digital City in Greece: e-Trikala.* Journal of e-Government (Haworth Press, Inc.), Vol. 2, (2). Doi: 10.1300/J399v02n02_06
- Atzori L., Iera A., and Morabito G., “*The internet of things: A survey,*” Comput. Netw., vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.
- Burger-Helmchensmart, T. (2015). City vs. creative city vs. digital city vs. <https://www.linkedin.com/pulse/smart-city-vs-creative-vs-digital-thierry-burger-helmchen>, [01/04/2021]
- Barabasi, A. L. (2005). The origin of bursts and heavy tails in human dynamics. Nature, 435(7039), 207–211.
- Bazzani, A., Giorgini, B., Rambaldi, S., Gallotti, R., & Giovannini, L. (2010). Statistical laws in urban mobility from microscopic GPS data in the area of Florence. Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, 2010(05), P05001
- Bellavista P., Cardone G., Corradi A., and Foschini L., “*Convergence of MANET and WSN in IoT urban scenarios,*” IEEE Sens. J., vol. 13, no. 10, pp. 3558–3567, Oct. 2013.
- Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J.R., Mellouli, S., Nahon, K., Pardo, T.A. and Scholl, H.J.. *Understanding Smart Cities: An Integrative Framework*, Proceedings of the 45th Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, HI, USA, 04-07 January 2012.
- Bonetto R., Bui N., Lakkundi V., Olivereau A., Serbanati A., and Rossi M., “*Secure communication for smart IoT Objects: Protocol stacks, use cases and practical examples,*” in Proc. IEEE IoT-SoS, San Francisco, CA, USA, 2012, pp. 1–7.
- Bram, J., & McKay, A. (2005). The evolution of commuting patterns in the New York city metro area. Current Issues in Economics and Finance, 11(10).
- Bressan N., Bazzaco L., Bui N., Casari P., Vangelista L., and Zorzi M., “*The deployment of a smart monitoring system using wireless sensor and actuator networks,*” in Proc. IEEE Smart Grid. Comm., Gaithersburg, MD, 2010, pp. 49–54.
- Brockmann, D., Hufnagel, L., & Geisel, T. (2006). The scaling laws of human travel. Nature, 439(7075), 462–465.

- Bronstein, Z. (2009). Industry and the smart city. *Dissent*, 56(3), 27-34
- Buccella, C., Cecati, C., & Abu-Rub, H. (2014). An overview on distributed generation and smart grid concepts and technologies. *Power Electronics for Renewable Energy Systems, Transportation and Industrial Applications*, 50-68.
- Bui N. and Zorzi M., “*Health care applications: A solution based on the Internet of Things*,” in Proc. ISABEL, Barcelona, Spain, Oct. 2011, pp. 1–5.
- Calabrese, F., Colonna, M., Lovisolo, P., Parata, D., & Ratti, C. (2010). Real-time urban monitoring using cell phones: A case study in Rome. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 12(1), 141-151.
- Casari P. et al., “*The Wireless Sensor networks for city-Wide Ambient Intelligence (WISE-WAI) project*,” MDPI J. Sensors, vol. 9, no. 6, pp. 4056–4082, Jun. 2009. [Online]. Available: <http://www.mdpi.com/1424-8220/9/6/4056>. [15/6/2021]
- Castellani A. P., Bui N., Casari P., Rossi M., Shelby Z., and Zorzi M., “*Architecture and protocols for the Internet of Things: A case study*,” in Proc. 8th IEEE Int. Conf. Pervasive Comput. Commun. Workshops (PERCOM Workshops), 2010, pp. 678–683.
- Castellani A. P., Dissegna M., Bui N., and Zorzi M., “*WebIoT: A web application framework for the internet of things*,” in Proc. IEEE Wireless Commun. Netw. Conf. Workshops, Paris, France, 2012.
- Castellani A. P., Gheda M., Bui N., Rossi M., and Zorzi M., “*Web services for the Internet of Things through CoAP and EXI*,” in Proc. IEEE Int. Conf. Commun. (ICC 2011), Kyoto, Japan, 2011.
- Castellani A., Loreto S., Rahman A., Fossati T., and Dijk E., Best practices for HTTP-CoAP mapping implementation, draft-castellani-core-httpmapping- 07 (work in progress), s.l.: IETF 2013. [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/draft-castellani-core-http-mapping-02>.
- Ceapa, I., Smith, C., & Capra, L. (2012). Avoiding the crowds: understanding tube station congestion patterns from trip data. In *Proceedings of the ACM SIGKDD international workshop on urban computing* (pp. 134-141).
- Chen, D., Stow, D. A., & Gong, P. (2004). Examining the effect of spatial resolution and texture window size on classification accuracy: an urban environment case. *International Journal of Remote Sensing*, 25(11), 2177-2192.
- Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., ... & Scholl, H. J. (2012). Understanding smart cities: An integrative framework. In *2012 45th Hawaii international conference on system sciences* (pp. 2289-2297). IEEE.
- CISCO. (2010). Smart+Connected Communities: Changing a City, a Country, the World. https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/scc/09CS2326_SCC_BrochureForWest_r3_112409.pdf
- Cuff D., Hansen M., and Kang J., “*Urban sensing: Out of the woods*,” *Commun. ACM*, vol. 51, no. 3, pp. 24–33, Mar. 2008.
- Desouza, K. (2012). *What a smart city is*. Arizona State University. <http://kevindesouza.net/2012/07/what-is-a-smart-city/>
- Deering S. and Hinden R., Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, RFC2460, s.l.: IETF Dec. 1998. [Online]. Available: <https://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt>.

