



ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ  
Τμήμα Στρατιωτικών Επιστημών

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2019-20  
**ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

(ΠΔ 97 /2015/ΦΕΚ 163Α'/20.08.2014)



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

### Μελέτη και εφαρμογή ευφώνων αυτόνομων συστημάτων σε αστικό περιβάλλον



Πιτσαδιώτης Κωνσταντίνος

A.M.: 2017018014

ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2020



Η Μεταπτυχιακή Διατριβή του Πιτσαδιώτη Κωνσταντίνου εγκρίνεται:

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

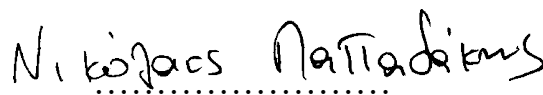
**Καραδήμας Νικόλαος** (Επιβλέπων),  
Επίκουρος Καθηγητής  
Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων

.....  


**Ματσατσίνης Νικόλαος**,  
Καθηγητής  
Πολυτεχνείο Κρήτης

.....

**Παπαδάκης Νικόλαος**,  
Επίκουρος Καθηγητής  
Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων

.....  


Πίτσαδιώτης Κωνσταντίνος

© Copyright υπό .....

Νοέμβριος, 2020

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



*Οι αρχές και οι τεχνικές που αναφέρονται στην παρούσα εργασία εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν επίσημες θέσεις της Στρατιωτικής Σχολής Ευελπίδων ή του Πολυτεχνείου Κρήτης. Είναι, οι βέλτιστες διαθέσιμες κατά το χρόνο της συγγραφής αυτής της έρευνας.*

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Διδρυματικού Διατμηματικού Μεταπτυχιακού προγράμματος «Διαχείριση και Επεξεργασία Συστημάτων» της Σχολής Ευελπίδων και της Σχολής Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης κατά τα έτη 2019-2020.

Την εποπτεία της εργασίας αυτής είχε ο Επίκουρος Καθηγητής Πληροφορικής της Σχολής Ευελπίδων Δρ. Καραδήμας Νικόλαος, τον οποίο και θέλω να ευχαριστήσω θερμά τόσο για την επιστημονική βοήθεια που μου παρείχε όσο και για την ευγενική υποστήριξή του και τις υποδείξεις κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.



## ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΤΠΕ	Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνίας
BSI	British Standard Institution
CO <sub>2</sub>	Διοξείδιο του άνθρακα
EIP-SCC	European Innovation Partnership for Smart Cities & Communities
FFD	Full Function Device
FPC	First Pan Coordinator
Fujisawa SST	Fujisawa Sustainable Smart Town
GHz	Gigahertz
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
HCI	Host Controller Interface
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICT	Information and Communication Technology
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IoT	Internet Of Things
IT	Information Technology
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
LIDAR	Light Detection And Ranging
Mbps	Megabits per second

MHz	Megahertz
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
PAN	Personal Area Network
RFD	Reduced Function Device
RFID	Radio Frequency Identification
RTD	Resistance Temperature Detectors
SLAM	Simultaneous Localization and Mapping
SMART HEMS	SMART Home Energy Management System
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
U-City	Ubiquitous city
V2I	Vehicle to Infrastructure
V2H	Vehicle to Human
V2V	Vehicle to Vehicle
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network



## Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ .....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	11
ABSTRACT .....	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	15
1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΕΣ .....	17
1.1 Πόλη .....	17
1.2 Έξυπνη πόλη .....	17
1.3 Ορισμοί άλλων ειδών πόλεων .....	18
1.4 Αισθητήρες.....	19
1.5 Τεχνολογία πληροφοριών.....	22
1.6 Cloud Computing .....	22
1.7 Internet of Things .....	23
1.8 Πρωτόκολλα IEEE 802 .....	24
1.9 Radar .....	25
1.10 LIDAR.....	25
1.11 RFID.....	25
1.12 GPS.....	26
1.13 SLAM.....	27
1.14 MOSFET .....	27
2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ .....	29
2.1 Προβλήματα αστικού περιβάλλοντος.....	29
2.2 Δομή έξυπνης πόλης.....	29
2.3 Στόχοι και η αποδοτικότητα της έξυπνης πόλης .....	32
2.4 Εννοιολογικό μοντέλο της έξυπνης πόλης .....	34
2.5 Το μοντέλο της έξυπνης πόλης από την εταιρία Hitachi.....	36
2.6 Πρότυπο έξυπνης πόλης Fujisawa.....	38
2.7 Πρότυπο έξυπνης πόλης Τρίκαλα Θεσσαλίας.....	46
3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	49
3.1 Έξυπνη στάθμευση.....	49
3.2 Έξυπνη διαχείριση κυκλοφορίας.....	50
3.3 Έξυπνος φωτισμός.....	52

3.4	Έξυπνα συστήματα αυτόνομης οδήγησης.....	53
3.5	Έξυπνη διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας .....	55
3.6	Έξυπνη διαχείριση κτηρίων .....	57
3.7	Μέτρηση περιβαλλοντικών παραμέτρων και καιρικών συνθηκών .....	58
3.8	Έξυπνη διαχείριση απορριμμάτων .....	59
3.9	Έξυπνη διαχείριση υδάτων.....	60
3.10	Τεχνολογίες διασύνδεσης εφαρμογών σε μια έξυπνη πόλη .....	62
3.11	Ανάπτυξη εφαρμογής με όλες τις προσφερόμενες υπηρεσίες ενός αστικού περιβάλλοντος .....	63
3.12	Ολοκληρωμένο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών .....	64
3.13	Συλλογή και ανάλυση δεδομένων .....	65
3.14	Έξυπνη και διασυνδεδεμένη ψηφιακή πλατφόρμα .....	68
3.15	Κέντρο διαχείρισης/ελέγχου της έξυπνης πόλης .....	69
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΈΡΕΥΝΑ .....	73
4.1	Συμπεράσματα.....	73
4.2	Μελλοντική Έρευνα .....	74
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77
	Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία .....	77
	Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία .....	77
	ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ .....	79
	ΕΙΚΟΝΕΣ .....	81

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται για την εφαρμογή ευφύων αυτόνομων συστημάτων σε αστικό περιβάλλον. Αρχικά θα περιγραφούν και θα αναλυθούν βασικοί ορισμοί και έννοιες. Στη συνέχεια, θα γίνει ανάλυση των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν τα αστικά περιβάλλοντα και θα δοθούν τα οφέλη της αναβάθμισης των πόλεων σε «έξυπνες πόλεις» (smart cities). Επιπλέον, θα γίνει αναφορά σε πόλεις πρότυπα που έχουν εφαρμόσει κάποια ευφυή αυτόνομα συστήματα όπως είναι η Fujisawa και τα Τρίκαλα Θεσσαλίας. Επίσης, θα αναλυθούν βασικά ευφυή αυτόνομα συστήματα όπως: η έξυπνη στάθμευση, έξυπνος φωτισμός, μέτρηση περιβαλλοντικών παραμέτρων και καιρικών συνθηκών, έξυπνη διαχείριση απορριμμάτων, έξυπνη διαχείριση υδάτων, έξυπνη διαχείριση κτιρίων, ολοκληρωμένο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών, έξυπνη διαχείριση κυκλοφορίας, έξυπνα συστήματα αυτόνομης οδήγησης, ανάπτυξη εφαρμογής με όλες τις υπηρεσίες του αστικού περιβάλλοντος, συλλογή και ανάλυση δεδομένων, έξυπνη διασυνδεδεμένη ψηφιακή πλατφόρμα και κέντρο διαχείρισης της έξυπνης πόλης. Και τέλος, θα επισημανθούν οι παρατηρήσεις που προκύπτουν από την παρούσα διπλωματική όπως και θα αναπτυχθούν προτάσεις για μελλοντική έρευνα.



## ABSTRACT

This dissertation deals with the implementation of intelligent autonomous systems in an urban environment. Basic definitions and concepts will be described and analyzed first. Then, the problems faced by urban environments will be analyzed and the benefits of upgrading cities to "smart cities" will be given. In addition, reference will be made to model cities that have implemented some intelligent autonomous systems such as Fujisawa and Trikala Thessaly. Also, basic intelligent autonomous systems will be analyzed such as: smart parking, intelligent lighting, measurement of environmental parameters and weather conditions, intelligent waste management, intelligent water management, intelligent building management, integrated geographic information system, intelligent traffic management, intelligent systems of autonomous driving, application development with all services of the urban environment, data collection and analysis, smart interconnected digital platform and smart city management center. Finally, the remarks that emerge from the present diplomacy will be highlighted as well as suggestions for future research.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σημερινή εποχή υπάρχει μια ραγδαία ανάπτυξη σε όλα τα επιστημονικά παιδιά και κυρίως σε ευφυή αυτόνομα συστήματα, γι' αυτό άνθρωπος πλέον προσπαθεί να ενσωματώσει και στην καθημερινότητα του διάφορα ευφυή αυτόνομα συστήματα προσπαθώντας να εκσυγχρονίσει το αστικό του περιβάλλον και να το μετατρέψει σε ένα έξυπνο αστικό περιβάλλον διευκολύνοντας και απλοποιώντας όσο γίνεται την καθημερινότητα του.

Αυτή η διπλωματική εργασία, πραγματεύεται με τις τεχνολογίες «έξυπνων πόλεων» (smart city technologies) με σκοπό να αναλυθούν, να περιγραφούν και να επισημανθεί η εφαρμογή ευφυών αυτόνομων συστημάτων σε αστικά περιβάλλοντα, όπου ένα αστικό περιβάλλον μπορεί να αποτελείται από ένα χωριό, μια κομόπολη, μια πόλη, έναν δήμο που να αποτελείται από άλλες μικρές πόλεις ή χωριά, ένας νομός ή ακόμα και μια πρωτεύουσα μιας χώρας.

Οι κύριοι στόχοι της εργασίας είναι να προβληθούν οι τεχνολογίες «έξυπνων πόλεων» μέσω των πρότυπων πόλεων που έχουν εισάγει αρκετά αυτόνομα ευφυή συστήματα και φυσικά να αναλυθούν βασικές εφαρμογές έξυπνων πόλεων που αντιμετωπίζουν πολλά βασικά προβλήματα των πόλεων. Και τέλος, να γίνει ανασκόπηση για την αποδοτικότητα των συστημάτων.

Το όφελος της παρούσας εργασίας είναι να αναδειχθεί η αναβάθμιση μιας πόλης σε «έξυπνη πόλη» αφού η «έξυπνη πόλη» έχει ως σκοπό να οδηγήσει στην ανάπτυξη της περιοχής όπως την οικονομική ανάπτυξη και στην αποδοτικότερη προστασία του περιβάλλοντος και φυσικά στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών της αξιοποιώντας την τεχνολογία.

Η εργασία περιλαμβάνει τέσσερα κεφάλαια, όπου στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται βασικοί ορισμοί και έννοιες που σχετίζονται με τις τεχνολογίες «έξυπνων πόλεων» όπως και για τους αισθητήρες, για την τεχνολογία πληροφοριών, για το Cloud Computing, για το Internet Of Things, για τα πρωτόκολλα IEEE 802, για το Radar, για το LIDAR, για το GPS, για το SLAM και για το MOSFET.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τα προβλήματα μιας πόλης και οι στόχοι μαζί με την αποδοτικότητα που προσφέρει η έξυπνη πόλη και γίνεται ανάλυση της δομής και του εννοιολογικού μοντέλου της έξυπνης πόλης αλλά και του μοντέλου

έξυπνης πόλης που πρότεινε η εταιρία HITACHI. Και στο τέλος του δεύτερου κεφαλαίου γίνεται η ανάδειξη έξυπνων πόλεων που αποτελούν πρότυπα όπως είναι η πόλη Fujisawa και τα Τρίκαλα Θεσσαλίας.

Στη συνέχεια, το τρίτο κεφάλαιο θα αναπτυχθούν οι εφαρμογές αυτόνομων ευφυών συστημάτων όπως είναι η έξυπνη στάθμευση, η έξυπνη διαχείριση κυκλοφορίας, ο έξυπνος φωτισμός, τα έξυπνα συστήματα αυτόνομης οδήγησης, η έξυπνη διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας, η έξυπνη διαχείριση κτηρίων, η μέτρηση περιβαλλοντικών παραμέτρων και καιρικών συνθηκών, η έξυπνη διαχείριση απορριμμάτων, η έξυπνη διαχείριση υδάτων, οι τεχνολογίες διασύνδεσης εφαρμογών σε μια έξυπνη πόλη, η ανάπτυξη εφαρμογής με όλες τις προσφερόμενες υπηρεσίες ενός αστικού περιβάλλοντος, το ολοκληρωμένο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών, η συλλογή και ανάλυση δεδομένων η έξυπνη και διασυνδεδεμένη ψηφιακή πλατφόρμα και το κέντρο διαχείρισης/ελέγχου της έξυπνης πόλης.

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο θα αναλυθούν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Επίσης, θα προταθεί μια μελλοντική έρευνα για την μετέπειτα εξέλιξη της εφαρμογής των τεχνολογιών «έξυπνων πόλεων».



# 1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΕΣ

## 1.1 Πόλη

Ένας πολύ βασικός ορισμός είναι η πόλη, με βάση τον ορισμό που έδωσε η Etezadzadeh (Etezadzadeh, 2016), πόλη είναι ένας μεγαλύτερος, πυκνοκατοικημένος οικισμός που έχει συγκεκριμένες λειτουργίες όσον αφορά τη γεωγραφική κατανομή της εργασίας και την πολιτική εξουσία, ανάλογα με την κοινωνική οργάνωση και τους τύπους παραγωγής.

Επίσης, η Etezadzadeh (Etezadzadeh, 2016) ανέφερε τους στόχους μια πόλης, που είναι οι εξής:

- Προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, του κλίματος και των πόρων, δηλαδή των αστικών συνθηκών διαβίωσης.
- Διατήρηση της ποιότητας ζωής των πολιτών.
- Διατήρηση της ανταγωνιστικότητας της πόλης ή προώθηση της οικονομικής της ανάπτυξης για τις παρόντες και μελλοντικές γενιές.

## 1.2 Έξυπνη πόλη

Οι Giffinger et al. (Giffinger et al., 2007) έδωσαν τον ορισμό της **έξυπνης πόλης**, ότι είναι η πόλη χτισμένη με πολύ καλή απόδοση χρηματοδοτήσεων και δραστηριοτήτων των αποφασιστικών, ανεξάρτητων και ευαισθητοποιημένων πολιτών.



Εικόνα 1.1 Smart City

Οι Dameri και Rosenthal-Sabroux (Dameri και Rosenthal-Sabroux, 2014) ανέφεραν ότι στην δεκαετία του 90' δημιουργήθηκε η ιδέα της έξυπνης πόλης. Η έξυπνη πόλη δημιουργήθηκε για δύο λόγους, οι οποίοι είναι:

- 1 Η χρήση της λέξης «smart» για την υπόδειξη των έξυπνων συσκευών.
- 2 Η προώθηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για σχεδιασμό πόλεων με χαμηλή εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα.

Η ιδέα της έξυπνης πόλης εστιάζεται κυρίως στη χρήση υψηλής τεχνολογίας για τη βελτίωση της ποιότητας των αστικών υποδομών και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων τους σε μια πόλη.

### 1.3 Ορισμοί άλλων ειδών πόλεων

Ο Hollands Robert (Hollands Robert, 2008) τεκμηρίωσε τον ορισμό της ενσύρματης πόλης (**wired city**). Η **ενσύρματη πόλη** αναφέρεται κυριολεκτικά σε τοποθέτηση και συνδεσιμότητα καλωδίων που δεν καθιστά την πόλη «έξυπνη».

Ο Schuler (Schuler, 2002) ανέφερε ότι η **εικονική πόλη (virtual city)** επικεντρώνεται στις ψηφιακές αναπαραστάσεις μιας πόλης.

Η Couclelis (Couclelis, 2004) ανέφερε ότι η **ψηφιακή πόλη (digital city)** είναι μια ολοκληρωμένη, διαδικτυακή αναπαράσταση ή αναπαραγωγή, από διάφορες πτυχές ή λειτουργίες μιας συγκεκριμένης πραγματικής πόλης, ανοιχτή στους πολίτες. Η ψηφιακή πόλη έχει διάφορες διαστάσεις, όπως: κοινωνική, πολιτιστική, πολιτική, ιδεολογική, αλλά και θεωρητική.

Οι Anthopoulos και Fitsilis (Anthopoulos and Fitsilis, 2010) ανέφεραν ότι η **πανταχού παρούσα πόλη (Ubiquitous city ή U-City)** είναι μια περαιτέρω επέκταση της έννοιας της ψηφιακής πόλης. Αυτός ο ορισμός εξελίχθηκε στην πανταχού παρούσα πόλη δηλαδή σε μια πόλη ή περιοχή με πανταχού παρούσα τεχνολογία πληροφοριών.

Ο Komninos (Komninos, 2006) τεκμηρίωσε τον ορισμό της **ευφυής πόλης (intelligent city)**, που είναι μια περιοχή με υψηλή ικανότητα μάθησης και καινοτομίας, η οποία είναι ενσωματωμένη στη δημιουργικότητα του πληθυσμού της, στους θεσμούς της δημιουργίας γνώσεων και στη ψηφιακή υποδομή της για επικοινωνία και διαχείριση γνώσης.

Οι Anthopoulos και Fitsilis (Anthopoulos και Fitsilis, 2010) επισήμαναν τον ορισμό της **πόλης πληροφοριών (information city)** ότι είναι ένα ψηφιακό περιβάλλον

που συλλέγει επίσημα και ανεπίσημα πληροφορίες από μια τοπική κοινότητα και τις παραδίδει στο δημόσιο μέσω διαδικτυακών πυλών.

Οι Ergazakis et al. (Ergazakis et al., 2004) απέδωσαν τον ορισμό της **πόλης της γνώσης (knowledge city)** που είναι μια πόλη που στοχεύει στην ανάπτυξη βασιζόμενη στη γνώση, ενθαρρύνοντας την συνεχή δημιουργία, την κοινή χρήση, την αξιολόγηση, ανανέωση και ενημέρωση της γνώσης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της συνεχούς αλληλεπίδρασης μεταξύ των ίδιων των πολιτών και ταυτόχρονα μεταξύ αυτών και των πολιτών άλλων πόλεων. Τα δίκτυα, οι υποδομές πληροφορικής και η κατάλληλη σχεδίαση της πόλης, υποστηρίζουν τις αλληλεπιδράσεις της ανταλλαγής γνώσεων των πολιτών.

Ο Larsen (Larsen, 1999) επισήμανε τον ορισμό της **πόλης μάθησης (learning city)** που καλύπτει τόσο την ατομική όσο και την θεσμική μάθηση. Η ατομική μάθηση αναφέρεται στην απόκτηση γνώσεων, δεξιοτήτων και κατανόησης από μεμονωμένα άτομα, είτε επίσημα είτε ανεπίσημα. Αναφέρεται συχνά στη δια βίου μάθηση, όχι μόνο στην αρχική εκπαίδευση και κατάρτιση. Με τη μάθηση, τα άτομα κερδίζουν μέσω βελτιωμένων μισθών και ευκαιριών απασχόλησης, ενώ η κοινωνία ωφελείται έχοντας ένα πιο ευέλικτο και τεχνολογικά ενημερωμένο εργατικό δυναμικό.

Η Bătăgan (Bătăgan, 2011) ανέφερε τον ορισμό της **βιώσιμης πόλης (sustainable city)** που χρησιμοποιεί την τεχνολογία για την μείωση των εκπομπών  $CO_2$  και την παραγωγή αποδοτικής ενέργειας με αποτέλεσμα τη βελτίωση της αποδοτικότητας των κτηρίων. Συμπερασματικά, ο κύριος στόχος είναι να γίνει μια πράσινη πόλη.

Ο Hammer et al (Hammer et al, 2011) έδωσε τον ορισμό της **πράσινης πόλης (green city)** που ακολουθεί την πράσινη ανάπτυξη και είναι ένα νέο παράδειγμα που προάγει την οικονομική ανάπτυξη καθώς μειώνει την ρύπανση των αερίων του θερμοκηπίου, ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα και την αναποτελεσματική χρήση των φυσικών πόρων και διατηρώντας τη βιοποικιλότητα.

## 1.4 Αισθητήρες

Αισθητήρας<sup>1</sup> είναι μια συσκευή, μια μονάδα, ένα μηχανήμα ή ένα υποσύστημα με σκοπό την ανίχνευση συμβάντων ή αλλαγών στο περιβάλλον του και την αποστολή

<sup>1</sup> Sensors <https://en.wikipedia.org/wiki/Sensor> αναρτήθηκε 18 Απριλίου 2020, πρόσβαση 8 Μαΐου 2020.

πληροφοριών σε άλλα ηλεκτρονικά. Ένας αισθητήρας χρησιμοποιείται πάντα με άλλα ηλεκτρονικά στοιχεία.