- Deng, J. S., Wang, K., Hong, Y., & Qi, J. G. (2009). Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and urban planning*, 92(3-4), 187-198.
- Dohler M., Vilajosana I., Vilajosana X., and Llosa J., “*Smart Cities: An action plan*,” in Proc. Barcelona Smart Cities Congress, Barcelona, Spain, Dec. 2011, pp. 1–6. Economist Intelligence Unit. Benchmarking global city competitiveness. <http://www.economistinsights.com/sites/default/files/downloads/Hot Spots.pdf>, [06/02/2021]
- European Commission. (2001). European governance A white paper. https://ec.europa.eu/europeaid/sites/devco/files/communication-white-paper-governance-com2001428-20010725_en.pdf
- European Commission. (2010). Europe 2020 A European strategy for smart, sustainable and inclusive growth. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A52010DC2020>
- European Commission. (2019). Horizon 2020 Work Programme 2018-2020. https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/other/wp/2018-2020/annexes/h2020-wp1820-annex-ga_en.pdf
- Fielding R. T, “*Architectural styles and the design of network-based software architectures*,” (The Representational State Transfer (REST)) Ph.D. dissertation, pp 76-85, Dept. Inf. Comput. Sci. Univ. California, Irvine, 2000. [Online]. Available: <http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N. and Meijers, E. (2007). *Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities*, Centre of Regional Science (SRF). Vienna University of Technology. Vienna. Austria.
- Gonzalez, H., Han, J., Li, X., Myslinska, M., & Sondag, J. P. (2007). Adaptive fastest path computation on a road network: a traffic mining approach. In Proceedings of the 33rd international conference on Very large data bases (pp. 794-805).
- Gühnemann, A., Schäfer, R. P., Thiessenhusen, K. U., & Wagner, P. (2004). Monitoring traffic and emissions by floating car data. Institute of Transport Studies Working Paper.
- Hall, R. (2000). 2nd International Life Extension Technology Workshop. 28 September 2000. Paris, France.
- Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., & Williams, P. (2010). Foundations for smarter cities. *IBM Journal of research and development*, 54(4), 1-16.
- Hernández-Muñoz J. M., Vercher J. B., Muñoz L., Galache J. A., Presser M., Hernández Gómez L. A., and Pettersson J., “*Smart Cities at the forefront of the future Internet*,” *The Future Internet*, Lect. Notes Comput. Sci., vol. 6656, pp. 447–462, 2011. IBM. (2009). A vision of smarter cities. https://www-03.ibm.com/press/attachments/IBV_Smarter_Cities_-_Final.pdf.
- Herold, M., Liu, X., & Clarke, K. C. (2003). Spatial metrics and image texture for mapping urban land use. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(9), 991-1001.
- Hui J. and Thubert P., Compression format for IPv6 datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks, RFC6282, s.l.: IETF Sep. 2011. [Online]. Available: <http://tools.ietf.org/html/rfc6282>.
- IBM. (2016). What is the Internet of Things. <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/what-is-the-iot/>

- IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), IEEE Standard 802.15.4-2011.
- IEEE 802.15 WPAN Task Group 4e (TG4e), IEEE Standard 802.15.4b, 2014.
- IEEE Communications Society, P1901.2-2013—Standard for Low Frequency (less than 500 kHz) Narrow Band Power Line Communications for Smart Grid Applications, IEEE Standard P1901.2-2013.
- ISO/IEC 14443-1:2008, Identification Cards—Contactless Integrated Circuit Cards — Proximity Cards — Part 1: Physical Characteristics. [Online]. Available: http://www.wg8.de/wg8n1716_17n3994_Notification for_Ballot_FDIS_14443-1_2008_FDAM1.pdf.
- ITU. (2012). Overview of the Internet of things. <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11559&lang=en>
- Jiang, B., Yin, J., & Zhao, S. (2009). Characterizing the human mobility pattern in a large street network. *Physical Review E*, 80(2), 021136.
- Kastner W., Neuschwandtner G., Soucek S., and Newmann H. M., “*Communication systems for building automation and control*,” in Proc. IEEE, Jun. 2005, vol. 93, no. 6, pp. 1178–1203.
- Kor, A., Pattinson, C., Yanovsky, M. and Kharchenko, V. (2018). *IoT-Enabled Smart Living*. FTC 2016 - Future Technologies Conference 2016. 06-07 December 2016. San Francisco, USA. Doi: 10.1007/978-3-319-60137-3_1
- Laya A., Bratu V. I., and Markendahl J., “*Who is investing in machine-to-machine communications?*” in Proc. 24th Eur. Reg. ITS Conf., Florence, Italy, Oct. 2013, pp. 20–23.
- Mitchell, W. (2007). *Intelligent cities. e-Journal on the Knowledge Society*, (5). <https://www.uoc.edu/uocpapers/5/dt/eng/mitchell.pdf>
- Lee S., Yoon D., and Ghosh A., “*Intelligent parking lot application using wireless sensor networks*,” in Proc. Int. Symp. Collab. Technol. Syst., Chicago, May 19–23, 2008, pp. 48–57.
- Leng, B., Zeng, J., Xiong, Z., Lv, W., & Wan, Y. (2013). Probability tree based passenger flow prediction and its application to the Beijing subway system. *Frontiers of Computer Science*, 7, 195-203.
- Li X., Shu W., Li M., Huang H.-Y., Luo P.-E., and Wu M.-Y., “*Performance evaluation of vehicle-based mobile sensor networks for traffic monitoring*,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 58, no. 4, pp. 1647–1653, May 2009.
- Liand, X., Zheng, X., Lv, W., Zhu, T., & Xu, K. (2012). The scaling of human mobility by taxis is exponential. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391(5), 2135-2144.
- Liu, L., Andris, C., & Ratti, C. (2010). Uncovering cabdrivers’ behavior patterns from their digital traces. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(6), 541-548.
- Lynch J. P. and Kenneth J. L., “*A summary review of wireless sensors and sensor networks for structural health monitoring*,” *Shock and Vibration Digest*, vol. 38, no. 2, pp. 91–130, 2006.
- Maisonneuve N., Stevens M., Niessen M. E., Hanappe P., and Steels L., “*Citizen noise pollution monitoring*,” in Proc. 10th Annu. Int. Conf. Digital Gov. Res.: Soc. Netw.: Making Connec. Between Citizens, Data Gov., 2009, pp. 96–103.
- NATO Review. (2011). Population growth: the defining challenge of the 21st Century. https://www.nato.int/docu/review/2011/Climate-Action/Population_growth_challenge/EN/index.htm, [10/1/2021]

- Montenegro G., Kushalnagar N., Hui J., and Culler D., Transmission of IPv6 packets over IEEE 802.15.4 networks, RFC4944, s.l.: IETF Sep. 2007. [Online]. Available: <http://tools.ietf.org/html/rfc4944>.
- Mulligan C. E. A. and Olsson M., “*Architectural implications of smart city business models: An evolutionary perspective*,” IEEE Commun. Mag., vol. 51, no. 6, pp. 80–85, Jun. 2013.SAS. IoT. https://www.sas.com/el_gr/insights/big-data/internet-of-things.html, Πρόσβαση [05/06/2021]
- Nuortio T., Kytöjoki J., Niska H., and Bräysy O., “*Improved route planning and scheduling of waste collection and transport*,” Expert Syst. Appl., vol. 30, no. 2, pp. 223–232, Feb. 2006.Schaffers H., Komninos N., Pallot M., Trousse B., Nilsson M., and Oliveira A., “*Smart cities and the future internet: Towards cooperation frameworks for open innovation*,” The Future Internet, Lect. Notes Comput. Sci., vol. 6656, pp. 431–446, 2011.Urban Hub. (2018). Smart City 3.0–Ask Barcelona about the next generation of smart cities. <http://www.urban-hub.com/cities/smart-city-3-0-ask-barcelona-about-the-next-generation-of-smart-cities/>, [02/04/2021]
- Pacifici, F., Chini, M., & Emery, W. J. (2009). A neural network approach using multi-scale textural metrics from very high- resolution panchromatic imagery for urban land-use classification. Remote Sensing of Environment, 113(6), 1276-1292.
- Peng, C., Jin, X., Wong, K. C., Shi, M., & Liò, P. (2012). Collective human mobility pattern from taxi trips in urban area. PloS one, 7(4), e34487.
- Puissant, A., Hirsch, J., & Weber, C. (2005). The utility of texture analysis to improve per-pixel classification for high to very high spatial resolution imagery. International Journal of Remote Sensing, 26(4), 733-745.
- Rambaldi, S., Bazzani, A., Giorgini, B., & Giovannini, L. (2007, October). Mobility in modern cities: looking for physical laws. In Proceedings of the ECCS (Vol. 7, p. 132). ECCS.
- Song, C., Qu, Z., Blumm, N., & Barabási, A. L. (2010). Limits of predictability in human mobility. Science, 327(5968), 1018-1021.
- Soto, V., & Frias-Martinez, E. (2011). Robust land use characterization of urban landscapes using cell phone data. In Proceedings of the 1st Workshop on Pervasive Urban Applications, in conjunction with 9th Int. Conf. Pervasive Computing (Vol. 9).
- Schneider J., Kamiya T., Peintner D., and Kyusakov R., “*Efficient XML Interchange (EXI) Format 1.0*,” Eds., 2nd ed. World Wide Web Consortium, Feb. 11, 2014. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/exi/>.
- Shelby Z., Hartke K., Bormann C., and Frank B., Constrained application protocol (CoAP), draft-ietf-core-coap-18 (work in progress), s.l.: IETF 2013. [Online]. Available: <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-corecoap-18>.
- Urban Hub. (2019). Smart mobility. <http://www.urban-hub.com/smart-mobility/>, [20/05/2021]
- Van de Voorde, T., Jacquet, W., & Canters, F. (2011). Mapping form and function in urban areas: An approach based on urban metrics and continuous impervious surface data. Landscape and Urban Planning, 102(3), 143-155.
- Vilajosana I., Llosa J., Martinez B., Domingo-Prieto M., Angles A., and Vilajosana X., “*Bootstrapping smart cities through a self-sustainable model based on big data flows*,” IEEE Commun. Mag., vol. 51, no. 6, pp. 128–134, Jun. 2013.