Εικόνα 1.2 Διάφορα είδη αισθητήρων

Οι αισθητήρες χωρίζονται σε<sup>2</sup>:

- **Αισθητήρας θερμοκρασίας (temperature sensor):** ανιχνεύει και μετρά τη θερμοκρασία και την μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα. Υπάρχουν πολλοί τύποι αισθητήρων θερμοκρασίας και οι συνήθως χρησιμοποιούμενοι είναι το θερμίστορ, οι ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης RTD (Resistance Temperature Detectors) και θερμοκάπλς.
- **Αισθητήρας πίεσης (pressure sensor):** ανιχνεύει την εφαρμοζόμενη πίεση, δηλαδή τη δύναμη ανά μονάδα περιοχής και μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα. Έχει μεγάλη σημασία στην πρόγνωση καιρού.
- **Αισθητήρας εγγύτητας (proximity sensor):** ανιχνεύει την παρουσία κοντινών αντικειμένων χωρίς φυσική επαφή. Ένας αισθητήρας εγγύτητας εκπέμπει συχνά ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ή μια δέσμη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και αναζητά αλλαγές στο πεδίο ή στο σήμα επιστροφής. Οι φωτοηλεκτρικοί, επαγωγικοί, χωρητικοί και υπερηχητικοί αισθητήρες ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Οι επαγωγικοί αισθητήρες ανιχνεύουν έναν μεταλλικό στόχο ενώ, οι φωτοηλεκτρικοί και χωρητικοί αισθητήρες ανιχνεύουν τους πλαστικούς και οργανικούς στόχους.

<sup>2</sup> Commonly used Sensors in the Internet of Things (IoT) devices and their application <https://iot4beginners.com/commonly-used-sensors-in-the-internet-of-things-iot-devices-and-their-application/> αναρτήθηκε 13 Δεκεμβρίου 2018, πρόσβαση 8 Μαΐου 2020.

- **Αισθητήρας επιταχυνσιόμετρου και γυροσκόπιου (accelerometer and gyroscope sensor):** η διαφορά μεταξύ του επιταχυνσιόμετρου και του γυροσκοπίου είναι ότι το επιταχυνσιόμετρο μετρά τη γραμμική επιτάχυνση με βάση τους κραδασμούς, ενώ το γυροσκόπιο προσδιορίζει μια γωνιακή θέση βάσει της αρχής της ακαμψίας του χώρου. Για παράδειγμα, τα επιταχυνσιόμετρα σε κινητά τηλέφωνα χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό του προσανατολισμού του τηλεφώνου, ενώ το γυροσκόπιο, προσθέτει μια επιπλέον διάσταση στις πληροφορίες που παρέχονται από το επιταχυνσιόμετρο παρακολουθώντας την περιστροφή ή τη στροφή του κινητού. Συμπερασματικά, τα επιταχυνσιόμετρα και τα γυροσκόπια είναι οι αισθητήρες επιλογής για την απόκτηση πληροφοριών επιτάχυνσης και περιστροφής σε drone, κινητά τηλέφωνα, αυτοκίνητα και αεροπλάνα
- **Αισθητήρας υπέρυθρων (infrared sensor):** είναι μια ηλεκτρονική συσκευή, η οποία ανιχνεύει ορισμένα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντός με το να εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία. Επίσης, έχει τη δυνατότητα να μετρά τη θερμότητα που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο και φυσικά μετρά την απόσταση του αντικειμένου.
- **Οπτικός αισθητήρας (optical sensor):** μετατρέπει τις ακτίνες φωτός σε ηλεκτρονικό σήμα, δηλαδή, μετρά μια φυσική ποσότητα φωτός και τη μετατρέπει σε μια μορφή που είναι αναγνώσιμη όπως σε ψηφιακή μορφή. Επίσης, ανιχνεύει την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια και στέλνει τα αποτελέσματα σε μονάδες.
- **Αισθητήρας αερίου (gas sensor):** ανιχνεύει το αέριο σε μια περιοχή, που είναι πολύ χρήσιμο για τα συστήματα ασφαλείας. Συνήθως, ανιχνεύει τη διαρροή αερίου σε μια περιοχή και τα αποτελέσματα αποστέλλονται σε ένα σύστημα ελέγχου. Μπορεί να ανιχνεύσει εύφλεκτα και τοξικά αέρια.
- **Αισθητήρας καπνού (smoke sensor):** ανιχνεύει τον καπνό και το επίπεδο επίτευξής του.

## 1.5 Τεχνολογία πληροφοριών

Η τεχνολογία πληροφοριών ή Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) ή τεχνολογία της πληροφορίας<sup>3</sup> (Information Technology ή Information and Communication Technology) (IT ή ICT) είναι το σύνολο των διάφορων επαγγελματικών χώρων οι οποίοι έχουν σχέση με τη μελέτη, σχεδίαση, ανάπτυξη, υλοποίηση, συντήρηση και διαχείριση υπολογιστικών πληροφοριακών συστημάτων, κυρίως σε εφαρμογές λογισμικού και υλικού υπολογιστών. Η τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνίας βασίζεται στην ανάπτυξη, εγκατάσταση και συντήρηση προϊόντων πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών, με στόχο την παραγωγή, αποθήκευση, διαχείριση και μετάδοση πληροφοριών κάθε τύπου.

## 1.6 Cloud Computing

Το **cloud computing** ή **υπολογιστικό νέφος**<sup>4</sup> είναι η διαθεσιμότητα υπολογιστικών πόρων μέσω του διαδικτύου από τα κεντρικά συστήματα τα οποία τον εξυπηρετούν αυτοματοποιώντας διαδικασίες, παρέχοντας ευκολίες και ευελιξία σύνδεσης που βρίσκονται απομακρυσμένα από τον τελικό χρήστη.



Εικόνα 1.3: Cloud computing

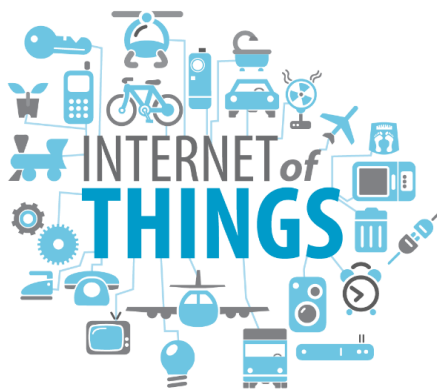
<sup>3</sup> Τεχνολογία πληροφοριών [https://el.wikipedia.org/wiki/Τεχνολογία\\_πληροφοριών](https://el.wikipedia.org/wiki/Τεχνολογία_πληροφοριών) αναρτήθηκε 4 Οκτωβρίου 2019, πρόσβαση 8 Μαΐου 2020.

<sup>4</sup> Cloud computing [https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_computing](https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing) αναρτήθηκε 11 Μαΐου 2020, πρόσβαση 11 Μαΐου 2020.

## 1.7 Internet of Things

O Kahili Mohamed et al. (Kahili Mohamed et al., 2019) ανέφεραν ότι το διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things) ή αλλιώς διαδίκτυο των πάντων ή Βιομηχανικό Διαδίκτυο, είναι ένα νέο πρότυπο τεχνολογίας που απεικονίζεται ως ένα παγκόσμιο δίκτυο μηχανών και συσκευών ικανών να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Ευφυείς ή συνδεδεμένες συσκευές χρησιμοποιούνται παντού, ενώ το διαδίκτυο συνήθως δεν επεκτείνεται πέρα από τον ηλεκτρονικό κόσμο, όμως το Διαδίκτυο των πραγμάτων αντιπροσωπεύει την ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων από συσκευές που υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο με το διαδίκτυο. Οι συνδεδεμένες συσκευές, εισέβαλαν στον κόσμο και επηρέασαν την προσωπική και επαγγελματική ζωή του κάθε ατόμου αφού δημιουργούν δισεκατομμύρια πληροφορίες που πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία και να αναλυθούν και στη συνέχεια και να αποθηκευτούν για να γίνουν χρησιμοποιήσιμες.

Συμπερασματικά, το Internet of Things βασίζεται στο γεγονός ότι μια συσκευή ή αισθητήρας συνδέεται μέσω μιας πύλης υπηρεσίας (διαδίκτυο) σε μια μόνο εφαρμογή αλλά στη συνέχεια έγιναν πιο περίπλοκες αφού χρησιμοποιούν αρκετούς αισθητήρες/οθόνες/ενεργοποιητές και με την χρήση πύλης πολλαπλών υπηρεσιών(internet TCP/IP)συνδέονται σε μια μόνο εφαρμογή, όμως το Internet of Things χρησιμοποιεί το cloud computing στο οποίο συγκεντρώνονται όλα τα δεδομένα σε έναν μόνο χώρο.

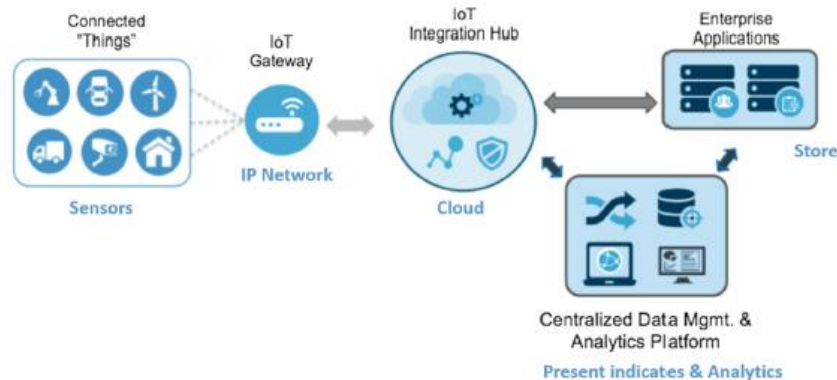


Εικόνα 1.4: Internet of Things



Επιπλέον, οι Kahili Mohamed El. et al. (Kahili Mohamed El. et al., 2019) ανέφεραν την αρχιτεκτονική του Inter of Things που είναι η εξής:

- Χρήση αισθητήρων για την μετατροπή αναλογικής φυσικής ποσότητας σε ψηφιακό σήμα.
- Σύνδεση σε ένα τυπικό δίκτυο (LAN) με το εξειδικευμένο δίκτυο των αισθητήρων.
- Αποθήκευση και συγκέντρωση ακατέργαστων δεδομένων που παράγονται σε πραγματικό χρόνο που φτάνουν με απρόβλεπτους τρόπους.
- Επιστροφή των πληροφοριών με κατανοητό τρόπο από τον άνθρωπο παρέχοντας ένα μέσο για να εκτελεστεί ή να αλληλοεπιδράσει με τον άνθρωπο.



Εικόνα 1.5: Αρχιτεκτονική Internet Of Things

## 1.8 Πρωτόκολλα IEEE 802

Το IEEE 802<sup>5</sup> είναι μια οικογένεια προτύπων IEEE που ασχολούνται με τοπικά δίκτυα και δίκτυα μητροπολιτικών περιοχών. Τα πρότυπα IEEE 802 περιορίζονται σε δίκτυα που μεταφέρουν πακέτα μεταβλητού μεγέθους. Και τέλος, κάποια βασικά πρωτόκολλα IEEE 802 είναι το IEEE 802.11 που περιγράφει το ασύρματο LAN (Wi-Fi), το IEEE 802.15.1 που περιγράφει το Bluetooth και το IEEE 802.15.4 που περιγράφει το ασύρματο PAN χαμηλής ταχύτητας.

<sup>5</sup> IEEE 802 [https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802](https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802) αναρτήθηκε 7 Ιουνίου 2020, πρόσβαση 2 Αυγούστου 2020.



## 1.9 Radar

Το radar<sup>6</sup> είναι ένα σύστημα ανίχνευσης που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για να προσδιορίσει το εύρος, τη γωνία ή την ταχύτητα των αντικειμένων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση αεροσκαφών, πλοίων, διαστημικών σκαφών, κατευθυνόμενων πυραύλων, μηχανοκίνητων οχημάτων, καιρικών σχηματισμών και εδάφους. Ένα σύστημα ραντάρ αποτελείται από έναν πομπό που παράγει ηλεκτρομαγνητικά κύματα στον τομέα ραδιοφώνου ή μικροκυμάτων, μια κεραία εκπομπής, μια κεραία λήψης (συνήα η ίδια κεραία χρησιμοποιείται για μετάδοση και λήψη) και έναν δέκτη και επεξεργαστή για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των αντικειμένων. Τα ραδιοκύματα (παλμικά ή συνεχή) από τον πομπό αντανακλούν το αντικείμενο και επιστρέφουν στον δέκτη, δίνοντας πληροφορίες σχετικά με τη θέση και την ταχύτητα του αντικειμένου.

## 1.10 LIDAR

Lidar<sup>7</sup> είναι η μέθοδος μέτρησης αποστάσεων φωτίζοντας το στόχο με ένα λέιζερ και τη μέτρηση της αντανάκλασης με έναν αισθητήρα. Οι διαφορές στους χρόνους επιστροφής του λέιζερ και τα μήκη κύματος μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση ψηφιακών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων του στόχου. Το Lidar καλείται μερικές φορές σάρωση λέιζερ 3-D, είναι ένας ειδικός συνδυασμός σάρωσης 3-D και σάρωσης λέιζερ. Το Lidar χρησιμοποιείται συνήθως για τη δημιουργία χαρτών υψηλής ανάλυσης.

## 1.11 RFID

Το RFID<sup>8</sup> χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά πεδία για αυτόματη αναγνώριση και παρακολούθηση ετικετών που συνδέονται με αντικείμενα. Μια ετικέτα RFID αποτελείται από έναν μικροσκοπικό ράδιο αναμεταδότη, ένα ράδιο δέκτη και ένα πομπό. Όταν ενεργοποιείται από έναν ηλεκτρομαγνητικό παλμό ανάκρισης που εκπέμπεται από μια κοντινή συσκευή ανάγνωσης RFID, η ετικέτα μεταδίδει ψηφιακά δεδομένα, συνήθως έναν αναγνωριστικό αριθμό αποθέματος, πίσω στον αναγνώστη.

<sup>6</sup> Radar <https://en.wikipedia.org/wiki/Radar> αναρτήθηκε 25 Ιουλίου 2020, πρόσβαση 2 Αυγούστου 2020.

<sup>7</sup> Lidar <https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar> αναρτήθηκε 30 Ιουλίου 2020, πρόσβαση 5 Αυγούστου 2020.

<sup>8</sup> Radio-frequency identification [https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency\\_identification](https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification) αναρτήθηκε 26 Ιουλίου 2020, πρόσβαση 5 Αυγούστου 2020.

Για παράδειγμα, αυτός ο αριθμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απογραφή αγαθών. Υπάρχουν δύο τύποι. Οι παθητικές ετικέτες, που τροφοδοτούνται από ενέργεια από τα ραδιοκύματα που διαβάζονται από τον αναγνώστη RFID. Οι ενεργές ετικέτες, τροφοδοτούνται από μια μπαταρία και έτσι μπορούν να διαβαστούν σε μεγαλύτερη εμβέλεια από τον αναγνώστη RFID έως και εκατοντάδες μέτρα μακριά. Σε αντίθεση με ένα barcode, η ετικέτα δεν χρειάζεται να βρίσκεται εντός της οπτικής ορατότητας του αναγνώστη, επομένως μπορεί να ενσωματωθεί στο αντικείμενο που παρακολουθείται. Το RFID είναι μια μέθοδος αυτόματης αναγνώρισης και συλλογής δεδομένων. Οι ετικέτες RFID χρησιμοποιούνται σε πολλές βιομηχανίες. Για παράδειγμα, μια ετικέτα RFID που συνδέεται με ένα αυτοκίνητο κατά τη διάρκεια της παραγωγής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της προόδου της μέσω της γραμμής συναρμολόγησης.

## 1.12 GPS

Το GPS<sup>9</sup>, αρχικά ονομαζόταν NAVSTAR GPS και είναι ένα δορυφορικό σύστημα ράδιο πλοήγησης που ανήκει στην κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών και λειτουργεί από τη διαστημική δύναμη των Ηνωμένων Πολιτειών. Είναι ένα από τα παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης που παρέχει πληροφορίες γεωγραφικής θέσης και χρόνου σε έναν δέκτη GPS οπουδήποτε πάνω ή κοντά στη γη δηλαδή, όπου υπάρχει μια ανεμπόδιστη οπτική επαφή σε τέσσερις ή περισσότερους δορυφόρους GPS. Εμπόδια όπως βουνά και κτίρια εμποδίζουν τα αδύναμα σήματα GPS. Το GPS δεν απαιτεί από το χρήστη να μεταδίδει δεδομένα και λειτουργεί ανεξάρτητα από οποιαδήποτε τηλεφωνική ή διαδικτυακή λήψη, παρ' όλα αυτά, αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να βελτιώσουν τη χρησιμότητα των πληροφοριών θέσης GPS. Το GPS παρέχει κρίσιμες δυνατότητες τοποθέτησης σε στρατιωτικούς, πολιτικούς και εμπορικούς χρήστες σε όλο τον κόσμο.

<sup>9</sup> Global Positioning System [https://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System) αναρτήθηκε 30 Ιουλίου 2020, πρόσβαση 5 Αυγούστου 2020.

### 1.13 SLAM

Το SLAM<sup>10</sup> είναι το υπολογιστικό πρόβλημα της κατασκευής ή της ενημέρωσης ενός χάρτη ενός άγνωστου περιβάλλοντος, ενώ ταυτόχρονα παρακολουθεί την τοποθεσία ενός πράκτορα μέσα σε αυτό. Οι αλγόριθμοι SLAM χρησιμοποιούνται στην πλοήγηση, τη ρομποτική χαρτογράφηση και την οδομετρία για εικονική πραγματικότητα ή επαυξημένη πραγματικότητα.

### 1.14 MOSFET

Το MOSFET<sup>11</sup> είναι ένα τρανζίστορ όπου η τάση καθορίζει την αγωγιμότητα της συσκευής. Χρησιμοποιείται για εναλλαγή ή ενίσχυση σημάτων. Η ικανότητα αλλαγής της αγωγιμότητας με το ποσό της εφαρμοζόμενης τάσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση ή την αλλαγή ηλεκτρονικών σημάτων. Τα MOSFET είναι πλέον πιο συνηθισμένα να χρησιμοποιούνται σε ψηφιακά και αναλογικά κυκλώματα.

---

<sup>10</sup> Simultaneous localization and mapping [https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous\\_localization\\_and\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous_localization_and_mapping) αναρτήθηκε 18 Μαΐου 2020, πρόσβαση 5 Αυγούστου 2020.

<sup>11</sup> What is a MOSFET? | Basics for beginners <https://www.electronicsforu.com/resources/learn-electronics/mosfet-basics-working-applications> αναρτήθηκε 4 Απριλίου 2020, πρόσβαση 5 Αυγούστου 2020.



## 2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ

### 2.1 Προβλήματα αστικού περιβάλλοντος

Η Γαλάνη (Γαλάνη, 2013) ανέφερε ότι τα προβλήματα μιας πόλης είναι τα εξής:

- Έλλειψη πόρων
- Διαχείριση απορριμμάτων
- Ατμοσφαιρική ρύπανση
- Θέματα υγιεινής
- Κυκλοφοριακή συμφόρηση
- Ανεπαρκείς, παλιές και προβληματικές υποδομές
- Ανεργία

Με τα παραπάνω προβλήματα που διαθέτει μια πόλη την σημερινή εποχή, γι' αυτό έρχεται η έξυπνη πόλη να λύσει αρκετά από αυτά τα προβλήματα.

### 2.2 Δομή έξυπνης πόλης

Οι Sikora-Fernandez και Stawasz (Sikora-Fernandez και Stawasz, 2016) ανέφεραν τα χαρακτηριστικά της δομής της έξυπνης πόλης που είναι:

- **Έξυπνη οικονομία (smart economy):** η οικονομία πρέπει να χαρακτηρίζεται από τη χρήση καινοτόμων λύσεων και ευέλικτης προσαρμογής στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Υπό αυτή την έννοια, ο όρος σχετίζεται επίσης με «έξυπνες» βιομηχανίες ΤΠΕ, καθώς και με επιχειρηματικές και τεχνολογικές ζώνες.
- **Έξυπνη κινητικότητα (smart mobility):** χάρη στον τομέα των ΤΠΕ, μια πόλη γίνεται ένα τεράστιο δίκτυο συνδέσεων μεταξύ όλων των πόρων της. Τόσο οι κλασσικές μεταφορές όσο και η ψηφιακή επικοινωνία πρέπει να βασίζονται σε προηγμένες τεχνολογίες που απαιτούνται για την ορθολογική χρήση της υπάρχουσας υποδομής.
- **Έξυπνο περιβάλλον (smart environment):** μια έξυπνη πόλη βελτιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας χρησιμοποιώντας περισσότερο τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τις εκπομπές καυσαερίων και οι πολιτικές διαχείρισης αποβλήτων που χρησιμοποιεί βασίζονται στις αρχές

της αειφόρου ανάπτυξης. Οι περιβαλλοντικές δραστηριότητες απαιτούν επίσης υψηλό επίπεδο περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.

- Έξυπνοι άνθρωποι(*smart people*): με την παροχή κατάλληλης τεχνικής υποστήριξης στους πολίτες, η έξυπνη πόλη μετατρέπεται σε μια κοινωνία μάθησης αφού όλες οι αλλαγές ξεκινούν από τους πολίτες διότι θα είναι σε θέση να αποτρέψουν την υπερβολική κατανάλωση ενέργειας, την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, την ανακύκλωση, συμπερασματικά να προσπαθούν να βελτιώσουν την ποιότητα της ζωής τους.



Εικόνα 2.1 Δομή έξυπνης πόλης

- Έξυπνος βιοπορισμός(*smart living*): μια έξυπνη πόλη παρέχει μια ευρείας πρόσβασης σε δημόσιες υπηρεσίες, τεχνικές και κοινωνικές υποδομές, υψηλό επίπεδο ασφάλειας και με εκτεταμένη προσφορά πολιτισμού και ψυχαγωγίας, καθώς και κατάλληλη φροντίδα για το περιβάλλον.
- Έξυπνη διακυβέρνηση(*smart governance*): η ανάπτυξη για μια έξυπνη διακυβέρνηση απαιτεί τη δημιουργία ενός κατάλληλου συστήματος

διακυβέρνησης δηλαδή, την ανάπτυξη διαδικασιών που απαιτούν τη συνεργασία των τοπικών αρχών και άλλων χρηστών/πολιτών της πόλης και τη χρήση νέων τεχνολογιών για τη διαχείριση της πόλης.