- Walravens N. and Ballon P., “*Platform business models for smart cities: From control and value to governance and public value*,” IEEE Commun. Mag., vol. 51, no. 6, pp. 72–79, Jun. 2013.
- Wei, H., Xiao_Pu, H., Tao, Z., & Bing-Hong, W. (2009). Heavy-tailed statistics in short-message communication. Chinese Physics Letters, 26(2), 028902.
- Winter T., Thubert P., Brandt A., Hui J., Kelsey R., Pister K., Struik R., Vasseur J. P., and Alexander R., RPL: IPv6 routing protocol for low-power and lossy networks, RFC6550, s.l.: IETF Mar. 2012. [Online]. Available: <http://tools.ietf.org/html/rfc6550>.
- Yin, C., Xiong, Z., Chen, H., Wang, J., Cooper, D., & David, B. (2015). A literature survey on smart cities. Sci. China Inf. Sci., 58(10), 1-18.
- Yousaf, J., Li, J., Chen, L., Tang, J., & Dai, X. (2014). Generalized multipath planning model for ride-sharing systems. Frontiers of computer science, 8, 100-118.
- Zheng, Y., Chen, Y., Li, Q., Xie, X., & Ma, W. Y. (2010). Understanding transportation modes based on GPS data for web applications. ACM Transactions on the Web (TWEB), 4(1), 1-36.
- Zanella A. , Senior Member, IEEE, Nicola Bui, Angelo Castellani, Lorenzo Vangelista, Senior Member, IEEE, and Michele Zorzi, “*Internet of Things for Smart Cities*” Fellow, IEEE , IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, VOL. 1, NO. 1, FEBRUARY 2014, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/260540297_Internet_of_Things_for_Smart_Cities [15/6/2021]

Ελληνική

- Δεμερτζής, Κ. (2018). *Η Στρατηγική των «Εξυπνων Πόλεων» με Σκοπό την Αειφόρο Ανάπτυξη*. στην 4η Επιστημονική Δημερίδα στην Περιβαλλοντική Πολιτική και Φιλοσοφία, Περιβαλλοντική Πολιτική: Καλές Πρακτικές, Προβλήματα και Προοπτικές. Σχολή Επιστημών Γεωπονίας και Δασολογίας. Νέα Ορεστιάδα. 05-06 Μαΐου 2018. Doi: 10.13140/RG.2.2.15364.01925
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2010). Ευρώπη 2020. <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf>
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2014α). HORIZON 2020. https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020_EL_KI0213413ELN.pdf
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2014β). Πολιτική συνοχής. Μια εισαγωγή στην πολιτική συνοχής της Ε.Ε. 2014-2020. https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/informat/basic/basic_2014_el.pdf
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2015). Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_el, [10/5/2021]
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2017). Η 7η έκθεση για την οικονομική, την κοινωνική και την εδαφική συνοχή. https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/reports/cohesion7/7cr.pdf
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος. (2017). Αστικό περιβάλλον. <https://www.eea.europa.eu/el/themes/urban/intro>, [10/5/2021]

Σκιντζής, Κ., Σιόλας, Α., Μπακογιάννης, Ε., *Η έννοια της ανθεκτικής πόλης: Έμφαση στην κοινωνική ανθεκτικότητα*. στο 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα. 14-15 Οκτωβρίου 2017.