Οι Sikora-Fernandez και Stawasz (Sikora-Fernandez και Stawasz, 2016) επισήμαναν ότι τα παραπάνω 6 στοιχεία σχετίζονται με τις παραδοσιακές και νέο κλασσικές θεωρίες της αστικής ανάπτυξης και προόδου. Επίσης, βασίζονται στην ανταγωνιστικότητα των πόλεων, το κοινωνικό κεφάλαιο, στη διακυβέρνηση και στη νέα δημόσια διαχείριση, αφού περιλαμβάνουν την χρήση των νέων τεχνολογιών. Επομένως, με την υπέρβαση της χρήσης των νέων τεχνολογιών προκειμένου να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικότερα οι ενεργειακοί πόροι για να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα συμπεριλαμβάνοντας επίσης άλλους τομείς της αστικής ζωής και τη λειτουργία της δημόσιας διοίκησης

Οι Giffinger et al. (Giffinger, et al., 2007) ανέλυσαν τα χαρακτηριστικά της δομής μιας έξυπνης πόλης και επισήμαναν και τους παράγοντες κάθε χαρακτηριστικού που είναι τα παρακάτω:

- **Έξυπνη οικονομία(smart economy):**
  - Καινοτόμο πνεύμα
  - Επιχειρηματικότητα
  - Οικονομική εικόνα και εμπορικά σήματα
  - Παραγωγικότητα
  - Ευελιξία της αγοράς εργασίας
  - Διεθνής ενσωμάτωση
  - Ικανότητα μετασχηματισμού
- **Έξυπνη κινητικότητα(smart mobility):**
  - Τοπική προσβασιμότητα
  - (Διε-)εθνική προσβασιμότητα
  - Διαθεσιμότητα υποδομών ΤΠΕ
  - Βιώσιμα, καινοτόμα και ασφαλή μέσα μεταφοράς
- **Έξυπνο περιβάλλον(smart environment):**
  - Ελκυστικότητα των φυσικών συνθηκών
  - Ρύπανση
  - Προστασία του περιβάλλοντος

- Βιώσιμη διαχείριση πόρων
- **Έξυπνοι άνθρωποι(smart people):**
  - Επίπεδο προσόντων
  - Συνάφεια με τη δια βίου μάθηση
  - Κοινωνική και εθνική πολυφωνία
  - Ευελιξία
  - Δημιουργικότητα
  - Κοσμοπολιτισμός/ ανοιχτή νοοτροπία
  - Συμμετοχή στη δημόσια ζωή
- **Έξυπνος βιοπορισμός(smart living):**
  - Πολιτικές εγκαταστάσεις
  - Συνθήκες υγείας
  - Ατομική ασφάλεια
  - Ποιότητα στέγασης
  - Εκπαιδευτικές εγκαταστάσεις
  - Τουριστική ελκυστικότητα
  - Κοινωνική συνοχή
- **Έξυπνη διακυβέρνηση(smart governance):**
  - Συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων
  - Δημόσιες και κοινωνικές υπηρεσίες
  - Διαφανής διακυβέρνηση
  - Πολιτικές στρατηγικές και προοπτικές

## 2.3 Στόχοι και η αποδοτικότητα της έξυπνης πόλης

Η Dameri (Dameri, 2017) ανέφερε τους στόχους που προσπαθεί να πετύχει μια έξυπνη πόλη, που είναι οι εξής:

- Κτήρια, με σκοπό το σχεδιασμό κτηρίων που να έχουν ως αποτέλεσμα τη μέγιστη ενεργειακή απόδοση.
- Θέρμανση και ψύξη, με σκοπό αποτελεσματικές λύσεις για την μείωση των εκπομπών του CO<sub>2</sub>.
- Ηλεκτρική ενέργεια, με σκοπό την ανάπτυξη και τον έλεγχο υψηλής απόδοσης συσκευών και φωτισμού.



- Μεταφορά, ειδικά για την βιώσιμη κινητικότητα και των οχημάτων που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα.

Επίσης, η Dameri (Dameri, 2017) επισήμανε την απόδοση των έξυπνων πόλεων, που τα αντίκτυπα είναι η αποτελεσματικότητα, το σεβασμό του περιβάλλοντος και η καινοτομία:

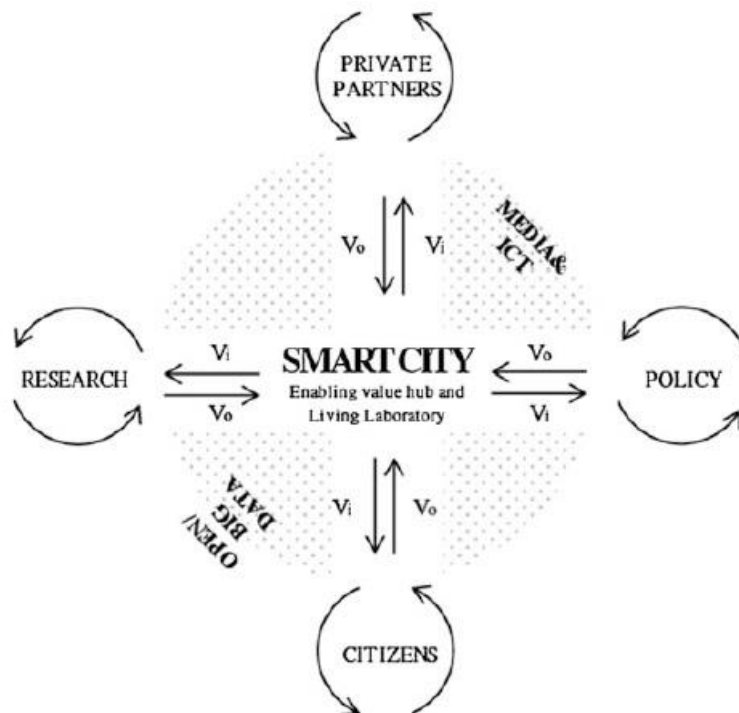
- 1 **Αποτελεσματικότητα:** σημαίνει την ικανότητα μιας πόλης να παρέχει αποτελεσματικές δημόσιες και ιδιωτικές υπηρεσίες σε διάφορα θέματα, όπως σε πολίτες, εταιρείες, μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς. και λεπτομερώς σε διάφορες κατηγορίες πολιτών, όπως μαθητές, εργαζόμενοι, ηλικιωμένοι και ούτω καθεξής. Επομένως, μια έξυπνη πόλη δεν είναι έξυπνη από μόνη της, αλλά γίνεται έξυπνη εάν δημιουργεί δημόσια αξία για τους ανθρώπους.
- 2 **Σεβασμός στο περιβάλλον:** αφορά το αντίκτυπο που έχουν οι μεγάλες πόλεις στην περιβαλλοντική ποιότητα των αστικών περιοχών. Ένας από τους κύριους πυλώνες των smart cities είναι η αποφυγή περαιτέρω υποβάθμισης του περιβάλλοντος. Οι κύριες επιπτώσεις αφορούν την κατανάλωση ενέργειας, τη ρύπανση του αέρα και των υδάτων, την κυκλοφοριακή συμφόρηση, την κατανάλωση γης. Επομένως, μια έξυπνη πόλη δρα για να μειώσει όλες αυτές τις επιπτώσεις του περιβάλλοντος για τη διατήρηση της ποιότητας του περιβάλλοντος.
- 3 **Καινοτομία:** Η καινοτομία σημαίνει ότι μια έξυπνη πόλη θα πρέπει να χρησιμοποιεί όλες τις νέες και διαθέσιμες τεχνολογίες για τη βελτίωση της ποιότητας των βασικών της στοιχείων, δηλαδή την παροχή καλύτερων υπηρεσιών και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Επομένως, η τεχνολογία είναι μια κεντρική πτυχή της έξυπνης πόλης που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή έξυπνων πρωτοβουλιών για την ποιότητα ζωής.

Επιπλέον, η Dameri (Dameri, 2017) ανέφερε ότι για την βελτίωση της ευφύιας των βασικών στοιχείων μιας έξυπνης πόλης, η πόλη θα πρέπει να γίνει πιο αποτελεσματική, περιβαλλοντική και καινοτόμος. Άρα, μια εξυπνότερη γη σημαίνει καθαρότερη περιοχή, καθαρότερο νερό και αέρα, μειωμένη κατανάλωση γης για τα νέα κτήρια και η αποκατάσταση του περιβάλλοντος. Εξυπνότερες υποδομές θα πρέπει να είναι πιο καθαρές, πιο αποτελεσματικές στην εξυπηρέτηση των πολιτών και στην κάλυψη των αναγκών τους χρησιμοποιώντας προηγμένη τεχνολογία, ΤΠΕ και

συσκευές για τη διάδοση ηλεκτρονικών υπηρεσιών και πληροφοριών. Εξυπνότεροι άνθρωποι, σημαίνει ότι οι πολίτες είναι πιο πληροφορημένοι και ενημερωμένοι για τους στόχους της πόλης και τον ρόλο των τεχνολογιών για την βελτίωση της ποιότητας του αστικού περιβάλλοντος, των υποδομών και των υπηρεσιών, της ευκολότερης πρόσβασης στο διαδίκτυο και σε όλες τις διαδικτυακές υπηρεσίες. Και τέλος, μια εξυπνότερη κυβέρνηση όλες οι νέες τεχνολογίες για την εφαρμογή της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και της ηλεκτρονικής δημοκρατίας, βελτιώνοντας την ποιότητα και την προσβασιμότητα των παρεχόμενων δημόσιων υπηρεσιών και την ικανοποίηση των ανθρώπων για την τοπική αυτοδιοίκηση.

## 2.4 Εννοιολογικό μοντέλο της έξυπνης πόλης

Οι Baccarne et al. (Baccarne et al., 2014) έδωσαν το εννοιολογικό μοντέλο μιας έξυπνης πόλης το οποίο αποτελείται από τέσσερις τύπους παραγόντων, που είναι: (1) **πολιτική/διακυβέρνηση (policy)**, (2) **πολίτες (citizens)**, (3) **έρευνα (research)**, (4) **ιδιωτικοί συνεργάτες (private partners)**. Το εννοιολογικό μοντέλο απεικονίζεται στην εικόνα 2.2. Επιπλέον, με τον όρο Living Laboratory είναι η περιοχή στη οποία οι σχετικοί ενδιαφερόμενοι συμμετέχουν στην ανάπτυξη μιας καινοτομίας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό διαφορετικών ερευνητικών μεθόδων, ακολουθώντας μια επαναληπτική διαδικασία. Τα Living Laboratories διευκολύνουν τις σχέσεις μεταξύ πανεπιστημίων-βιομηχανίας, αλλά και τις σχέσεις μεταξύ μεγάλων εταιρειών και μέσων μαζικής ενημέρωσης, νεοσύστατων επιχειρήσεων και επιχειρηματιών. Όσον αφορά στον τομέα των media και των ICT υπάρχουν στο εννοιολογικό μοντέλο (εικόνα 2.2) διότι οι ταχείες τεχνολογικές εξελίξεις, οι βραχύτεροι κύκλοι ζωής των προϊόντων, η παγκοσμιοποίηση και ο αυξημένος ανταγωνισμός άσκησαν υψηλή πίεση στις εταιρείες, αναγκάζοντάς τις να καινοτομήσουν προκειμένου να επιβιώσουν. Όπου  $V_i$ ,  $V_o$  υποδηλώνουν την αξία και τα οικονομικά που ρέουν μεταξύ των παραγόντων αντίστοιχα. Επίσης, με τον όρο open/big data είναι η συλλογή όλων των ειδών δεδομένων και πληροφοριών μέσω αισθητήρων και δικτύων αισθητήρων, που αυτές οι πληροφορίες δημοσιοποιούνται και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές και τεχνολογίες "έξυπνης πόλης".



Εικόνα 2.2 Εννοιολογικό μοντέλο έξυπνης πόλης

Επιπροσθέτως, οι Baccarne et al. (Baccarne et al., 2014) ανέλυσαν τους τέσσερις τύπους παραγόντων:

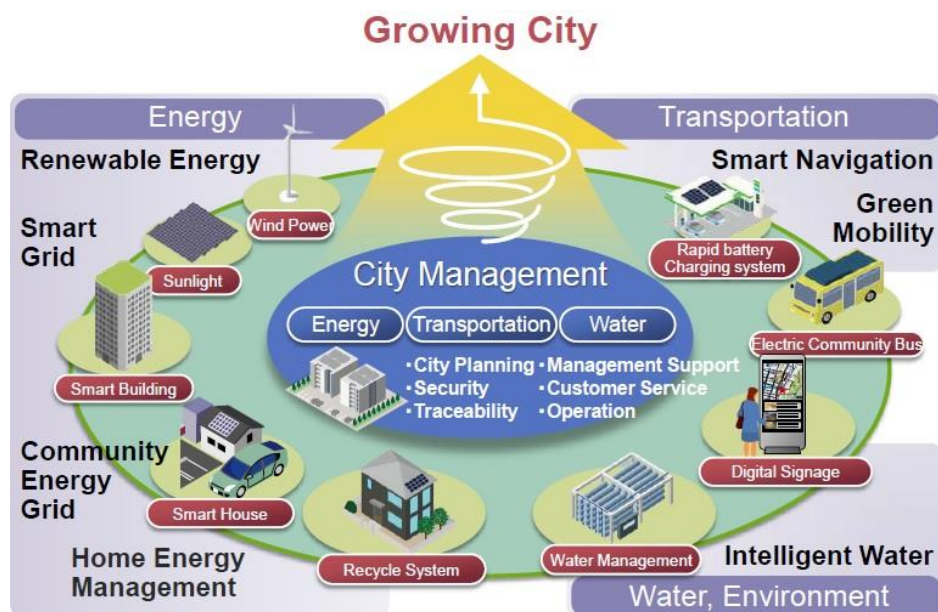
- 1 **Πολιτική/διακυβέρνηση(policy)**: ο παράγοντας της πολιτικής είναι παρών σε διάφορα επίπεδα. Το πιο ενεργό επίπεδο πολιτικής είναι η κυβέρνηση της πόλης, αλλά οι έξυπνες πόλεις υποστηρίζονται επίσης σε περιφερειακό επίπεδο και σε εθνικό και διεθνικό επίπεδο επίσης. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η οποία έθεσε την ιδέα ότι οι ευρωπαϊκές πόλεις πρέπει να γίνουν «ενδυναμωμένες» ή «εξυπνότερες» ως μία από τις βασικές εμπνεύσεις του ευρωπαϊκού ψηφιακού θεματολογίου, που επιδιώκει να αναγνωρίσει τη δύναμη του πολεοδομικού σχεδιασμού και τον ρόλο των ΤΠΕ στη διαχείριση των υποδομών.
- 2 **Πολίτες (citizens)**: τα ενδιαφερόμενα μέλη με την ενεργό τους συμμετοχή μπορούν να προσφέρουν ουσιαστική συμβολή στην ανάπτυξη ενός πιο προσιτού, διαδραστικού και συμμετοχικού αστικού περιβάλλοντος.
- 3 **Έρευνα (research)**: για το ρόλο της έρευνας στην έξυπνη πόλη, θεωρείται ότι οι ακαδημαϊκοί ερευνητές είναι ένας απαραίτητος παράγοντας επειδή παρέχουν εξειδίκευση στην έρευνα και τη γνώση. Επίσης, η συμβολή του

ακαδημαϊκού προσωπικού δεν είναι περιορισμένη, μπορεί να περιλαμβάνει έρευνα σε τεχνικά θέματα ή θέματα που σχετίζονται με την πολιτική, τις επιχειρήσεις και ούτω καθεξής.

- 4 **Ιδιωτικοί συνεργάτες (private partners):** η καινοτομία καθίσταται όλο και πιο σημαντική για τις εταιρείες για να παραμείνουν ανταγωνιστικές. Μια έξυπνη πόλη χρησιμεύει ως μεσολαβητής καινοτομίας, συνδέοντας διαφορετικά ενδιαφερόμενα μέρη, επιτρέποντας την ιδεολογία και συν-δημιουργία με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα πλαίσιο για ανοιχτή καινοτομία, συνεχή καινοτομία και συστημική καινοτομία.

## 2.5 Το μοντέλο της έξυπνης πόλης από την εταιρία Hitachi

Η Dameri (Dameri, 2017) ανέφερε ότι η Hitachi ιδρύθηκε το 1910 είναι μια ιαπωνική πολυεθνική εταιρεία με έδρα το Tokyo και δραστηριοποιείται σε διάφορους επιχειρηματικούς τομείς, όπως σε πληροφοριακά και τηλεπικοινωνιακά συστήματα, ηλεκτρικά συστήματα, ηλεκτρονικά συστήματα, συστήματα αυτοκινήτων, σιδηροδρομικά και αστικά συστήματα, ψηφιακά μέσα και καταναλωτικά προϊόντα, μηχανήματα κατασκευής και άλλα εξαρτήματα και συστήματα. Τα επιχειρηματικά τμήματα της Hitachi αφορούν τόσο τις ΤΠΕ όσο και τις μεταφορές. Επίσης, για το λόγο αυτό, η εταιρεία έχει δεσμευτεί στην ανάπτυξη τεχνολογικών λύσεων για έξυπνη κινητικότητα στην έξυπνη πόλη. Το 2014 η Hitachi ξεκίνησε την πρωτοβουλία smart mobility πλατφορμών και υπηρεσιών, αναζητώντας συνεργασία με δήμους, εταιρείες υψηλής τεχνολογίας και με πανεπιστήμια σε όλο τον κόσμο. Στόχος της Hitachi είναι να σχεδιάσει λύσεις προσαρμοσμένες στην πόλη για τη βελτίωση της αστικής κυκλοφορίας και τη μείωση της ρύπανσης.

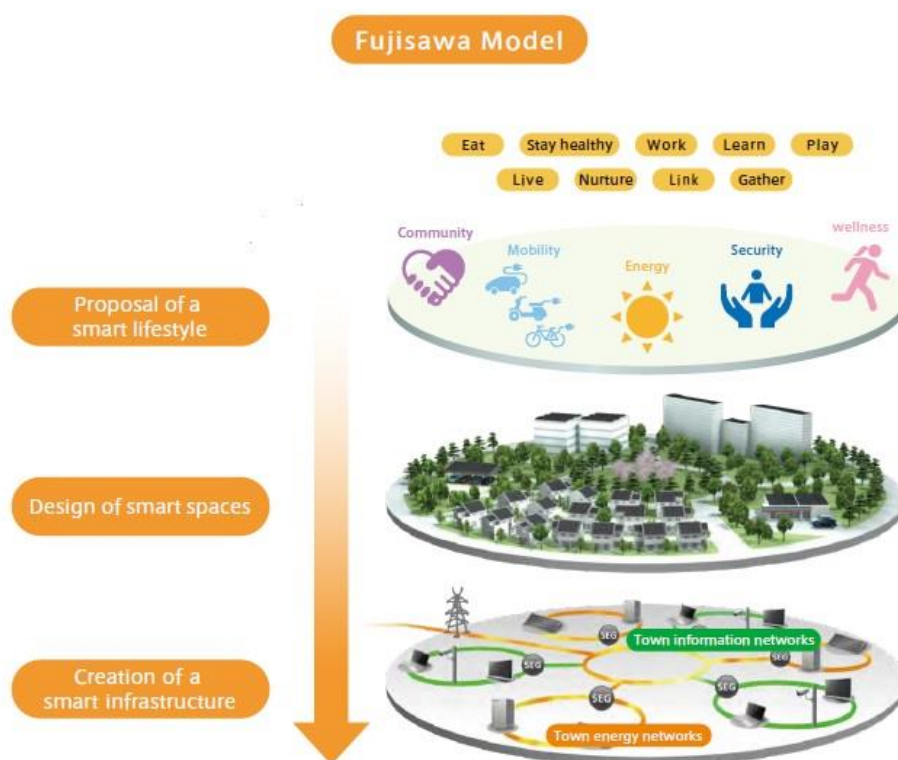


Εικόνα 2.3 Μοντέλο έξυπνης πόλης από την Hitachi

Στη συνέχεια η Dameri (Dameri, 2017) επισημαίνει ότι πρακτικά, η Hitachi θέλει να αναπτύξει μια έξυπνη κοινωνία της ηλεκτρονικής κινητικότητας που να συνεισφέρει στην επίτευξη των Ευρωπαϊκών στόχων για την αλλαγή του κλίματος. Επομένως, δραστηριοποιήθηκε στην περιβαλλοντική διάσταση μιας πιο έξυπνης πόλης και ανέπτυξε το δικό της μοντέλο που απεικονίζεται στην εικόνα 2.3. Το μοντέλο περιλαμβάνει διάφορες πτυχές όπως: από την παραγωγή και την προμήθεια ενέργειας, έως τις μεταφορές, από τη διατήρηση του περιβάλλοντος έως τη διαχείριση της πόλης. Για την επίτευξη του στόχου, η εταιρία προσφέρει ένα μεγάλο σύνολο προϊόντων, όπως : σταθμοί επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, συστήματα διαχείρισης ηλεκτρικών οχημάτων, συστήματα και λύσεις για ολοκλήρωση δικτύου και έξυπνα συστήματα διαχείρισης ενέργειας και άλλα. Συμπερασματικά, οι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν αφορούν τη μείωση των εκπομπών  $CO_2$ , τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, τη μείωση του θορύβου που παράγεται από τα παραδοσιακά οχήματα και τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Και τέλος, οι ΤΠΕ είναι ένα από τα βασικά συστατικά της πλατφόρμας Ηλεκτρικών Οχημάτων, υποστηρίζοντας όλες τις λειτουργίες με έξυπνα συστήματα για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης του οχήματος, της παραγωγής και διανομής ενέργειας όπως και της διαχείρισης της κυκλοφορίας.

## 2.6 Πρότυπο έξυπνης πόλης Fujisawa

Το 2008 ξεκίνησε το πρόγραμμα της αναβάθμισης της πόλης Fujisawa<sup>12</sup> σε έξυπνη πόλη με κύριο διοργανωτή του προγράμματος την εταιρία Panasonic. Το σχέδιο της πόλης βασίστηκε στην ζωή των πολιτών της και αποτελείται από τρία στρώματα που είναι: **1)** πρόταση μιας έξυπνης ζωής, **2)** ο σχεδιασμός έξυπνων χώρων, **3)** η δημιουργία έξυπνης υποδομής. Επίσης, με την θεμελίωση των πέντε υπηρεσιών που είναι: **1.** κοινωνία, **2.** κοινητικότητα, **3.** ενέργεια, **4.** ασφάλεια, **5.** Υγειονομική περίθαλψη και των εννιά ιδεών που είναι: eat, stay healthy, live, nurture, work, link, learn, gather, play. Επομένως η Fujisawa γίνεται βιώσιμη και επιτυγχάνεται η ανάπτυξη ενός οικολογικού και έξυπνου τρόπου ζωής. Επιπλέον, έχει υιοθετηθεί το όραμα των 100 χρόνων για να γνωρίσει το τι πρέπει να αλλάξει και το τι πρέπει να παραμείνει αμετάβλητο με αποτέλεσμα την βιωσιμότητα της πόλης και τη συνέχεια ανάπτυξης οικολογικού και έξυπνου τρόπου ζωής.

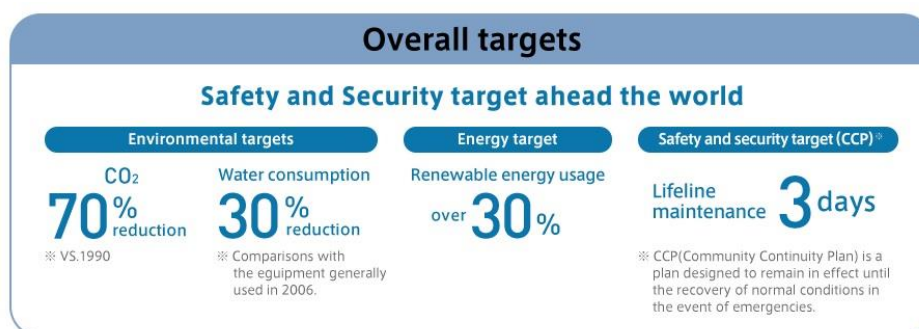


Εικόνα 2.4 Μοντέλο της Fujisawa

<sup>12</sup>Project overview -overall targets and guidelines-<https://fujisawasst.com/EN/project/target.html> αναρτήθηκε το 2015, πρόσβαση 24 Μαΐου 2020.



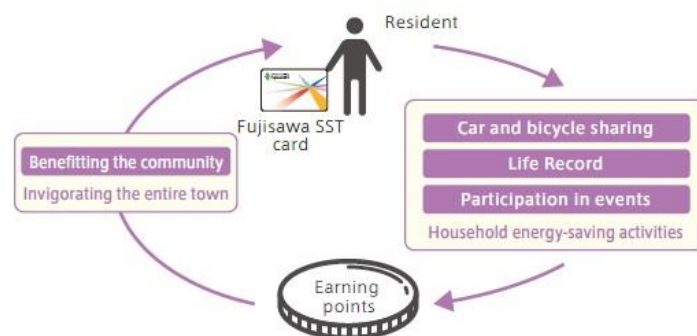
Οι γενικοί κοντινοί στόχοι του προγράμματος αναβάθμισης της πόλης Fujisawa<sup>12</sup> είναι η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα κατά 70% με την εγκατάσταση ηλιακών πάνελ, μπαταρίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και εξοπλισμό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας σε σπίτια, εγκαταστάσεις και κοινόχρηστες περιοχές. Ένας άλλος στόχος είναι η μείωση της κατανάλωσης νερού κατά 30% με την εγκατάσταση προϊόντων εξοικονόμησης νερού και χρήση του νερού της βροχής. Επίσης, άλλος ένας στόχος είναι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας πάνω από 30% μέσω τεχνολογιών όπως ένα σύστημα παραγωγής ηλιακής ενέργειας για δημόσια χρήση, μαζί με τα ηλιακά πάνελ που θα εγκατασταθούν σε σπίτια, εγκαταστάσεις και δημόσια κτήρια. Και ο τελευταίος στόχος είναι η ασφάλεια και η προστασία που είναι ένα πλάνο που έχει σχεδιαστεί μέχρι την αποκατάσταση των κανονικών συνθηκών σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, με σκοπό η αποκατάσταση να γίνεται εντός 3 ημερών.



Εικόνα 2.5 γενικοί στόχοι

Η 1<sup>η</sup> υπηρεσία που θα αναλυθεί είναι η **κοινωνία** και το συμβούλιο Fujisawa SST (Fujisawa SST, 2018) ανέφερε ότι υπάρχει μια κοινοτική πλατφόρμα, εύκολης πρόσβασης που επιτρέπει σε οποιονδήποτε να παρακολουθεί την κατανάλωση ενέργειας του νοικοκυριού του. Οι κάτοικοι θα μπορούν επίσης να έχουν πρόσβαση σε μια σειρά χρήσιμων υπηρεσιών, όπως τοπικές υπηρεσίες, κρατήσεις για υπηρεσίες κινητικότητας και ανταλλαγή πληροφοριών εντός της κοινότητας. Η πόλη διαθέτει το δικό της ιστότοπο που υποστηρίζει πολλές συσκευές και παρέχει πληροφορίες που χρειάζεται ο κάθε πολίτης. Για παράδειγμα, η οικιακή κατανάλωση ενέργειας οπτικοποιείται για να παρέχει συμβουλές εξοικονόμησης ενέργειας που είναι ειδικά προσαρμοσμένες στο σπίτι του κάθε κάτοικου. Επίσης, ένας πολίτης μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση σε εκδηλώσεις και πληροφορίες για αξιοθέατα για τη γύρω περιοχή και να πραγματοποιήσει κρατήσεις για κοινή χρήση κινητικότητας. Σε

περίπτωση έκτακτης ανάγκης, ένας πολίτης μπορεί να αποκτήσει γρήγορα πρόσβαση στις πληροφορίες που χρειάζεστε, όπως τις τελευταίες συνθήκες και την επιβεβαίωση ασφάλειας. Ο ιστότοπος υποστηρίζει επίσης πολλές συσκευές που επιτρέπουν την εύκολη πρόσβαση από τις έξυπνες τηλεοράσεις που είναι εξοπλισμένες σε όλες τις κατοικίες, καθώς και έξυπνα τηλέφωνα και υπολογιστές. Όλοι, από παιδιά έως ηλικιωμένους, μπορούν να λάβουν τις πληροφορίες που χρειάζονται σε κάθε περίπτωση. Επιπλέον, παρέχετε από την ιστοσελίδα, η αναφορά ενέργειας και η αναφορά σύστασης οικολογικής ζωής που παρέχουν συμβουλές σχετικά με τον βέλτιστο τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας που ταιριάζει με τον τρόπο ζωής του κάθε πολίτη σε μηνιαία βάση. Οι κάτοικοι λαμβάνουν συγκεκριμένες συμβουλές για το πώς να χρησιμοποιούν την ενέργεια πιο αποτελεσματικά και πώς να μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας κάθε εξοπλισμού που έχει προσαρμοστεί στον τρόπο ζωής τους όπως και να δηλώνουν τον εξοπλισμό που διαθέτουν στις οικίες τους.

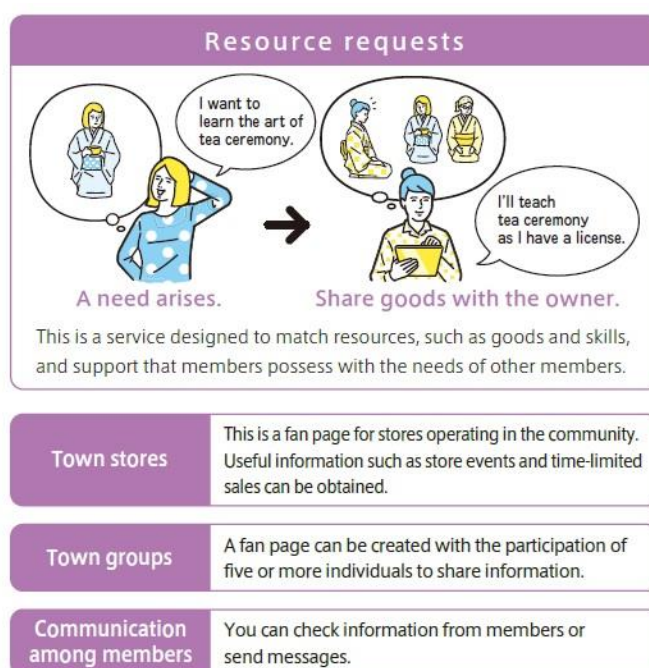


Εικόνα 2.6 Fujisawa SST κάρτα

Το συμβούλιο Fujisawa SST (Fujisawa SST, 2018) ανέφερε ότι παρέχει τη κάρτα Fujisawa SST που συμβάλλει στη δημιουργία μιας κοινότητας για την εξασφάλιση της τήρησης των οδηγιών και την επίτευξη των στόχων ολόκληρης της πόλης. Η κάρτα Fujisawa SST μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δελτίο ταυτότητας για ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών στην πόλη. Για παράδειγμα, οι κάτοικοι πρέπει μόνο να περάσουν την κάρτα πάνω από το τερματικό επαλήθευσης αντί να ακολουθήσουν μια περίπλοκη διαδικασία δανεισμού ενός ηλεκτρικού υποβοηθούμενου ποδηλάτου. Η κάρτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για επαλήθευση στη χρήση εγκαταστάσεων της πόλης. Οι πόντοι δίνονται με τη συμμετοχή των πολιτών σε προγράμματα, σε εκδηλώσεις της πόλης και απαντώντας σε ερωτηματολόγια. Μπορεί κάποιος να ελέγξει το υπόλοιπο



των πόντων και το ιστορικό του στην ιστοσελίδα της πόλης. Η κάρτα ενθαρρύνει την ενεργό συμμετοχή των κατοίκων σε προγράμματα που αποσκοπούν στη βελτίωση της αξίας της πόλης. Επιπροσθέτως άλλος ένας σκοπός της υπηρεσία για την κοινωνία είναι η δημιουργία μιας πόλης όπου τα άτομα βοηθούν ο ένας τον άλλον βάσει πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, γι' αυτό δημιουργήθηκε η πλατφόρμα κοινότητας SOY LINK για την τοπική κοινότητα. Το SOY LINK παρέχει μια κοινοτική πλατφόρμα που συνδέει κατοίκους, καταστήματα, εταιρείες, ομάδες και ανθρώπους που εργάζονται στην πόλη και ενισχύει τις συλλογικές δυνάμεις της πόλης. Εάν υπάρχει ένα σύστημα για τους κατοίκους να ανταλλάξουν τις ικανότητές τους, θα έχουν περισσότερες ευκαιρίες για να αξιοποιηθούν οι γνώσεις και η εμπειρία των ηλικιωμένων.



Εικόνα 2.7 Λογική λειτουργίας της πλατφόρμας SOY LINK

Η 2<sup>η</sup> υπηρεσία είναι η κινητικότητα που το συμβούλιο Fujisawa SST (Fujisawa SST, 2018) επισήμανε ότι προσφέρει εντελώς νέες υπηρεσίες συνολικής κινητικότητας για όλους τους κατοίκους με ή και χωρίς τα δικά τους αυτοκίνητα. Θα περιλαμβάνει την υπηρεσία κοινής χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων και ηλεκτρικών υποβοηθούμενων ποδηλάτων, καθώς και υπηρεσία ενοικίασης αυτοκινήτων που πραγματοποιούνται κιάλας μέσω την ιστοσελίδα της πόλης, καθώς και σταθμούς μπαταριών για ενοικίαση επαναφορτιζόμενων μπαταριών. Οι υπηρεσίες κοινής χρήσης κινητικότητας, που

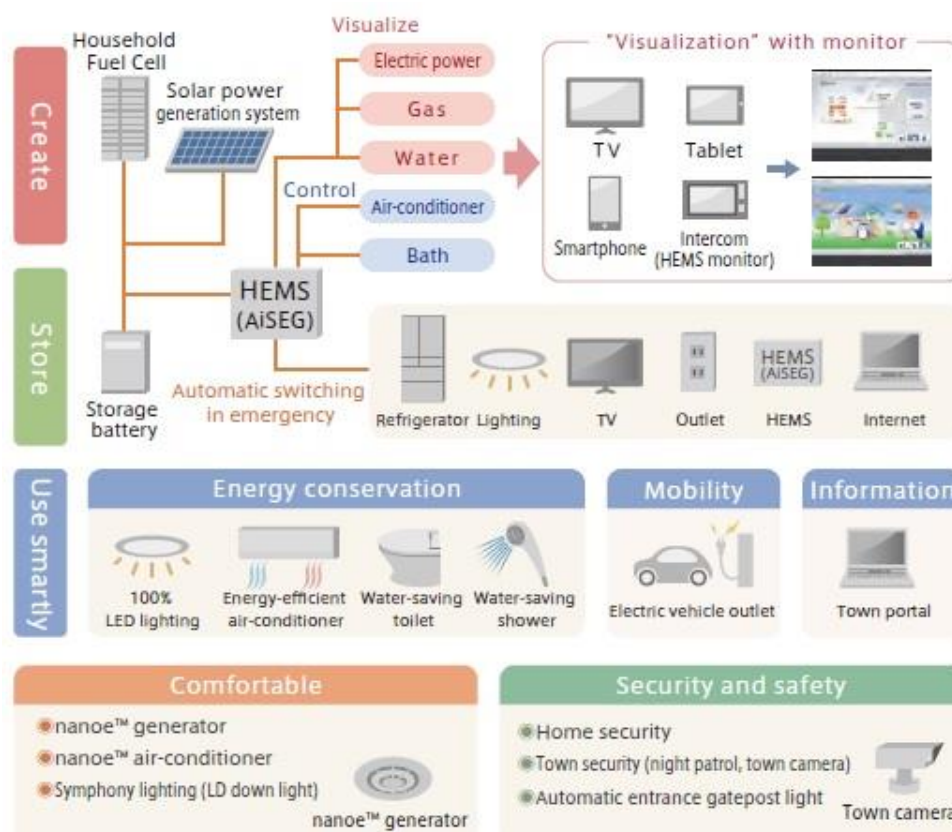
περιλαμβάνουν ηλεκτρικά ποδήλατα, θα συμβάλουν επίσης στην επίλυση κυκλοφοριακής συμφόρησης. Οι καινοτομίες στην κινητικότητα θα ωφελήσουν τους κατοίκους, το περιβάλλον και την περιφερειακή κοινότητα. Επιπλέον, η υπηρεσία κοινής χρήσης μπαταριών επιτρέπει στους κατοίκους να αντικαθιστούν και να χρησιμοποιούν ελεύθερα τις μπαταρίες για τα ηλεκτρικά υποβοηθούμενα ποδήλατα με σκοπό να εξαλειφθεί ο χρόνος και η προσπάθεια που απαιτείται για τη φόρτιση μπαταριών. Επιπροσθέτως, υπάρχει σύστημα επιθεωρήσεων που συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα, υβριδίου του άνθρακα, οξειδίου του αζώτου, καπνού και διοξειδίου του άνθρακα που είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο. Η μείωση της κατανάλωσης βενζίνης οδηγεί σε μείωση του κόστους των καυσίμων. Αυτό το σύστημα θα αυξήσει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση τοποθετώντας το αυτοκόλλητο eco clean σε αυτοκίνητα που πέρασαν τις επιθεωρήσεις. Και τέλος, σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, έχουν εγκατασταθεί κοντά σε κοινοτικά κέντρα σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων που είναι ανοιχτά στο κοινό και ως πολύτιμη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος έκτακτης ανάγκης αφού θα παράγουν ενέργεια που οι άνθρωποι χρειάζονται για να επιβιώσουν σε μια έκτακτη ανάγκη.



Εικόνα 2.8 Σταθμός ηλεκτρικών ποδηλάτων και φόρτισης και ανταλλαγής μπαταριών όπως και φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

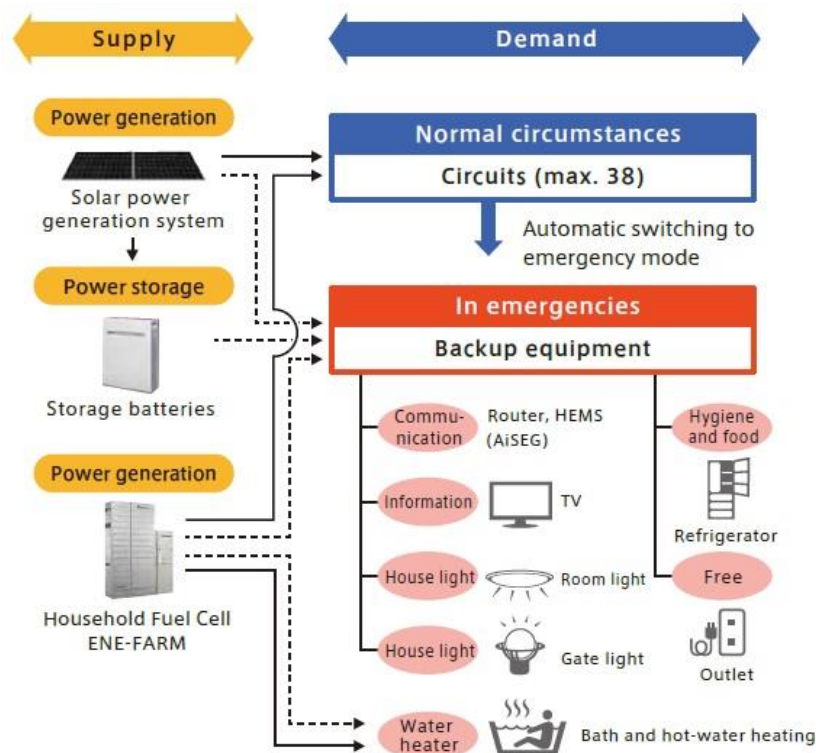
Η 3<sup>η</sup> υπηρεσία είναι η ενέργεια που όπως αναφέρει το συμβούλιο Fujisawa SST (Fujisawa SST, 2018) ότι παρέχει ενεργειακές υπηρεσίες επιτρέποντας στους κατοίκους να παράγουν την ενέργεια που χρησιμοποιούν στα σπίτια τους, μέσω της βέλτιστης αξιοποίησης της παραγωγής ηλιακής ενέργειας και άλλων εργαλείων. Καθένα σπίτι θα είναι εξοπλισμένο με σύστημα παραγωγής ηλιακής ενέργειας και μονάδες αποθήκευσης μπαταριών. Τα σπίτια θα σχεδιαστούν με βάση την «αυτό δημιουργία και αυτοκατανάλωση ενέργειας» μέσω του «SMART HEMS» (Home Energy Management System) και υποστηριζόμενα από τη βέλτιστη και σταθερή χρήση

ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι πολίτες μπορούν να επιλέξουν ανάμεσα σε σπίτια τύπου ηλεκτρικού ρεύματος και κυψελών καυσίμου, ανάλογα με τον τύπο που ανταποκρίνεται καλύτερα στις συγκεκριμένες ενεργειακές ανάγκες του καθένα. Ο «παθητικός σχεδιασμός» χρησιμοποιεί φυσικά την αιολική ενέργεια, το φως του ήλιου, το νερό, τη θερμότητα του περιβάλλοντος και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αντίστοιχα συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών των νοικοκυριών. Ο παθητικός σχεδιασμός επιτρέπει σε σπίτια την επίτευξη βέλτιστης απόδοσης διαχείρισης ενέργειας μέσω «ενεργών» συσκευών για δημιουργία ενέργειας, αποθήκευση και εξοικονόμηση με βάση την ηλιακή ενέργεια. Οι ενεργές συσκευές και οι παθητικές τεχνολογίες θα επιτρέψουν την άνετη και φιλική προς το περιβάλλον διαβίωση σε ολόκληρο το σπίτι μέσω συνεργατικής επίδρασης. Επιπλέον, παρέχεται η οπτικοποίηση κατανάλωσης ενέργειας αλλά και υπηρεσίες συμβουλευτικής ενέργειας για να πραγματοποιούν οι κάτοικοι καλύτερη διαχείριση και εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 2.9 Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας στα σπίτια της Fujisawa

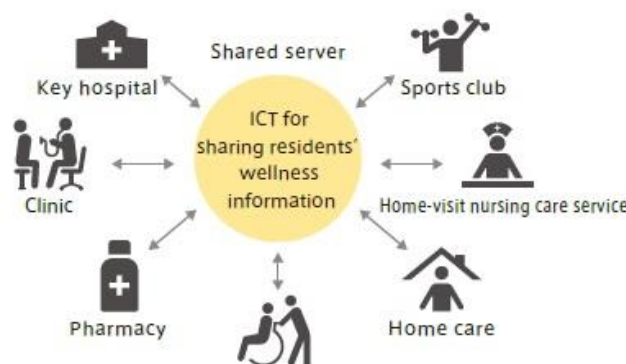
Επιπλέον, το συμβούλιο Fujisawa SST (Fujisawa SST, 2018) επισήμανε ότι οι άνθρωποι εξαρτώνται από την ηλεκτρική ενέργεια σε καθημερινή βάση και η τροφοδοσία της δεν πρέπει ποτέ να διακοπεί, ακόμη και σε μια περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Γι' αυτό όλα τα σπίτια θα έχουν λειτουργικά φώτα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.