Παράρτημα I ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

A. ΠΡΟΣΩΠΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

1. Φύλο

- ☐ Άντρας
- ☐ Γυναίκα

2. Ηλικία

- ☐ <18
- ☐ 18-25
- ☐ 25-35
- ☐ 35-45
- ☐ 45-55
- ☐ 55-65
- ☐ 65+

3. Επάγγελμα

- ☐ Άνεργος/η
- ☐ Φοιτητής
- ☐ Δημόσιος Τομέας
- ☐ Ιδιωτικός Τομέας

4. Επίπεδο Εκπαίδευσης

- ☐ Πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Δημοτικό)
- ☐ Δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Λύκειο)
- ☐ Τριτοβάθμια (ΑΕΙ)
- ☐ Μεταπτυχιακός Τίτλος

5. Είστε κάτοικος Καρδίτσας;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

6. Εργάζεστε στην πόλη της Καρδίτσας

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

B. ΚΑΡΔΙΤΣΑ ΚΑΙ ΕΞΥΠΝΗ ΠΟΛΗ

7. Ποιο είναι θεωρείτε το μεγαλύτερο πρόβλημα της πόλης; (έως 2 απαντήσεις)

- ☐ Κυκλοφοριακή συμφόρηση
- ☐ Έλλειψη θέσεων στάθμευσης
- ☐ Περιβαλλοντική ρύπανση
- ☐ Οικονομική αβεβαιότητα (απασχόληση, χαμηλά εισοδήματα κλπ.)
- ☐ Ασφάλεια
- ☐ Χαμηλό επίπεδο εκπαίδευσης πολιτών
- ☐ Λήψη αποφάσεων χωρίς τη συμμετοχή των πολιτών

8. Με ποιο μέσο μετακινήστε συνήθως εντός πόλης;

- ☐ Πόδια
- ☐ Ποδήλατο
- ☐ Αυτοκίνητο-μηχανάκι
- ☐ Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

9. Χρησιμοποιείτε έξυπνο τηλέφωνο (smartphone) με άνεση;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

10. Γνωρίζετε τι σημαίνει Έξυπνη Πόλη;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

11. Αν η έξυπνη πόλη είναι αυτή που αναπτύσσεται με τη βοήθεια της τεχνολογίας και έχει στόχο την εξοικονόμηση πόρων και την καλυτέρευση της ζωής των κατοίκων της, πιστεύετε ότι η Καρδίτσα μπορεί να γίνει τέτοια;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

12. Σε ποιο τομέα της έξυπνης πόλης θεωρείτε ότι πρέπει να εστιάσει η Πόλη για να επιτύχει την ανάπτυξή της και τη βελτίωση της ζωής σε αυτή; (έως 2 επιλογές)

- ☐ Έξυπνο περιβάλλον (μείωση ρύπανσης, εξοικονόμηση πόρων κλπ.)
- ☐ Έξυπνη οικονομία (ανταγωνιστικότητα επιχειρήσεων, θέσεις εργασίας κλπ.)
- ☐ Έξυπνοι άνθρωποι (ενεργοί πολίτες, με ανοιχτούς ορίζοντες, τεχνολογικά ενημερωμένοι)
- ☐ Έξυπνη κινητικότητα (εξοικονόμηση χρόνου διαδρομών και χρήματος, ασφαλείς μεταφορές κλπ.)
- ☐ Έξυπνη διακυβέρνηση (διαφάνεια, αποτελεσματικότητα, «ανοιχτά» δεδομένα του Δήμου)
- ☐ Έξυπνη διαβίωση (πολιτισμός, εκπαίδευση, υγεία κ.α.)

13. Ποια δράση από τις παρακάτω θεωρείτε πιο αναγκαία; (2 επιλογές)

- ☐ Συστήματα στάθμευσης για διαθεσιμότητα θέσεων και εξοικονόμηση χρόνου επί πληρωμή
- ☐ Έξυπνα φανάρια για μείωση κίνησης
- ☐ Έξυπνοι φωτισμοί για μείωση ενέργειας και ασφάλεια
- ☐ Κατασκευή «πράσινων» κτηρίων
- ☐ Συστήματα αναδιανομής βρόχινου νερού για άρδευση πόλης
- ☐ e-ΚΕΠ για διανομή εγγράφων ανά πάσα στιγμή χωρίς μεσάζοντες
- ☐ Μέτρηση ποιότητας αέρα και επιπέδων ρύπανσης μέσω αισθητήρων και παροχή πληροφοριών σε πολίτες
- ☐ Προγράμματα εκπαίδευσης ανηλίκων για τεχνολογική εξοικείωση, ασφάλεια και κυκλοφοριακή αγωγή

14. Πιστεύετε ότι κάποιες από τις παραπάνω δράσεις είναι ικανές να αλλάξουν θετικά και τη δική σας ζωή στην πόλη;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

15. Θα ήσασταν διατεθειμένος/η να πληρώσετε ένα μικρό αντίτιμο είτε με μορφή δημοτικών τελών είτε σαν έκτακτη εισφορά, για την επίτευξη των παραπάνω δράσεων;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

Παράρτημα II ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΗΜΙΔΟΜΙΜΕΝΗΣ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗΣ

1. Ποια είναι η θέση εργασίας σας στο Δήμο/Περιφέρεια;

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): Είμαι Θεματικός Αντιπεριφερειάρχης κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας.