Εικόνα 2.10 Σύστημα εφεδρικής τροφοδοσίας έκτακτης ανάγκης για τις οικίες

Οι οικογένειες θα έχουν διαθέσιμες πηγές ενέργειας για μέσα ενημέρωσης, όπως κινητά τηλέφωνα και tablet, καθώς και μέσα μεταφοράς όπως ηλεκτρικά οχήματα και ηλεκτρικά ποδήλατα. Οι κατοικίες είναι εξοπλισμένες με ένα συνδεδεμένο σύστημα δημιουργίας και αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο ελέγχει όχι μόνο το σύστημα παραγωγής ηλιακής ενέργειας και τις μπαταρίες αποθήκευσης αλλά και το ENE-FARM. Το ENE-FARM είναι το ενεργειακό σύστημα που εξάγει υδρογόνο από την εισαγωγή υγραερίου και το συνδυάζει με το οξυγόνο του περιβάλλοντος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ ταυτόχρονα συλλαμβάνει την υπολειπόμενη θερμότητα. Επομένως, το σύστημα θα επιτύχει σταθερότερη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος επιτρέποντας τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από την ηλιακή ενέργεια και την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το ENE-FARM ακόμη και σε

Η 4<sup>η</sup> υπηρεσία είναι η ασφάλεια που το συμβούλιο Fujisawa SST (Fujisawa SST, 2018) την εφάρμοσε με την εγκατάσταση ενός τερματικού σε κάθε τηλεόραση των σπιτιών με σκοπό την άμεση ειδοποίηση των κατοίκων για την πρόληψη έκτακτων συνθηκών. Επίσης, έχουν εγκατασταθεί περίπου 50 κάμερες παρακολούθησης και φώτα έχουν εγκατασταθεί αποτελεσματικά στην είσοδο της πόλης, δημόσια κτίρια, σε σκοτεινούς χώρους στο πάρκο, διασταυρώσεις σε κεντρικούς δρόμους κ.λπ. Επιπλέον έχουν εγκατασταθεί σε βέλτιστες τοποθεσίες, οι φωτεινοί σηματοδότες LED με αισθητήρες θα σβήνουν όταν δεν υπάρχει κανείς τη νύχτα. Όμως, όταν ανιχνεύεται ένας περαστικός ή ένα αυτοκίνητο, θα παρέχει επαρκή φωτεινότητα για να φωτίζει όχι μόνο την περιοχή ακριβώς κάτω από τον φωτεινό σηματοδότη, αλλά και έναν σύντομο δρόμο μπροστά. Επιπροσθέτως, η ασφάλεια στο επίπεδο της οικίας παρέχεται ενσωματώνοντας λειτουργίες όπως ανίχνευση εισβολής, ανίχνευση πυρκαγιάς και προειδοποίηση έκτακτης ανάγκης στο σύστημα ασφαλείας της οικίας. Και τέλος, προσθέτοντας την υπηρεσία περιπολίας για ασφάλεια για να καλύψει τα τυφλά σημεία που δεν καταφέρνει να καλύψει το ολοκληρωμένο δίκτυο συστημάτων ασφαλείας.



Η 5<sup>η</sup> υπηρεσία είναι η υγειονομική περίθαλψη που το συμβούλιο Fujisawa SST (Fujisawa SST, 2018) ανέφερε ότι το «τοπικό ολοκληρωμένο σύστημα φροντίδας» που υπάρχει για την παροχή συνδεδεμένης και απρόσκοπτης ιατρικής περίθαλψης, νοσηλευτικής περίθαλψης, φροντίδας ηλικιωμένων και φαρμακευτικών υπηρεσιών για



τους κατοίκους αφού θα παρέχει συνδεδεμένες υπηρεσίες που ξεπερνούν τα παραδοσιακά περιθώρια της ιατρικής περίθαλψης, της νοσηλευτικής περίθαλψης, της φροντίδας ηλικιωμένων και των φαρμακευτικών υπηρεσιών. Με βάση τις πληροφορίες για την υγεία των κατοίκων και τις πληροφορίες θεραπείας, θα εξετάζονται μέτρα για την παροχή υπηρεσιών όπου και όταν χρειάζεται χρησιμοποιώντας ΤΠΕ.

## 2.7 Πρότυπο έξυπνης πόλης Τρίκαλα Θεσσαλίας

Η παραδοσιακή πόλη των Τρικάλων<sup>13</sup>, που βρίσκεται στην καρδιά του αγροτικού τοπίου της Ελλάδας, έχει γίνει η πρώτη έξυπνη πόλη αυτής της ευρωπαϊκής χώρας αφού έχει σημειώσει τεράστια πρόοδο σε διάστημα έξι ετών. Ο καινοτόμος χαρακτήρας των Τρικάλων ήρθε στο φως το 2004, όταν το Υπουργείο Οικονομικών της Ελλάδας το χαρακτήρισε ως «πρώτη ψηφιακή πόλη» της χώρας με αποτέλεσμα από το 2014 να εμφανιστεί ένας έντονος ζήλος για να μετατραπεί η πόλη σε μια έξυπνη αστική κοινότητα.



Εικόνα 2.12 Τρίκαλα

Τα Τρίκαλα με πληθυσμό 82.000 κατοίκους δεν εμφανίστηκαν ως ο πρώτος υποψήφιος για να αναβαθμιστεί σε μια έξυπνη πόλη, αλλά σήμερα, με δεκάδες έξυπνα έργα που πραγματοποιήθηκαν στην πόλη να δοκιμάζονται επιτυχώς, η πόλη έχει αρχίσει να εμπνέει όχι μόνο την Ελλάδα αλλά και ολόκληρο τον κόσμο. Ωστόσο, η

<sup>13</sup> Here Is Another Small City Making Big Strides – This Time From Greece <https://www.smartcity.press/trikala-smart-initiatives/> αναρτήθηκε 19 Οκτωβρίου 2018, πρόσβαση 27 Μαΐου 2020.

πόλη μπόρεσε να αναπτύξει μια σειρά έξυπνων λύσεων μέσω διεθνούς συνεργασίας με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και ιδιωτικές εταιρείες. Και τέλος, η πόλη επιλέχθηκε ως μία από τις «κορυφαίες 21 έξυπνες πόλεις» στον κόσμο.

Τα Τρίκαλα<sup>14</sup> έχουν θέσει σε λειτουργία μικρής κλίμακας τις εξής εφαρμογές:

- Έξυπνος χώρος στάθμευσης που διαθέτει 48 αισθητήρες για να παρακολουθούν και να προσφέρουν στους οδηγούς πλοήγηση στις διαθέσιμες θέσεις πάρκινγκ. Η ανάλυση δεδομένων έχει καθορίσει την πολιτική χρέωσης και τη συμπεριφορά των οδηγών και ο Δήμος στοχεύει στη βελτιστοποίηση της υπηρεσίας στάθμευσης σε μεγάλη κλίμακα με τη χρήση του 5G.
- Συλλογή απορριμμάτων με χρήση 20 κάδων που παρακολουθούνται και η δημοτική υπηρεσία να προσφέρει μια υπηρεσία καταχώρισης παραπόνων από τον πολίτη μέσω διαδικτύου και μέσω εφαρμογής για κινητά με αποτέλεσμα να έχει βελτιώσει τη δημοτική υπηρεσία συλλογής απορριμμάτων. Το 5G αναμένεται να επιτρέψει μεγαλύτερη κάλυψη και συμμετοχή των πολιτών για αποτελεσματική συλλογή και επεξεργασία κάδων απορριμμάτων, ενώ η διαδικασία μπορεί να βελτιωθεί με άλλους συνεργάτες (π.χ. για ανακύκλωση).
- Διαχείριση νερού γίνεται με τη χρήση έξυπνων μετρητών που επιτρέπουν την ειδοποίηση των καταναλωτών ακόμα και για ανίχνευση δυσλειτουργίας. Μελλοντικά, ο πάροχος βοηθητικών της υπηρεσίας νερού θα είναι πρόθυμος να κλιμακώσει το 5G και να προσφέρει εξατομικευμένες υπηρεσίες όπως υπηρεσία έγκαιρης προειδοποίησης για διακοπές δικτύου ή εσωτερικές δυσλειτουργίες.
- Αυτόνομα μέσα μαζικής μεταφοράς που έγινε με την λειτουργία αυτόνομου λεωφορείου χωρίς να διαθέτει οδηγό.

Τα Τρίκαλα<sup>14</sup> έχουν ξεκινήσει και το έργο για την εγκατάσταση 5G δικτύου και υπάρχουν και κάποιες εφαρμογές που βρίσκονται σε εξέλιξη, που είναι οι εξής:

- Έξυπνο ανοιχτό εμπορικό κέντρο όπου οι τοπικές διαφημίσεις θα χρησιμοποιούν Wi-Fi μικρής κλίμακας για να μοιράζονται προσωπικές προσφορές με τους συνδεδεμένους χρήστες.

<sup>14</sup> Innovation makes Trikala “Greece’s Smart City Flagship”, says mayor Papastergiou <https://www.keeptalkinggreece.com/2019/02/21/trikala-smart-city/> αναρτήθηκε 21 Φεβρουαρίου 2019, πρόσβαση 1 Ιουνίου 2020.

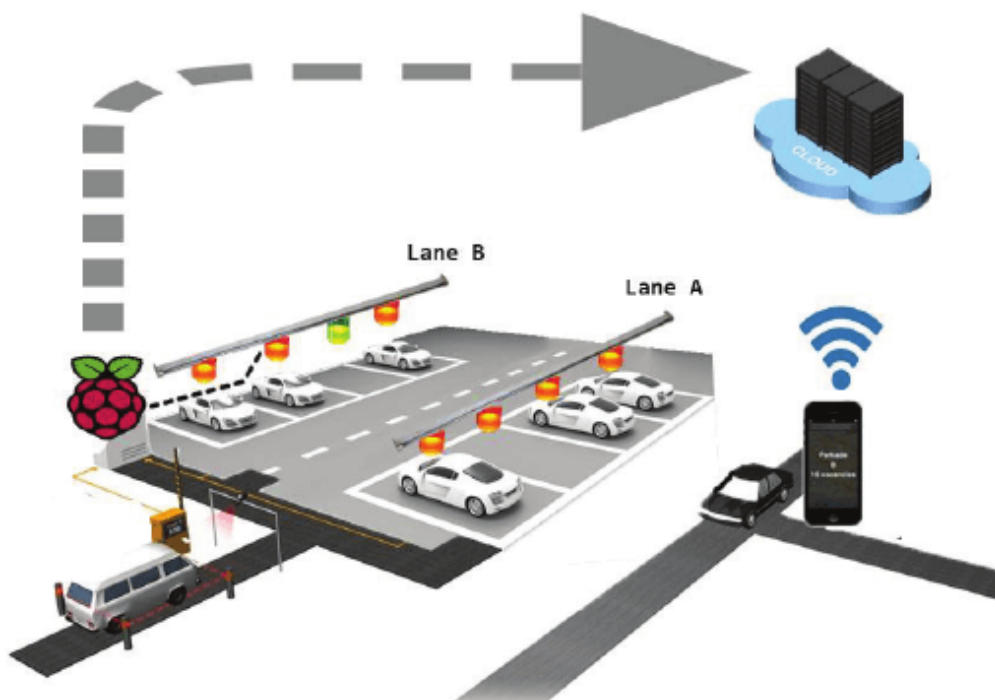
- Ενεργειακή απόδοση της πόλης διότι έχει ξεκινήσει ένα έργο ανάλυσης δεδομένων που υπολογίζει και απεικονίζει την κατανάλωση ενέργειας από τα δημόσια κτίρια και το φωτισμό των δρόμων για την γνώση της αναγκαίας παραγόμενης ενέργειας.
- Προηγμένες υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας που αφορούν τη διαχείριση έξυπνου φωτισμού, έξυπνα κτήρια, έξυπνων κάδων απορριμμάτων και φυσικά με όλες τις υπόλοιπες εφαρμογές που έχουν εγκατασταθεί στην πόλη.
- Υγεία και περίθαλψη για τους κατοίκους με ειδικές ανάγκες που θα παρακολουθούνται από απόσταση από τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης και θα μπορούν να επεμβαίνουν άμεσα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.



### 3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

#### 3.1 Έξυπνη στάθμευση

Ο Willson (Willson, 2015) επισήμανε ότι λόγω της αυξημένης χρήσης των smartphones και των tablets όπως και παρόμοιων συσκευών αφού διαθέτουν GPS μπορεί να γίνεται χρήση εφαρμογών που συγκεντρώνουν πληροφορίες σχετικά με τον τόπο στάθμευσης για παράδειγμα είτε είναι ιδιωτικός ή δημόσιος, ο αριθμός των συνολικών θέσεων, ο αριθμός των κενών θέσεων και των πιασμένων θέσεων όπως και άλλες πληροφορίες που είναι χρήσιμες προς τον χρήστη. Οι χρήστες θα έχουν πρόσβαση σε μια εφαρμογή που είναι συνδεδεμένη απευθείας σε ένα σύστημα στάθμευσης δικτύου συλλογής δεδομένων που θα συλλέγει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο από τα ασύρματα συστήματα αισθητήρων που θα διαθέτει ο χώρος στάθμευσης και θα ελέγχονται και θα εποπτεύονται από έναν μικροελεγκτή ή μικροεπεξεργαστή. Η εφαρμογή θα παρέχει πληροφορίες τοποθεσίας και τιμολόγησης σε πραγματικό χρόνο για επιλογές που διευκολύνουν τη λήψη αποφάσεων και θα καθοδηγεί τους χρήστες σε κάποιο από τους διαθέσιμους χώρους στάθμευσης που επιλέγουν οι χρήστες και στη συνέχεια θα τους καθοδηγεί στις ελεύθερες θέσεις στάθμευσης των συγκεκριμένων χώρων.



Εικόνα 3.1 Σύστημα έξυπνης στάθμευσης

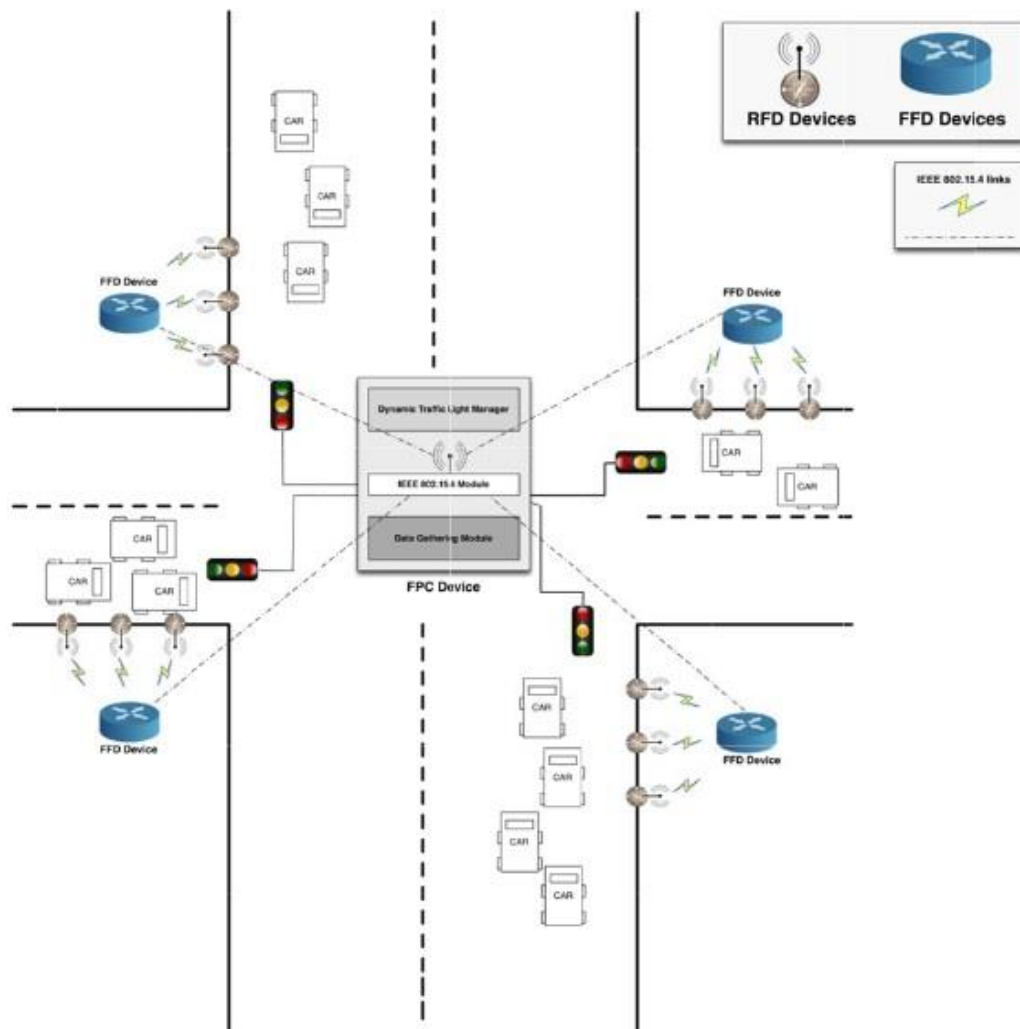
### 3.2 Έξυπνη διαχείριση κυκλοφορίας

Οι Collotta et al. (Collotta et al., 2014) ανέφεραν ότι ένας από τους κύριους στόχους των Ευφύων Συστημάτων Μεταφορών είναι η διασφάλιση της οδικής ασφάλειας, ειδικά όταν υπάρχει μεγαλύτερος αριθμός ατυχημάτων σε διασταυρώσεις που διαθέτουν φωτεινούς σηματοδότες. Τα ατυχήματα στα φανάρια εμφανίζονται για διάφορους λόγους, όπως η έλλειψη προσοχής και η λανθασμένη διαχείριση των φαναριών. Παρόλο που πολλοί ερευνητές επικεντρώθηκαν στη μελέτη καινοτόμων τεχνικών διαχείρισης φωτεινών σηματοδοτών, σήμερα τα περισσότερα από τα φανάρια εκτελούν μια κυκλική λειτουργία ή είναι χειροκίνητα ελεγχόμενα, παρουσιάζοντας ανθρώπινα σφάλματα αξιολόγησης. Αυτή τη στιγμή, τα περισσότερα συστήματα ελέγχου κυκλοφορίας χρησιμοποιούν ενσύρματα υποδομή επικοινωνίας και αυτό συνεπάγεται σε σημαντικό κόστος συντήρησης που μειώνει την αρχιτεκτονική επεκτασιμότητα. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση των υπάρχων συστημάτων ελέγχου κυκλοφορίας. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανίχνευση κυκλοφορίας οχημάτων, με σκοπό να συλλέγουν πληροφορίες κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο και να βοηθούν τους οδηγούς να λαμβάνουν αρκετές αποφάσεις προκειμένου οι οδηγοί να βελτιστοποιήσουν την ώρα άφιξης στο προορισμό τους και να αποφύγουν τον συνωστισμό στους δρόμους.

Οι Collotta et al. (Collotta et al., 2014) ανέφεραν ότι η γνώση της πραγματικής κατάστασης ενός συγκεκριμένου οδικού τμήματος αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για καλύτερη ερμηνεία των ροών κίνησης. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί ένα περιβάλλον παρακολούθησης που βασίζεται σε διαφορετικές τεχνολογίες, προκειμένου να διασφαλιστεί η έγκαιρη επεξεργασία πληροφοριών που προέρχονται από το δρόμο. Τα τμήματα του δρόμου κοντά στη διασταύρωση φωτεινού σηματοδότη παρακολουθούνται χρησιμοποιώντας κατάλληλους κόμβους, που ονομάζονται συσκευές μειωμένης λειτουργίας (**Reduced Function Devices**), εφοδιασμένες με μαγνητικούς αισθητήρες για την ανίχνευση της παρουσίας σιδηρούχων αντικειμένων. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από τα RFD, προωθούνται στη σχετική συσκευή πλήρους λειτουργίας (**Full Function Devices**) που συλλέγει πληροφορίες από το σύμπλεγμα τους και τις διαβιβάζει στον πρώτο

συντονιστή (**Full Pan Coordinator**). Οι κύριες μονάδες που παρέχονται από το FPC είναι:

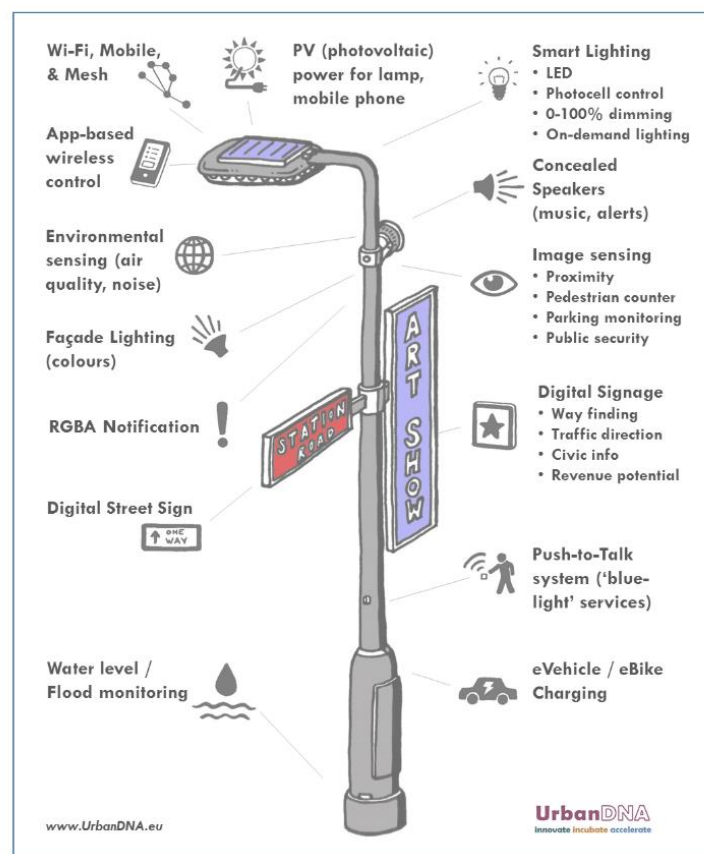
- Το τεχνικό πρότυπο IEEE 802.15.4 για ασύρματη επικοινωνία.
- Μονάδα συλλογής δεδομένων.
- Ένας δυναμικός διαχειριστής φωτεινών σηματοδοτών που χαρακτηρίζεται από έναν αλγόριθμο βασισμένος σε δεδομένα πραγματικού χρόνου που ανιχνεύονται από το δίκτυο και στη συνέχεια καθορίζει τους χρόνους διάρκειας του πράσινου φαναριού που θα εκχωρηθούν στα τμήματα του δρόμου εξασφαλίζοντας υψηλότερη προτεραιότητα σε μεγαλύτερες ουρές.



Εικόνα 3.2 Έξυπνη διαχείριση κυκλοφορίας

### 3.3 Έξυπνος φωτισμός

Οι BSI et al. (BSI et al., 2017) ανέφεραν ότι η υποδομή Humble Lamppost είναι φωτισμός δρόμου που παρέχει πρόσθετες υπηρεσίες και τεχνολογίες σε πόλεις και στους κατοίκους τους των πόλεων αυτών. Είναι λοιπόν προφανές να χρησιμοποιείτε αυτήν την υποδομή όχι μόνο για το φως αλλά και για διασύνδεση κι άλλων συστημάτων που θα βρίσκονται συνδεδεμένα με τις λάμπες Lamppost.



Εικόνα 3.3 Humble Lamppost

Επιπλέον, το Humble Lamppost διαθέτει πολλές δυνατότητες αφού μπορεί να χρησιμοποιεί για την εκτέλεση πρόσθετων υπηρεσιών που περιλαμβάνουν: δυνατότητα (πιθανώς δωρεάν) δημόσιου Wi-Fi, παροχή ενός δικτύου πλέγματος αισθητήρων (IoT) σε όλη την πόλη βοηθώντας τους οδηγούς να βρουν χώρο στάθμευσης, χρήση λαμπτήρων τεχνολογίας LED και διαχείριση μέσω εφαρμογών κινητού για βελτίωση της δημόσιας ασφάλειας, υποστήριξη της περιβαλλοντικής παρακολούθησης για παράδειγμα να γίνεται έλεγχος της ποιότητας του αέρα και της στάθμης του νερού από φυσικές και τεχνικές καταστροφές. Επιπροσθέτως, η λάμπα Lamppost μπορεί να

διαθέτει να είναι ένα μέρος για ηλεκτρονικές πινακίδες που να παρέχει δημόσιες πληροφορίες και διαφημίσεις, με χρήση κατάλληλων αισθητήρων (Push to Talk systems) μπορεί να βοηθήσει ανθρώπους με προβλήματα όρασης. Ένα δίκτυο lampposts μπορεί να αποτελέσει ως πολλαπλά σημεία φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

### 3.4 Έξυπνα συστήματα αυτόνομης οδήγησης

Η αρχιτεκτονική λειτουργίας των αυτόνομων οχημάτων<sup>15</sup> που αποτελείται από δυο βασικά μέρη, τον επεξεργαστή που βρίσκεται μέσα στο όχημα και φυσικά το όχημα. Ο επεξεργαστής διαθέτει τέσσερις λειτουργίες, που είναι οι εξής:

- Ανίχνευση εμποδίων που επιτυγχάνεται με τη χρήση αισθητήρα απόστασης, με τη χρήση LIDAR, RADAR και με τη χρήση κάμερας για στερεοσκοπική όραση, ανίχνευση άκρων και τμηματοποίηση της εικόνας.
- Εφαρμογή κώδικα οδικής κυκλοφορίας που γίνεται με τη χρήση ετικετών RFID και για την εξαγωγή χαρακτηριστικών και αντιστοίχιση προτύπου από την κάμερα.
- Πλοήγηση χρησιμοποιώντας αισθητήρα κωδικοποίησης θέσης σε σήμα και GPS.
- Προσδιορισμός πορείας χρησιμοποιώντας διάφορους αλγόριθμους όπως είναι το SLAM.

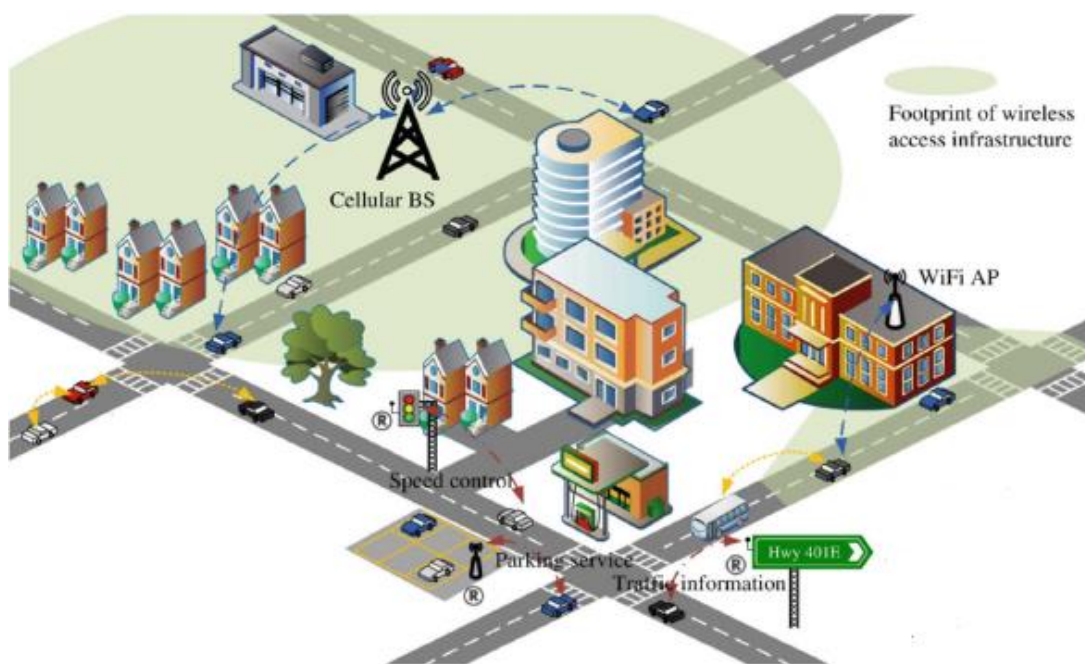
Το όχημα χωρίζεται σε δυο λειτουργίες που είναι ο έλεγχος κίνησης και ο έλεγχος διεύθυνσης. Ο έλεγχος διεύθυνσης επιτυγχάνεται με τη διαφορική οδήγηση. Ο έλεγχος κίνησης αποτελείται από δυο κατηγορίες:

- Μηχανές εσωτερικής καύσης που λειτουργούν με την χρήση ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου και υδραυλικών και πνευματικών ενεργοποιητών.
- Τροφοδοσία με μπαταρία χρησιμοποιώντας MOSFETS και ηλεκτρονόμους.

Ένα όχημα<sup>15</sup> πρέπει να συνδέεται πέρα από το cloud με σκοπό για τη λήψη δεδομένων γεωγραφικής τοποθεσίας και ενημερώσεων χαρτών αλλά να συνδέεται και με τον άνθρωπο (V2H), με άλλα οχήματα (V2V) και με την υποδομή (V2I) προκειμένου να είναι αξιόπιστοι οι συμμετέχοντες στην κυκλοφορία.

<sup>15</sup> The Emerging Future of Autonomous Driving <https://www.intellias.com/de/the-emerging-future-of-autonomus-driving/> αναρτήθηκε 7 Δεκεμβρίου 2017, πρόσβαση 24 Ιουνίου 2020.

Η επικοινωνία Vehicle to Human (V2H)<sup>15</sup> βασίζεται σε μια διεπαφή ανθρώπου-μηχανής που επιτρέπει στον οδηγό να παρατηρεί την πρόθεση της τεχνητής νοημοσύνης του οχήματος πριν κάνει μια κίνηση. Στη συνέχεια με βάση τους αλγόριθμους επεξεργασίας φυσικής γλώσσας και αναγνώριση φωνής, η επικοινωνία V2H απλοποιεί ήδη την εμπειρία αλληλεπίδρασης με συστήματα ψυχαγωγίας πλοήγησης και μπορεί να δημιουργήσει έναν επιπλέον σύνδεσμο μεταξύ αυτοκινήτων αυτόνομης οδήγησης και των ιδιοκτητών τους.



Εικόνα 3.4 Έξυπνο σύστημα αυτόνομης οδήγησης

Η επικοινωνία Vehicle to Vehicle (V2V)<sup>15</sup> ορίζει τα αυτόνομα οχήματα με την πιο αποτελεσματική και ασφαλέστερη πορεία. Με την επικοινωνία με άλλα οχήματα, ένα όχημα μπορεί να λάβει πληροφορίες σχετικά με τα επερχόμενα εμπόδια, την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τους πεζούς στο δρόμο πολύ πριν βρεθούν μπροστά από το όχημα ή να εμφανιστούν στο χάρτη. Τα προηγμένα συστήματα επικοινωνίας V2V θα διευκολύνουν τα αυτόνομα οχήματα να κατανοήσουν τη συμπεριφορά της κυκλοφορίας. Ουσιαστικά, αυτό συμβαίνει επειδή τα οχήματα θα επικοινωνούν μεταξύ τους στη δική τους γλώσσα. Επί του παρόντος, η τεχνητή νοημοσύνη ενός οχήματος πρέπει να προσαρμοστεί στο ανθρώπινο σύστημα πινακίδων και σημάτων για να προβλέψει τις κινήσεις άλλων οχημάτων που οδηγούνται από τον άνθρωπο.



Η επικοινωνία Vehicle to Infrastructure (V2I)<sup>15</sup> επιτρέπει σε ένα αυτόνομο αυτοκίνητο να ανταλλάσσει δεδομένα με το περιβάλλον του, όπως με κτήρια, φανάρια και πινακίδες οδικής κυκλοφορίας.

### 3.5 Έξυπνη διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας

Ένα έξυπνο δίκτυο<sup>16</sup> ή έξυπνο πλέγμα είναι ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που διαθέτει μια αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας. Δεδομένου ότι τα έξυπνα δίκτυα μπορούν να καταγράφουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο όσον αφορά την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και τη ζήτηση σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μεταφοράς και διανομής, καθιστώντας έτσι τη διαδικασία παραγωγής, μεταφοράς και διανομής πολύ πιο αποτελεσματική. Η τεχνολογία έξυπνου πλέγματος ξεχωρίζει δεδομένου ότι ενσωματώνει τις ενέργειες όλων των καταναλωτών στο δίκτυο χρησιμοποιώντας τηλεχειρισμό και αυτοματισμούς μέσω υπολογιστή. Αυτή η αμφίδρομη αλληλεπίδραση καθιστά ένα τέτοιο είδος πλέγματος έξυπνο. Επίσης, η τεχνολογία έξυπνου δικτύου αποτελείται από υπολογιστές, έλεγχο, αυτοματισμούς και σύγχρονες τηλεπικοινωνίες που λειτουργούν μαζί με το ηλεκτρικό δίκτυο για να ανταποκρίνονται ψηφιακά στην ταχέως μεταβαλλόμενη ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος.

Με τις συνεχώς αυξανόμενες πηγές ενέργειας, πρέπει να έχουμε ένα σύστημα που να μπορεί να μας βοηθήσει να ανταποκριθούμε γρήγορα στη μεταβαλλόμενη ζήτηση, ειδικά όταν οι διαλείπουσες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γίνονται και αποτελούν σημαντικό μέρος του συστήματος ισχύος μας. Καθώς διανέμονται όλο και περισσότερες πηγές παραγωγής, ένα έξυπνο δίκτυο θα βοηθήσει να συνδεθούν έξυπνα στο δίκτυο και να παρέχει πολύτιμα δεδομένα στους καταναλωτές, καθώς και στους ιδιοκτήτες σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σχετικά με την πλεονάζουσα ενέργεια ως ανατροφοδότηση στο δίκτυο έναντι της ενέργειας που καταναλώνεται στην περιοχή. Επιπλέον, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι τα έξυπνα πλέγματα είναι επίσης ικανά να ανιχνεύουν διακοπές λειτουργίας και διαθέτουν δυνατότητες ανταπόκρισης που τους επιτρέπουν να «αυτοθεραπεύονται» μερικές φορές. Τα ηλεκτρονικά χειριστήρια που βρίσκονται σε κτήρια είναι ρυθμισμένα να «μιλούν» με το δίκτυο και να ανταποκρίνονται ανάλογα με την κατάσταση. Για παράδειγμα, μπορεί

<sup>16</sup>Electrical and Smart Grid 101 [In Details] <https://www.engineeringworldchannel.com/electrical-grid/> αναρτήθηκε 14 Μαΐου 2019, πρόσβαση 26 Ιουνίου 2020.

να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας σε μια οικεία όταν το δίκτυο είναι υπό πίεση από την υψηλή ζήτηση, όταν το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλό, ειδικά στις ώρες αιχμής. Γίνεται τόσο έξυπνο το δίκτυο που μπορεί να προβλέψει τα πρότυπα κατανάλωσης και να ανταποκριθεί ανάλογα στην κατάσταση για να μειώσει τη χρήση και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας.

Συμπερασματικά, τα οφέλη ενός έξυπνου δικτύου<sup>16</sup>, είναι:

- Αποτελεσματικότερη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ταχύτερη αποκατάσταση μετά από διαταραχές ισχύος.
- Μειωμένο κόστος λειτουργίας και διαχείρισης για τις επιχειρήσεις που αναλαμβάνουν την παραγωγή και τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας και χαμηλότερο κόστος ισχύος για τους καταναλωτές.
- Μειωμένη μέγιστη ζήτηση, η οποία θα βοηθήσει επίσης στη μείωση των ποσοστών ηλεκτρικής ενέργειας.
- Αυξημένη ενσωμάτωση μεγάλης κλίμακας συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας.
- Καλύτερη ενοποίηση συστημάτων παραγωγής ενέργειας από άτομα που είναι ιδιοκτήτες και πελάτες ταυτόχρονα, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας.
- Βελτιωμένη ασφάλεια.

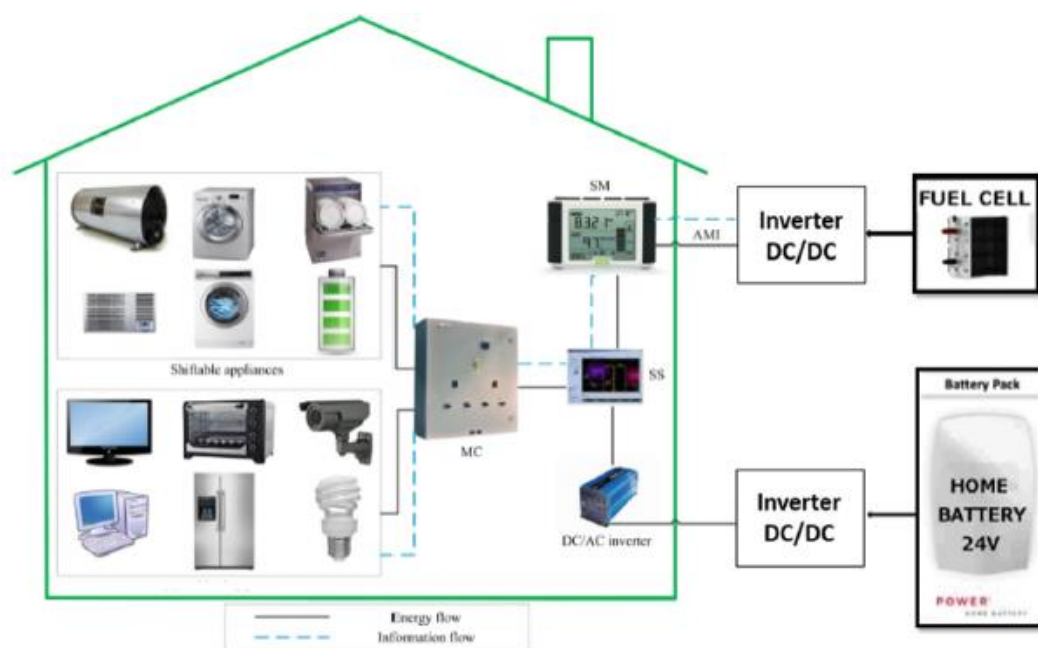


Εικόνα 3.5 Έξυπνο σύστημα διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας.



### 3.6 Έξυπνη διαχείριση κτηρίων

Η υβριδική κυψέλη καυσίμου είναι μια μονάδα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας για την κάλυψη της έλλειψης ενέργειας από διάφορες πηγές. Έτσι, θα είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί μια δομή για τη διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας σύμφωνα με τις διάφορες καταστάσεις της πηγής ενέργειας, το φορτίο και τους τελικούς χρήστες. Για να ενσωματωθούν οι νέες πηγές που είναι η υβριδική κυψέλη και μια μπαταρία των 24V, είναι απαραίτητο να αναθεωρηθεί η δομή των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας και η μετατροπή των ενεργειακών τους διαδικασιών σε ένα έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτή η αλλαγή του κλασσικού δικτύου σε έξυπνο δίκτυο θα βασιστεί σε νέα μέρη όπως έξυπνοι μετρητές, Internet of Things (IoT) και συνδεδεμένα ηλεκτρικά οχήματα. Το IoT μπορεί να αποφέρει οφέλη όσον αφορά την απόκτηση δεδομένων και την παρακολούθηση της έξυπνης οικιακής κατανάλωσης. Στη συνέχεια ένας ελεγκτής συνδέεται με αισθητήρες και διαφορετικά στοιχεία του έξυπνου σπιτιού, επομένως τα δεδομένα από το IoT μπορούν να αξιοποιηθούν για την παρακολούθηση και τη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας.



Εικόνα 3.6 Έξυπνη διαχείριση κτηρίου

Στην εικόνα 3.6 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική επικοινωνίας μεταξύ των στοιχείων του συστήματος πολλαπλών πηγών που αποτελείται από τον έξυπνο ελεγκτή και το φορτίο. Σε αυτήν την περίπτωση, το σύστημα ισχύος αποτελείται από μια πηγή

ισχύος και ένα στοιχείο αποθήκευσης. Το δεύτερο συστατικό αυτής της αρχιτεκτονικής είναι το σύστημα ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας που παίζει τον ρόλο απόκτησης των δεδομένων κατάστασης πηγών και τη ζήτηση του φορτίου για να κάνει μια σύλληψη των νόμων ελέγχου και της βελτιστοποίησης στις πηγές ενέργειας. Για τη δημιουργία αυτών των νόμων με αποτελεσματικό τρόπο, η μονάδα ελέγχου πρέπει να γνωρίζει την ισχύ που απαιτείται από το φορτίο σε πραγματικό χρόνο.

### 3.7 Μέτρηση περιβαλλοντικών παραμέτρων και καιρικών συνθηκών

Το Wasmote Plug & Sense <sup>17</sup>είναι μια συσκευή η οποία διαθέτει διάφορους αισθητήρες για την μέτρηση των παρακάτω παραμέτρων:

- Θερμοκρασία
- Πίεση του αέρα
- Κατεύθυνση ανέμου
- Ταχύτητα ανέμου
- Βροχοπτώσεις
- Υγρασία
- Αμμωνία
- Υδρόθειο
- Φωσφίνη

Στη συνέχεια το Wasmote Plug & Sense<sup>17</sup> συλλέγει όλες τις πληροφορίες από τα αισθητήρια και τις στέλνει μέσω 4G σε μια κεντρική βάση δεδομένων που διανέμει αυτές τις πληροφορίες σε μια εφαρμογή για το κινητό. Η εφαρμογή για το κινητό είναι διαθέσιμη για κάθε πολίτη της πόλης να τη χρησιμοποιεί και να πληροφορείται για τον καιρό για τις περιβαλλοντικές παραμέτρους της πόλης.