2. Ποια η σχέση σας με την Έξυπνη πόλη;

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): Τα συστήματα που εφαρμόζονται στην “ Έξυπνη πόλη ” λειτουργούν θετικά και συνεισφέρουν στο να γίνεται η ζωή των συμπολιτών μας πιο εύκολη

3. Η πόλη της Καρδίτσας έχει υιοθετήσει κάποια ολοκληρωμένη έξυπνη στρατηγική ανάπτυξης;

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): Από ότι γνωρίζω έχουν υιοθετηθεί επιμέρους συστήματα που εντάσσονται στην λογική των “ Έξυπνων πόλεων ”.

4. Υπάρχουν κάποιες έξυπνες δράσεις που έχουν υλοποιηθεί, σε ποιους τομείς και γιατί;

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): Υπάρχουν δυο έργα:

- α. Το Αυτοματοποιημένο σύστημα Κοινοχρήστων ποδηλάτων του Δήμου Καρδίτσας
- β. Η προμήθεια και εγκατάσταση συστημάτων Έξυπνης Πόλης και Έξυπνης Βιώσιμης Κινητικότητας.

5. Αν ναι, είναι ενταγμένες σε κάποιο πρόγραμμα-σχέδιο της πόλης;

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): Ναι είναι ενταγμένες στο πρόγραμμα κινητικότητας του Δήμου

6. Έχουν προβλεφθεί νέες σχετικές ενέργειες;

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): Ναι έχουν προβλεφθεί δυο έργα:

- α. Εκσυγχρονισμός των ΚΕΠ του Δήμου
- β. Η προμήθεια συστημάτων και ειδικού εξοπλισμού για την ενίσχυση της πολιτικής προστασίας και της επιχειρησιακής ικανότητας του Δήμου

7. Με ποιο τρόπο χρηματοδοτήθηκαν;

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): Το πρώτο έργο έχει ολοκληρωθεί και χρηματοδοτήθηκε από την ΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΖΩΟΓΟΝΗΣΗ 2012-2015, ενώ το δεύτερο έργο το οποίο είναι στη φάση του διαγωνισμού θα χρηματοδοτηθεί από το Ε.Π «Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα και καινοτομία 2014 - 2020»

8. Η πόλη έχει διακριθεί για κάποια από αυτές;

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): ο Δήμος έχει διακριθεί μέσω του αυτοματοποιημένου συστήματος κοινοχρήστων ποδηλάτων και έχει κερδίσει το πρώτο πανευρωπαϊκό βραβείο το 2019

9. Τι ξεχωρίζει την Καρδίτσα από τις άλλες Ελληνικές πόλεις οι οποίες μπορεί να έχουν προχωρήσει σε έξυπνες εφαρμογές που μπορεί να είναι και πιο ευρέως γνωστές;

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): Εκτιμώ ότι είναι το αυτοματοποιημένο σύστημα κοινόχρηστων ποδηλάτων

10. Σε ποιόν τομέα της Έξυπνης πόλης πιστεύετε ότι θα ήταν δόκιμο να εστιάσει κανείς (κινητικότητα, περιβάλλον, άνθρωποι, διαβίωση, διακυβέρνηση, οικονομία);

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): Η Καρδίτσα ως πόλη του ποδηλάτου εστιάζει κυρίως στην κινητικότητα

11. Η Καρδίτσα όμως προς το παρόν έχει εστιάσει στην κινητικότητα;

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): Ναι γι' αυτό το έτος 2019 αναδειχθήκαμε πανευρωπαϊκά πρώτοι μεταξύ 3.130 ευρωπαϊκών πόλεων σε ζητήματα κινητικότητας

12. Όσον αναφορά το θέμα της ύδρευσης και άρδευσης της πόλης, υπάρχει η δυνατότητα για εγκατάσταση νέων τεχνολογικών συστημάτων για να δοθεί μια πιο βιώσιμη λύση σε αυτό;

Απάντηση (Αντιπεριφερειάρχης): Για την άρδευση εφαρμόζονται συστήματα τηλεχειρισμού και τηλεελέγχου των συστημάτων άρδευσης. Για το θέμα της ύδρευσης, η αρμόδια υπηρεσία ΔΕΥΑΚ Καρδίτσας, επενδύει σε ένα μεγάλο πρόγραμμα τηλεελέγχου και τηλεμέτρησης των καταναλώσεων από το υδρόμετρο των καταναλωτών

Το ερωτηματολόγιο απάντησε ο κύριος Αναγνωστόπουλος Δημήτριος Θεματικός Αντιπεριφερειάρχης Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΗΜΙΑΔΟΜΙΜΕΝΗΣ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗΣ

1. Ποια είναι η θέση εργασίας σας στο Δήμο/Περιφέρεια;

Απάντηση (Δημάρχου): Δήμαρχος Καρδίτσας.