Ο σκοπός της ύπαρξης μιας τέτοιας συσκευής μέσα σε διάφορα σημεία μιας πόλης είναι για την ασφάλεια των πολιτών από περιβαλλοντικές παραμέτρους που μπορούν να είναι βλαβερές για τον άνθρωπο και την πληροφόρηση των πολιτών για

<sup>17</sup> Reducing Logistics' environmental impact by air quality monitoring in the Baltic Sea Port of Gdansk, Poland <http://www.libelium.com/reducing-logistics-environmental-impact-by-air-quality-monitoring-in-the-baltic-sea-port-of-gdansk-poland/> αναρτήθηκε 29 Μαΐου 2018, πρόσβαση 4 Ιουλίου 2020.

τον καιρό έτσι ώστε να μπορούν να προφυλαχτούν από διάφορες καιρικές συνθήκες.



Εικόνα 3.7 Wasmote Plug & Sense.

### 3.8 Έξυπνη διαχείριση απορριμμάτων

Η εταιρία Evreka<sup>18</sup> δημιούργησε μια συσκευή που τοποθετείται στους κάδους απορριμμάτων. Η συσκευή διαθέτει διάφορους αισθητήρες για την συλλογή δεδομένων που αφορούν την πληρότητα των κάδων, τη θερμοκρασία, την τοποθεσία και τις διάφορες κινήσεις των κάδων σε πραγματικό χρόνο. Στη συνέχεια, με την εγκατάσταση tablets στα απορριμματοφόρα που θα φέρουν την εφαρμογή της εταιρίας, θα μπορούν να βλέπουν οι υπάλληλοι του δήμου από τα tablets την πληρότητα των κάδων και ο αλγόριθμος πρόβλεψης που τρέχει μέσα στην εφαρμογή θα δημιουργεί την βέλτιστη διαδρομή που θα ακολουθήσει το απορριμματοφόρο για την συλλογή των απορριμμάτων από τους γεμάτους κάδους. Ως αποτέλεσμα, γίνεται μείωση κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα έως και 55% αφού τα απορριμματοφόρα θα ακολουθούν δρομολόγια που θα περνάνε μόνο από γεμάτους κάδους.

<sup>18</sup> Evreka! There's a Solution for Smart Waste Collection Management in Smart Cities <https://interestingengineering.com/evreka-theres-a-solution-for-smart-waste-collection-management-in-smart-cities> αναρτήθηκε 27 Μαΐου 2019, πρόσβαση 5 Ιουλίου 2020.



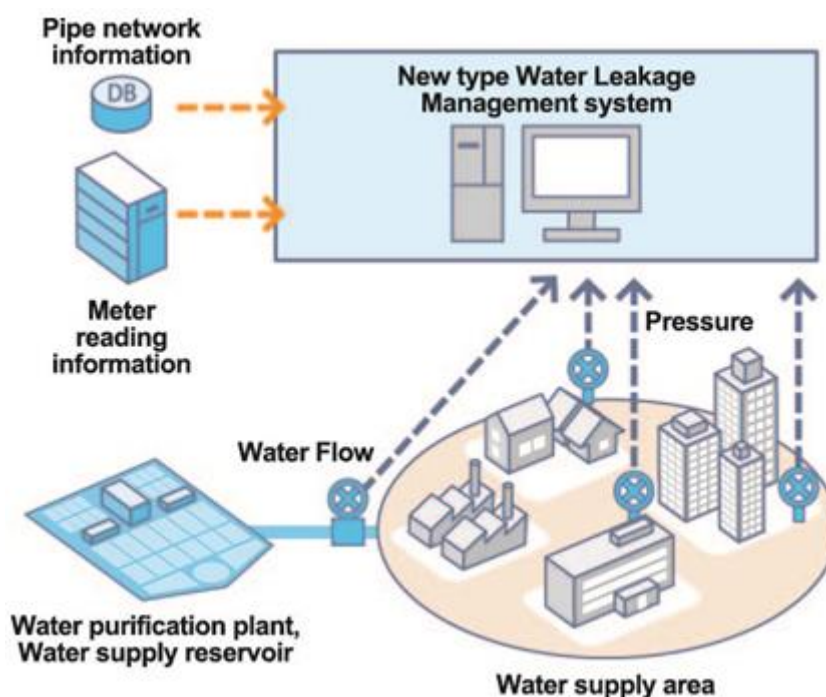
Εικόνα 3.8 Συσκευή της εταιρίας Enreka.

### 3.9 Έξυπνη διαχείριση υδάτων

Το σύστημα διαχείρισης υδάτων<sup>19</sup> που προτείνει η HITACHI, χρησιμοποιεί τεχνολογία πληροφοριών για την εκτίμηση περιοχών με μεγάλη διαρροή σε δίκτυα σωλήνων νερού, απλοποιώντας έτσι τις διαδικασίες διαχείρισης διαρροών νερού. Το σύστημα χρησιμοποιεί την ανάλυση προσομοίωσης της HITACHI που συνδυάζει πληροφορίες αισθητήρων, πληροφορίες υποδομών ύδρευσης όπως υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των σωλήνων νερού, χρονολογίες που έγιναν οι εγκαταστάσεις, τη γήρανση των σωλήνων και πληροφορίες ροής και πίεσης από αισθητήρες που συνδέονται με το δίκτυο τροφοδοσίας νερού και τεχνολογίες υδραυλικής ανάλυσης για να διαιρέσει ουσιαστικά το δίκτυο σωλήνων νερού και στη συνέχεια να εκτιμήσει σε μικρές περιοχές που έχουν μεγάλη διαρροή. Το σύστημα επιτρέπει στους χειριστές να εκτιμούν τη διαρροή νερού σε μονάδες μικρών περιοχών πριν αρχίσουν τις εργασίες για να εντοπίσουν σημεία διαρροής στο πεδίο. Αυτό προσδιορίζει σε ποιες περιοχές ο χειριστής πρέπει να εστιάσει τα μέτρα αντιμετώπισης διαρροών, βοηθώντας το τεχνικό προσωπικό να διεξάγει αποτελεσματικά τις διαδικασίες διαχείρισης διαρροών νερού. Πρακτικά, Το σύστημα συγκρίνει τις πραγματικές τιμές ροής και πίεσης που μετρούνται από αισθητήρες με τιμές που υπολογίζονται σε μια προσομοίωση υδραυλικής ανάλυσης που λαμβάνει υπόψη την κατανομή γήρανσης των σωλήνων για την εκτίμηση μικρών περιοχών με μεγάλη

<sup>19</sup> New system streamlines water leakage management <https://phys.org/news/2015-06-leakage.html> αναρτήθηκε 10 Ιουνίου 2015, πρόσβαση 5 Ιουλίου 2020.

διαρροή νερού. Δεδομένου ότι εκτιμά το συνολικό ποσό διαρροής για κάθε μικρή περιοχή αντί να εκτιμά τη θέση και την κλίμακα μεμονωμένων διαρροών, μπορεί να εκτιμήσει περιοχές με πολλαπλές διαρροές ανεξάρτητα από το μεμονωμένο μέγεθος διαρροής, καθιστώντας τις λειτουργίες διαχείρισης διαρροών νερού πιο αποτελεσματικές. Επιπλέον, η εγκατάσταση του συστήματος απαιτεί την εγκατάσταση μόνο ενός ελάχιστου αριθμού νέων αισθητήρων, διατηρώντας έτσι το κόστος εγκατάστασης χαμηλό. Επιπροσθέτως, οι πληροφορίες σχετικά με τη γήρανση των σωλήνων νερού, οι οποίες αναλύονται και χρησιμοποιούνται από το σύστημα της εταιρίας HITACHI, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά όχι μόνο για τη διαχείριση διαρροών νερού, αλλά και για τη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων, όπως ο προγραμματισμός αναβαθμίσεων για δίκτυα σωλήνων.



Εικόνα 3.9 Έξυπνο σύστημα διαχείρισης υδάτων

Πραγματοποιήθηκε<sup>19</sup> ένα πείραμα όπου εκκενώθηκε νερό από πυροσβεστικούς κρουούς για προσομοίωση διαρροών προκειμένου να επαληθευτεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος. Σε μια κατάσταση όπου το 3,5% του μέσου όγκου παροχής νερού απελευθερώθηκε από μια αναγνωρισμένη περιοχή, το σύστημα μπόρεσε να αποδώσει με ακρίβεια την αύξηση της κατανάλωσης από την προσομοιωμένη διαρροή στην περιοχή απελευθέρωσης νερού. Το σύστημα

εφαρμόστηκε με επιτυχία ενώ χρησιμοποιούσε μόνο πληροφορίες από επιλεγμένους μερικούς εγκατεστημένους αισθητήρες στο δοκιμασμένο δίκτυο παροχής νερού.

### 3.10 Τεχνολογίες διασύνδεσης εφαρμογών σε μια έξυπνη πόλη

Οι πιο ευρέως διαδομένες τεχνολογίες διασύνδεσης εφαρμογών που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

Οι Chafi και Fakhri (Chafi και Fakhri , 2018) ανέφεραν ότι το **Bluetooth**, είναι ένα πρότυπο επικοινωνίας που δημιουργήθηκε από την Ericsson το 1994. Βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.1. Αυτή η τεχνολογία χαρακτηρίζεται από τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας χαμηλής ισχύος, μικρής εμβέλειας και χαμηλού κόστους, προσαρμοσμένη για μετάδοση δεδομένων μεταξύ των κινητών συσκευών. Η μετάδοση της ροής δεδομένων γίνεται μέσω μια μικρής πλακέτας που αποτελείται από ένα ραδιοκύκλωμα χαμηλού κόστους και βρίσκεται στο εσωτερικό μιας συσκευής για να γίνει η ασύρματη επικοινωνία μεταξύ συσκευών με εύρος μερικών δεκάδων μέτρων όπως και με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο, το Bluetooth βασίζεται σε ταχύτητα 1 Mbps, το οποίο μας επιτρέπει περίπου 1600 ανταλλαγές ανά δευτερόλεπτο σε full duplex. Σήμερα, εκτιμάται ότι 10 δισεκατομμύρια αντικείμενα διαθέτουν Bluetooth. Το 2014, διαφορετικά πρότυπα ακολούθησαν το ένα το άλλο για να προκύψει το Bluetooth 4.2. Οι κύριες αποσυνδεδεμένες λειτουργίες εμπίπτουν σε δύο αρχιτεκτονικές ομάδες. Στην πρώτη, είναι οι λειτουργίες υψηλού επιπέδου της ομάδας υποδοχής, για τη δεύτερη, ο ελεγκτής εστιάζει σε λειτουργίες επικοινωνίας χαμηλού επιπέδου. Αυτές οι δύο ομάδες επικοινωνούν μεταξύ τους με τυποποιημένο τρόπο μέσω Host Controller Interface (HCI).

Οι Chafi και Fakhri (Chafi και Fakhri , 2018) ανέφεραν ότι το **Wi-Fi** ή αλλιώς Wireless Fidelity και ακολουθεί το πρότυπο IEEE 802.11 που κυκλοφόρησε το 1997. Το Wi-Fi Θεωρήθηκε ως συλλογή προτύπων επικοινωνίας ασύρματου τοπικού δικτύου (WLAN). Το Wi-Fi επιτρέπει τη δημιουργία ασύρματων και τοπικών δικτύων υψηλής ταχύτητας σε εύρος ζώνης 2,4 και 5 GHz. Επιπλέον, καθορίζει τη σχέση των συσκευών σε μια ακτίνα δράσης αρκετών δεκάδων μέτρων. Το Wi-Fi παρέχει ένα εύρος επικοινωνίας από 20 μέτρα σε εσωτερικούς χώρους έως 100 μέτρα σε εξωτερικούς χώρους.



Η Γκενέ (Γκενέ , 2018) ανέφερε ότι το 5G βρίσκεται ακόμα σε πρόωρη φάση της εξάπλωσής του στις μικροκυματικές συχνότητες και γι' αυτό αναμένεται να αποτελέσει το βασικό δίκτυο κυψελωτής κινητής τηλεφωνίας και να αποτελέσει την ετερογενή πλατφόρμα επικοινωνίας διαφορετικών μεταξύ τους υποδομών και δικτύων. Ως τεχνολογία, το 5G θα υποστηρίζει την δυνατότητα διαχείρισης σε μαζική κλίμακα IoT εφαρμογών καθώς και την επικοινωνία ανάμεσα σε μηχανήματα. Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του 5G αφορούν τις μικροκυματικές συχνότητες που είναι στα 3.5 GHz. Το 5G θα υποστηρίζει ευρυζωνικότητα έως 500 – 700 Mbps και για τις παρεχόμενες υπηρεσίες μέχρι 40 MHz με πολύ χαμηλή καθυστέρηση δικτύου. Επίσης το 5G πρόκειται να καλύπτει και χιλιοστομετρικές συχνότητες με επικρατούσες πιθανές φέρουσες συχνότητες τα 73 ή/και τα 80 GHz. Με αποτέλεσμα το 5G αναμένεται να υποστηρίζει υπηρεσίες και εφαρμογές με εύρος ζώνης μέχρι και 25 φορές πάνω από το σημερινό μέγιστο των 40 MHz, και ρυθμούς μετάδοσης της τάξης των 1.3 Gbps και το μέγιστο 10 Gbps . Οι κυψέλες του 5G σε αυτήν την περιοχή συχνοτήτων δεν θα ξεπερνούν τα 10-20 μέτρα και φυσικά αναμένεται να δώσουν πολύ μεγαλύτερες δυνατότητες ως προς την εξυπηρέτηση χρηστών και την επίτευξη της μέγιστης ευρυζωνικότητας ανά χρήστη.

### **3.11 Ανάπτυξη εφαρμογής με όλες τις προσφερόμενες υπηρεσίες ενός αστικού περιβάλλοντος**

Η Γκενέ (Γκενέ , 2018) επισήμανε ότι οι εφαρμογές ενός αστικού περιβάλλοντος πρέπει να φέρουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Άμεση και γρήγορη ενημέρωση των περιεχομένων .
- Ταυτόχρονη ενημέρωση των χρηστών.
- Να μην απαιτούνται ειδικές γνώσεις από τους χρήστες.
- Δυνατότητα αναζήτησης.
- Ασφάλεια.
- Μικρότερος φόρτος στον εξυπηρετητή.
- Όλο το περιεχόμενο να καταχωρείται στη βάση δεδομένων.
- Μικρές σχετικά απαιτήσεις σε πόρους του συστήματος.

Η Γκενέ (Γκενέ , 2018) πρότεινε ότι οι εφαρμογές μπορούν να περιέχουν:

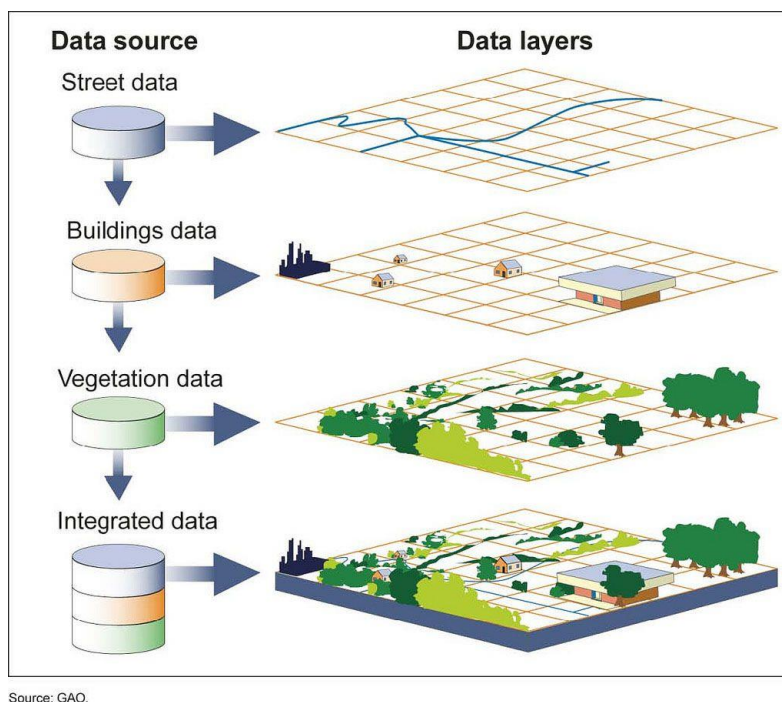
- Ενημερώσεις, νέα, ανακοινώσεις, δελτία τύπου, προκηρύξεις-διαγωνισμοί, εκδηλώσεις.
- Πρόγνωση καιρού και περιβαλλοντικών συνθηκών.
- Χρήσιμους χάρτες του αστικού περιβάλλοντος.
- Υπηρεσίες που προσφέρει ένα δημαρχείο, και άλλες δημόσιες υπηρεσίες όπως είναι το ΚΕΠ.
- Παρουσίαση του δήμου, αξιοθέατα και δραστηριότητες που μπορεί να πραγματοποιήσει ένας επισκέπτης.
- Διάφοροι σύλλογοι που διαθέτει ένα αστικό περιβάλλον όπως πολιτιστικοί σύλλογοι, αθλητικοί σύλλογοι.
- Χρήσιμα τηλέφωνα και τηλέφωνα εκτάκτου ανάγκης όπως τηλέφωνα δημαρχείου, σχολείων, πυροσβεστικής, αστυνομίας, νοσοκομείων.
- Πληροφορίες για τους έξυπνους χώρους στάθμευσης, όπως η ενημέρωση της διαθεσιμότητας θέσεων.
- Πληροφορίες για τα μέσα μαζικής μεταφοράς, όπως είναι τα δρομολόγια και ο χρόνος αναμονής σε μια στάση μέχρι την άφιξη του οχήματος.

### 3.12 Ολοκληρωμένο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών

Οι Chinhava1 et al. (Chinhava1 et al., 2018) επισήμαναν ότι το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) υπάρχει εδώ και αρκετό καιρό και στις περισσότερες χώρες έχει εφαρμοστεί για να απεικονίσει τη γη χρησιμοποιώντας συντεταγμένες ενώ διαθέτει καλύτερη οπτικοποίηση και πλοήγηση. Το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών ορίζεται ως μια συλλογή λογισμικού υπολογιστών και πληροφοριών που χρησιμοποιούνται για την προβολή, ανάλυση, διαχείριση και εμφάνιση γεωγραφικών δεδομένων. Χρησιμοποιώντας το GIS, οι χρήστες μπορούν να αναζητήσουν πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, να αναλύσουν τις χωρικές πληροφορίες και στη συνέχεια να επεξεργαστούν τα δεδομένα για να δημιουργήσουν χάρτες, αναφορές και διαγράμματα που τους δείχνουν τα αποτελέσματα σε οπτικές φόρμες. Το GIS έχει εφαρμογή σε διάφορους τομείς που περιλαμβάνουν την έρευνα αγοράς, έρευνα γης, μηχανική και περιβαλλοντικό και αστικό σχεδιασμό πόλης. Πρακτικά, το GIS περιγράφει πώς οι χάρτες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο σε αστικό και περιβαλλοντικό σχεδιασμό με τη



χρήση διαφανειών με διαφορετικά χαρακτηριστικά από τη φύση, όπως η γεωλογία, η υδρολογία, η ιστορική χρήση της γη και η χωροθέτηση. Επισημαίνεται ότι το GIS χρησιμοποιεί τους χάρτες για τον προσδιορισμό της πιθανής χρήσης γης με την επικάλυψη διαφανειών και με τα διαφορετικά χαρακτηριστικά της γης μπορεί να κατηγοριοποιήσει διάφορα κομμάτια της γης σε αστικά, προάστια, βιομηχανικά και σε γεωργικά.

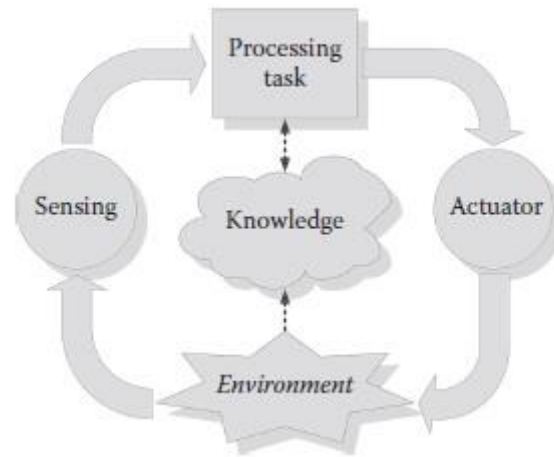


Εικόνα 3.10 Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών

### 3.13 Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Οι Armentano et al. (Armentano et al., 2018) ανέφεραν ότι η απόκτηση δεδομένων γίνεται από αισθητήρες που υπάρχουν στους κόμβους ΙΟΤ, οι αισθητήρες είναι απαραίτητοι για τα συστήματα ΙΟΤ για τη μετατροπή των χαρακτηριστικών ή των συνθηκών ενός περιβάλλοντος, όπως η θερμοκρασία, η κίνηση και η υγρασία σε ένα άλλο στοιχείο που μπορεί να είναι κατάλληλο για επεξεργασία από έναν μικροελεγκτή, δηλαδή η μετατροπή των μετρήσεων σε ψηφιακά σήματα. Αυτά τα δεδομένα θα μεταφερθούν στην εφαρμογή, στην οποία θα αναγνωρίζονται ως πληροφορίες. Ένας κόμβος αποτελείται από έναν ή περισσότερους αισθητήρες και μετατροπείς. Οι μετατροπείς είναι υπεύθυνοι για τη μετατροπή μιας μορφής πρωτογενούς ενέργειας σε άλλη. Αυτές οι συσκευές μπορούν να μετατρέψουν οποιοδήποτε είδος ενέργειας σε

ηλεκτρισμό. Ο μετατροπέας μπορεί να λειτουργήσει και ως ενεργοποιητής στο περιβάλλον παρακολούθησης.