2. Ποια η σχέση σας με την Έξυπνη πόλη;

Απάντηση (Δημάρχου): Εκτιμώ ότι τα συστήματα που εφαρμόζονται στο πλαίσιο αυτού που ονομάζουμε έξυπνη πόλη λειτουργούν θετικά και συνεισφέρουν στο να γίνεται η ζωή των συμπολιτών μου πιο εύκολη.

3. Η πόλη της Καρδίτσας έχει υιοθετήσει κάποια ολοκληρωμένη έξυπνη στρατηγική ανάπτυξης;

Απάντηση (Δημάρχου): Όχι, μόνο επιμέρους συστήματα που εντάσσονται στη λογική των έξυπνων πόλεων έχουμε υιοθετήσει.

4. Υπάρχουν κάποιες έξυπνες δράσεις που έχουν υλοποιηθεί, σε ποιους τομείς και γιατί;

2.4 Έργα σε υλοποίηση - Αναμονή χρηματοδότησης

Με στόχο πάντα την όσο το δυνατόν καλύτερη εξυπηρέτηση πολιτών και επιχειρήσεων, ο Δήμος ΔΔΔ βρίσκεται σε διαδικασία υλοποίησης των κάτωθι έργων (Πίνακας 4):

Πίνακας 4: Υλοποιούμενα έργα ΤΠΕ

Τίτλος έργου	Προϋπολογισμός	Χρηματοδότηση	Φάση Υλοποίησης
ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	225.987,90 €	ΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΖΩΟΓΟΝΗΣΗ 2012-2015 (για το έτος 2012) ΤΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΤΑΜΕΙΟΥ	ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ
Προμήθεια και Εγκατάσταση Συστημάτων Έξυπνης Πόλης και Έξυπνης Βιώσιμης Κινητικότητας (Υποέργο 6 Open Mall)	349.866,06 €	Ε.Π. «Ανταγωνιστικότητα Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία 2014-2020»	ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ

Εικόνα 1: Υλοποιούμενα έργα

5. Αν, ναι, είναι ενταγμένες σε κάποιο πρόγραμμα-σχέδιο της πόλης;

Απάντηση (Δημάρχου): Είναι ενταγμένες στο πρόγραμμα κινητικότητας του Δήμου.

6. Έχουν προβλεφθεί νέες σχετικές ενέργειες;

Παράλληλα, ο Δήμος ΔΔΔ βρίσκεται εν αναμονή χρηματοδότησης των κάτωθι έργων (Πίνακας 5):

Πίνακας 5: Έργα ΤΠΕ για τα οποία αναμένεται χρηματοδότηση

Τίτλος έργου	Προϋπολογισμός	Αιτούμενη Χρηματοδότηση
Εκσυγχρονισμός των ΚΕΠ Δήμου (χρηματ. Ελλάδα 2.0)	144.596,40 €	144.596,40 €

Εικόνα 2: Έργα εν αναμονή χρηματοδότησης

Σύμφωνα και με σχετική βεβαίωση που υποβάλλεται στον φάκελο με τα δικαιολογητικά για τη χρηματοδότηση μέσω της παρούσας πρόσκλησης, ο Δήμος αποσύρει την πρότασή του για χρηματοδότηση για το έργο μέσω του προγράμματος Αντώνης Τρίτσης. Στην εν λόγω πρόταση έχουν υποβληθεί για χρηματοδότηση οι κάτωθι δράσεις (Πίνακας 6):

Πίνακας 6: Έργα που αποσύρονται από την αίτηση χρηματοδότησης από άλλα χρηματοδοτικά εργαλεία

Τίτλος έργου	Προϋπολογισμός	Αιτούμενη Χρηματοδότηση
Προμήθεια συστημάτων και ειδικού εξοπλισμού για την ενίσχυση της πολιτικής προστασίας και της διοικητικής - επιχειρησιακής ικανότητας του Δήμου, καθώς και	505.238,00 €	505.238,00 €
καταπολέμηση της εξάπλωσης της πανδημίας στο Δήμο Καρδίτσας. (ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ ΑΤ08)		
Νέες Ψηφιακές Υπηρεσίες και ανάπτυξη ευφυών εφαρμογών και συστημάτων έξυπνων πόλεων στο Δήμο Καρδίτσας. (ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ ΑΤ08)	855.600,00 €	855.600,00 €

Εικόνα 3: Έργα που θα τεθούν εκ νέου για χρηματοδότηση

Τα δύο έργα: α) Προμήθεια συστημάτων και ειδικού εξοπλισμού για την ενίσχυση της πολιτικής προστασίας και της διοικητικής – επιχειρησιακής ικανότητας του Δήμου, καθώς και καταπολέμηση της εξάπλωσης της πανδημίας στο Δήμο Καρδίτσας. β) Νέες Ψηφιακές Υπηρεσίες και ανάπτυξη ευφυών εφαρμογών και συστημάτων έξυπνων πόλεων στο Δήμο Καρδίτσας. Θα αποσυρθούν από την αίτηση χρηματοδότησης, αλλά θα ξανατεθούν εκ νέου.

7. Με ποιο τρόπο χρηματοδοτήθηκαν;

Απάντηση (Δημάρχου): Το ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα ΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΖΩΟΓΟΝΗΣΗ 2012-2015 (για το έτος 2012) ΤΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΤΑΜΕΙΟΥ.

Η Προμήθεια και Εγκατάσταση Συστημάτων Έξυπνης Πόλης και Έξυπνης Βιώσιμης Κινητικότητας (Υποέργο 6 Open Mall) χρηματοδοτήθηκε από το Ε.Π «Ανταγωνιστικότητα Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία 2014-2020»

Ο Εκσυγχρονισμός των ΚΕΠ Δήμου θα χρηματοδοτηθεί από το πρόγραμμα Ελλάδα 2.0

8. Η πόλη έχει διακριθεί για κάποια από αυτές;

Απάντηση (Δημάρχου): Το έργο ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ συνέβαλε στην βράβευση της πόλης μας το 2019 με την κατάκτηση του πρώτου βραβείου κορυφαία πόλη της Ευρώπης (στην κατηγορία «smaller municipalities») στο πλαίσιο του θεσμού Ευρωπαϊκής Εβδομάδας κινητικότητας.

9. Τι ξεχωρίζει την Καρδίτσα από τις άλλες Ελληνικές πόλεις οι οποίες μπορεί να έχουν προχωρήσει σε έξυπνες εφαρμογές που μπορεί να είναι και πιο ευρέως γνωστές;

Απάντηση (Δημάρχου): Η Καρδίτσα ως «πόλη του ποδηλάτου» εντυπώσιασε με τη Βιώσιμη Κινητικότητα.

10. Σε ποιόν τομέα της Έξυπνης πόλης πιστεύετε ότι θα ήταν δόκιμο να εστιάσει κανείς; (κινητικότητα, περιβάλλον, άνθρωποι, διακυβέρνηση, οικονομία)

Απάντηση (Δημάρχου): Σε όλα τα παραπάνω, ωστόσο η Καρδίτσα ως πόλη του ποδηλάτου εστιάζει κυρίως στην κινητικότητα.

11. Η Καρδίτσα όμως προς το παρόν έχει εστιάσει στην κινητικότητα;

Απάντηση (Δημάρχου): Ναι, έχει εστιάσει για αυτό εξάλλου το 2019 αναδειχθήκαμε Πανευρωπαϊκά πρώτοι, μεταξύ 3,130 ευρωπαϊκών πόλεων για τις καλές πρακτικές που εφαρμόσαμε σε ζητήματα κινητικότητας.

12. Όσον αφορά το θέμα της ύδρευσης και άρδευσης της πόλης, υπάρχει η δυνατότητα για εγκατάσταση νέων τεχνολογικών συστημάτων για να δοθεί μια πιο βιώσιμη λύση σε αυτό;

Απάντηση (Δημάρχου): Για το ζήτημα άρδευσης καταρχάς στις αγροτικές εκτάσεις εφαρμόζει συστήματα τηλεχειρισμού και τηλεελέγχου των συστημάτων άρδευσης που διαθέτουν. Σε ότι αφορά την ύδρευση αρμόδια είναι η ΔΕΥΑΚ Καρδίτσας, η οποία τώρα επενδύει σε ένα μεγάλο πρόγραμμα τηλεελέγχου και τηλεμέτρησης των καταναλώσεων από το υδρόμετρο των καταναλωτών.

Το ερωτηματολόγιο απάντησε ο νυν δήμαρχος Καρδίτσας κύριος Βασίλης Τσιάκος.

Συμπληρωματικό υλικό μου έστειλαν: Ο κύριος Βάιος Ανυφαντής Προϊστάμενος Διεύθυνσης Προγραμματισμού, Πληροφορικής & Διαφάνειας του Δήμου Καρδίτσας και η κυρία Λαμπρινή Παρθένη Πολιτικός Μηχανικός Αναπλ. Προϊσταμένη Τμ. Προγραμματισμού.