Εικόνα 3.11 Αλληλεπίδραση κόμβου κατά τη συλλογή δεδομένων από το περιβάλλον που παρακολουθείται

Οι Armentano et al. (Armentano et al., 2018) ανέλυσαν το σχήμα που απεικονίζει η εικόνα 3.11 και διαπιστώνεται ότι ένας κόμβος συλλέγει δεδομένα από το περιβάλλον που παρακολουθείται και αυτός ο κύκλος εκτελείται σε επανάληψη σύμφωνα με τα διαθέσιμα εργαλεία ανίχνευσης, όπως οι τύποι αισθητήρων που χρησιμοποιούνται από τον κόμβο στην επιθυμητή εφαρμογή. Η απόκτηση δεδομένων γίνεται από αισθητήρες που μετρούν τα φαινόμενα του περιβάλλοντος και μετατρέπουν αυτές τις τιμές σε ηλεκτρικά σήματα για να τα μεταφέρουν στις εισόδους του μικροελεγκτή, οι οποίοι με τη σειρά τους μετατρέπουν αυτά τα παραληφθέντα σήματα στις απαραίτητες πληροφορίες για να προωθηθούν σε άλλους κόμβους δικτύου ή να υποστούν επεξεργασία στον δικό τους κόμβο.

Οι Song et al. (Song et al., 2017) ανέλυσαν τα στάδια της ανάλυσης και συλλογής δεδομένων. Τα στάδια είναι τα εξής:

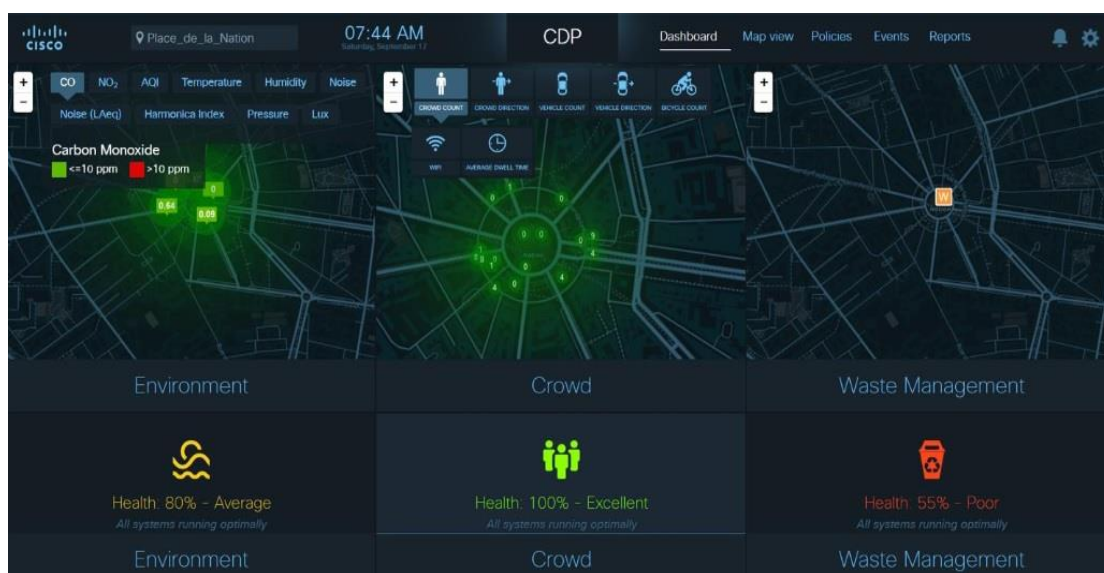
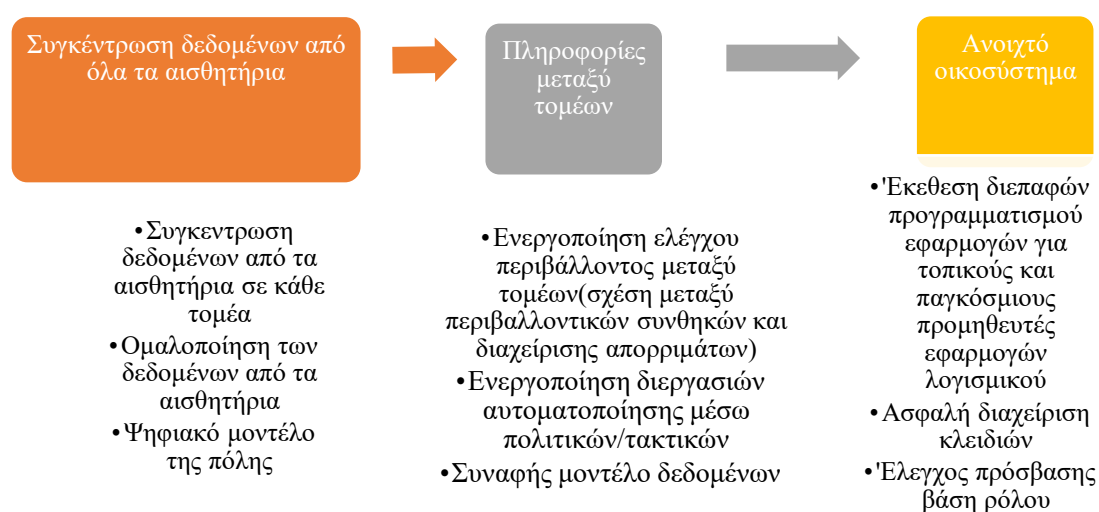
- **Συλλογή δεδομένων:** η πλατφόρμα έξυπνης πόλης περιλαμβάνει μια λειτουργία βάσης δεδομένων. Επιπλέον, η πλατφόρμα της πόλης χειρίζεται επίσης τη συλλογή και τη διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων χρήσιμων δεδομένων, όπως αρχεία κατανάλωσης, λειτουργίας και δυσλειτουργίες. Για παράδειγμα, δεδομένα σχετικά με την παροχή και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που συλλέγονται από αισθητήρες. Καθώς η περιοχή υπηρεσιών

επεκτείνεται και με έναν αριθμό χρηστών, τα δεδομένα που δημιουργούνται και συλλέγονται θα είναι τεράστια. Η δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων στη μνήμη παρέχει εγγύηση μηδενικού λανθάνοντος χρόνου, που σημαίνει ότι οι πληροφορίες ελέγχου φτάνουν στη συσκευή εντός του εκχωρημένου χρόνου. Η πλατφόρμα έξυπνης πόλης συλλέγει δεδομένα ημερολογίου σε διαστήματα μεταξύ αρκετών δευτερολέπτων και αρκετών λεπτών, συμπεριλαμβανομένων δεδομένων σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος ή τους συναγερμούς (ειδοποίηση δυσλειτουργίας). Αυτό παρέχει έγκαιρες ενημερώσεις σχετικά με το εάν το σύστημα λειτουργεί κανονικά. Σε περίπτωση δυσλειτουργίας, η αναγνώριση της βασικής αιτίας διευκολύνεται μέσω των δεδομένων του ημερολογίου.

- **Ανάλυση δεδομένων:** αφορά τη διαρκή διαδικασία που τα δεδομένα συλλέγονται, φιλτράρονται και ταξινομούνται συστηματικά για να επιτρέψουν την κατάλληλη ανάλυση με σκοπό να παράγουν έγκαιρες ενεργές πληροφορίες. Στη συνέχεια, η παρεμβολή δεδομένων αφορά την παρεμβολή της συνολικής κατάστασης από τα συλλεγόμενα δεδομένα δειγματοληψίας. Για παράδειγμα, τα δεδομένα ηλεκτρικής ενέργειας ενδέχεται να μην συλλέγονται από όλα τα κτίρια. Αντί αυτού, η στατιστική ανάλυση ή άλλες βιώσιμες τεχνικές θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας για ολόκληρη την περιοχή. Ομοίως, τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να είναι χρονικά σφραγισμένα και αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων.
- **Συντονισμός εφαρμογών:** τα δεδομένα που συλλέγονται και τα δεδομένα που λαμβάνονται από την ανάλυση διατίθενται σε εφαρμογές για να ληφθεί υπόψη η τακτική καθώς και οι στρατηγικές σχέσεις μεταξύ διαφόρων πτυχών της πλατφόρμας, συμπεριλαμβανομένου του τρόπου ελέγχου και χρήσης της. Μελλοντικά, θα υπάρχουν αρκετές πλατφόρμες έξυπνων πόλεων από προμηθευτές προϊόντων πληροφορικής και παρόχους λογισμικού για τη μετατροπή των πόλεων σε έξυπνες πόλεις.

### 3.14 Έξυπνη και διασυνδεδεμένη ψηφιακή πλατφόρμα

Οι Doležel και Balášová (Doležel και Balášová, 2017) διατύπωσαν ότι η έξυπνη διασυνδεδεμένη πλατφόρμα, είναι η πλατφόρμα στην οποία απεικονίζεται το ψηφιακό μοντέλο ενός αστικού περιβάλλοντος και συγκεντρώνονται όλα τα δεδομένα από τα αισθητήρια του κάθε τομέα που χρησιμοποιούνται στο περιβάλλον αυτό με σκοπό την επίβλεψη και διαχείριση των αισθητήρων. Πρακτικά, με το παρακάτω σχήμα αναπαριστάτε η λειτουργία της έξυπνης και διασυνδεδεμένης ψηφιακής πλατφόρμας.



Εικόνα 3.12 Έξυπνη και διασυνδεδεμένη ψηφιακή πλατφόρμα.

### 3.15 Κέντρο διαχείρισης/ελέγχου της έξυπνης πόλης

Οι Bellini et al. (Bellini et al., 2018) ανέφεραν για την ανάπτυξη μιας έξυπνης πόλης δίνεται μεγάλη έμφαση στη δημιουργία του λεγόμενου κέντρου ελέγχου της έξυπνης πόλης. Το κέντρο ελέγχου είναι μια περιοχή που αποτελείται από ένα ή από τα περισσότερα δωμάτια στο οποίο συλλέγονται όλα τα δεδομένα και τα υψηλού επιπέδου δεδομένα / αποτελέσματα συνοψίζονται και καθίστανται προσβάσιμα για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και για τους φορείς της πόλης. Σε μεγάλες πόλεις, το κέντρο ελέγχου περιλαμβάνει μεγάλα πάνελ / οθόνες στα οποία αναφέρεται η κατάσταση της πόλης παρουσιάζοντας την άποψη της πόλης με κάποια σύνθεση, προβλέψεις, ειδοποίηση δεδομένων σχετικά με: κινητικότητα, ενέργεια, κοινωνικές δραστηριότητες, περιβάλλον, καιρός, δημόσια μέσα μεταφοράς, ροή ανθρώπων, υγεία, νερό, ασφάλεια όπως και με άλλες χρήσιμες πληροφορίες. Στις πόλεις μεσαίου μεγέθους, η καθημερινή διαχείριση των πόρων της πόλης πραγματοποιείται από ένα σύνολο χωριστών χειριστών πόλεων δηλαδή, διαχειρίζονται αυτόνομα τους χώρους ελέγχου τους, αποκτώντας πρόσβαση και δίνουν τα δικά τους δεδομένα για να λάβουν τις δικές τους αποφάσεις, οι οποίες ενδέχεται να έχουν περιορισμένο πεδίο εφαρμογής. Για παράδειγμα, όταν το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας έχει πρόβλημα σε μια περιοχή της πόλης, η ενέργεια ανακατευθύνεται για να φτάσει σε όλες τις πιθανές υποπεριοχές μέσω διαφορετικής διαδρομής.

Οι Bellini et al. (Bellini et al., 2018) επισήμαναν ότι οι ανάγκες ύπαρξης ενός κέντρου διαχείρισης της πόλης, ανέπτυξε το ζήτημα για το τι πρέπει να εμφανίζεται σε: (i) πάνελ στους τοίχους, (ii) υπολογιστές των χειριστών, (iii) τρόπο συλλογής και υπολογισμού των δεδομένων. Επομένως, οι διεργασίες είναι πολύ περίπλοκες για διαχείριση, καθώς ο όγκος των πληροφοριών είναι ετερογενής και μεγάλος και πρέπει εύκολα να γίνει κατανοητός από τους παρατηρητές των πάνελ στον τοίχο και των υπολογιστών. Όμως, δεν είναι μόνο το πρόβλημα χρηστικότητας αλλά είναι και το πρόβλημα κατανόησης, το πρόβλημα αναπαράστασης δεδομένων, το πρόβλημα αρμοδιότητας των παρατηρητών/χειριστών και των υπευθύνων λήψης αποφάσεων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι παρατηρητές/χειριστές πρέπει να εκπαιδευτούν για να κατανοήσουν τις αναπαραστάσεις δεδομένων και γραφικών και πρέπει να είναι σίγουροι για το τι βλέπουν να το κατανοούν βαθιά όπως και όλες τις μεμονωμένες λεπτομέρειες που εμφανίζονται στην οθόνη. Τα εργαλεία για την απόδοση

πληροφοριών του κέντρου ελέγχου ονομάζονται συνήθως πίνακες ελέγχου και υποστηρίζονται από εργαλεία συγκέντρωσης δεδομένων. Οι πίνακες ελέγχου πρέπει να είναι ικανοί για την παρουσίαση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο με διάφορους τρόπους και με ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο στην οθόνη αυτόνομα ανάλογα με το χρόνο ανανέωσης κάθε πηγής δεδομένων.

Σύμφωνα με τους Bellini et al. (Bellini et al., 2018) ανέλυσαν τις απαιτήσεις που πρέπει να έχει ένα κέντρο ελέγχου από τους πίνακες ελέγχου είναι:

- Εμφάνιση δεδομένων σε widget σύμφωνα με πολλά γραφικά παραδείγματα (πίνακες, γραφήματα, ιστογράμματα, χάρτες) διαθέτοντας διαδραστικότητα και κινούμενη εικόνα.
- Εμφάνιση δεδομένων για αυτόνομα και συνδεδεμένα / συγχρονισμένα widget.
- Συλλογή, εμφάνιση και διατήρηση ενημερώσεων σε δεδομένα οθόνης με αυτόματη ανανέωση για κάθε προβολή.
- Συλλογή και εμφάνιση δεδομένων που προέρχονται από διαφορετικά μεγάλα δεδομένα.
- Σύνθεση του πίνακα ελέγχου ως σύνολο γραφικών και ενσωματωμένων widget που μπορούν να ρυθμιστούν ξεχωριστά με την εκχώρηση ορισμένων παραμέτρων όπως είναι η πηγή δεδομένων, το μέγεθος, τα χρώματα και το σχήμα.
- Επεξεργασία μεγάλης ποσότητας δεδομένων που παρέχουν υψηλή επίδοση σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Υποστήριξη από ένα ευέλικτο υπολογιστικό σύστημα ειδοποιήσεων.
- Παροχή widget ενεργοποιητών μαζί με την εμφάνιση γραφικών παραστάσεων.
- Παροχή υποστήριξης συνεργασίας πινάκων ελέγχου από διαφορετικούς κατασκευαστές.
- Παροχή υποστήριξης για την ενσωμάτωση του πίνακα ελέγχου σε third party ιστοσελίδες.
- Παροχή μηχανής δεδομένων για τη συλλογή χρόνου απόκρισης της σύνδεσης σε διαφορετικά πρωτόκολλα και για επαλήθευση της συνέπειας των ιστοσελίδων μέσω HTTP.

- Ενοποίηση με τις εφαρμογές IoT με διαχείριση δεδομένων πραγματικού χρόνου και σύνδεση των ενεργοποιητών του με εφαρμογές IoT σε πραγματικό χρόνο.
- Ενσωμάτωση πινάκων ελέγχου σε πιο σύνθετους πίνακες ελέγχου.
- Υποστήριξη ελέγχου ταυτότητας και εξουσιοδότησης.
- Συλλογή και λήψη δεδομένων από το σύνολο παραγόμενων πόρων σε πραγματικό χρόνο.

Συμπερασματικά, αυτό σημαίνει ότι κάθε πίνακας ελέγχου θα πρέπει να αποτελείται από έναν αριθμό ρυθμιζόμενων widgets, καθένας από αυτούς τους πίνακες μπορεί να συλλέγει δεδομένα που προέρχονται από διάφορες πηγές δεδομένων.





## 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΈΡΕΥΝΑ

### 4.1 Συμπεράσματα

Ένα από τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα αυτόνομα ευφυή συστήματα έξυπνων πόλεων είναι ότι προσφέρουν εξοικονόμηση χρημάτων αφού χρησιμοποιούν έξυπνους τρόπους διαχείρισης με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, νερού και καυσίμων. Επίσης με την εφαρμογή τεχνολογιών έξυπνων πόλεων, ένα αστικό περιβάλλον γίνεται πιο φιλικό προς το περιβάλλον και επιβραδύνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

Επιπλέον, με την αυτόνομη οδήγηση και την διαχείριση της κυκλοφορίας, μειώνεται το καυσαέριο που παράγεται από τα οχήματα αλλά και ο ίδιος ο άνθρωπος κερδίζει χρόνο που θα έχανε σε μια κυκλοφοριακή συμφόρηση όπως και από την έξυπνη στάθμευση που ένας πολίτης μπορεί να χάσει αρκετό χρόνο σε καθημερινή βάση για την εύρεση μιας θέσης πάρκινγκ.

Επιπροσθέτως, με την ανάλυση των εφαρμογών των έξυπνων πόλεων, μπορούν κάποιες εφαρμογές που δεν είναι ιδιαίτερα περίπλοκες να εφαρμοστούν σε πόλεις για να ξεκινήσουν οι απλές πόλεις να μετατρέπονται σε έξυπνες πόλεις. Κάποιες από αυτές τις εφαρμογές μπορεί να είναι ο έξυπνος φωτισμός με τη λάμπα Humble Lamppost χωρίς να χρησιμοποιούνται όλες οι δυνατότητες της για αρχή αλλά μόνο κάποιες βασικές όπως είναι οι λάμπες LED που προσφέρουν καλύτερη φωτεινότητα από τις κλασικές λάμπες πυρακτώσεως, μπορεί να αποτελέσει σταθμός για φόρτιση κινητών και να αποτελέσει σταθμό για Wi-Fi. Μπορεί φυσικά να εφαρμοστεί και η έξυπνη διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας, αρχικά για την διανομή ηλεκτρικής ενέργειας σε δημόσια κτήρια, δίνοντας προτεραιότητα σε πιο κρίσιμα δημόσια κτήρια όπως είναι τα νοσοκομεία. Μια άλλη εφαρμογή είναι το Wasmote Plug & Sense με την εγκατάσταση του σε μια πόλη, μπορούν πλέον να μετρηθούν οι καιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες συνδέοντας κατευθείαν το Wasmote Plug & Sense σε ένα monitor στο κέντρο ή στην πλατεία μιας πόλης για την άμεση προβολή των καιρικών και περιβαλλοντικών συνθηκών.

Πρακτικά, με τις τρεις προαναφερόμενες εφαρμογές μπορούν οι απλές πόλεις να αρχίζουν να μεταμορφώνονται σε έξυπνες πόλεις και στη συνέχεια με τη διασύνδεση και άλλων εφαρμογών να αναγνωριστούν επισήμως ως έξυπνες πόλεις και φυσικά να

αναπτύξουν στη συνέχεια και πιο εξειδικευμένες εφαρμογές ανάλογα με την ιδιαιτερότητα κάθε πόλης.

Επίσης, από την αναφορά των αυτόνομων ευφυών συστημάτων σε αστικά περιβάλλοντα επιτυγχάνεται η ανάδειξη, η χρησιμότητα και η αναγκαιότητα για την εφαρμογή τους στις υπάρχουσες έξυπνες πόλεις αλλά και η ενσωμάτωση τους σε ακόμα περισσότερες πόλεις αφού επιλύουν πολλά βασικά προβλήματα των πόλεων και διαθέτουν θετικές επιδράσεις για το περιβάλλον αλλά και για τον άνθρωπο.

Εν κατακλείδι, με τη χρήση τεχνολογιών έξυπνων πόλεων επιτυγχάνεται οικονομική και περιβαλλοντική ευημερία αφού γίνεται έξυπνη διαχείριση σε φυσικούς πόρους που χρησιμοποιούνται καθημερινά όπως είναι η δημιουργία ηλεκτρικής ενέργειας, το νερό και το πετρέλαιο. Και τέλος, βελτιώνεται η ζωή των πολιτών αφού προσφέρονται περισσότερες ανέσεις που η καθημερινή ζωή γίνεται πιο βιώσιμη.

## 4.2 Μελλοντική Έρευνα

Ως μελλοντική έρευνα, μπορεί για αρχή να προταθεί η εφαρμογή αυτόνομων ευφυών συστημάτων σε περισσότερα αστικά περιβάλλοντα και η συνεχής βελτίωσής τους. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για τη συγχώνευση ενεργειακά αποδοτικών τεχνικών με το IoT, δηλαδή, μπορεί μελλοντικά να αναπτυχθούν οι IoT συσκευές για να καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια και να είναι ακόμα πιο φιλικές με το περιβάλλον. Επίσης, με την συνεχόμενη ανάπτυξη της αυτόνομης οδήγησης μπορεί να γίνει πιο φιλική με το περιβάλλον με τη χρήση της επιτρεπόμενης ή ελάχιστης ταχύτητας για την μικρότερη κατανάλωση καυσίμων από τα αυτόνομα οχήματα.

Επίσης, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων και καιρικών συνθηκών μπορούν να εγκατασταθούν σε διάσπαρτα σημεία ενός αστικού περιβάλλοντος πέρα από τα πιο κρίσιμα σημεία, για τον πλήρη έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων που επικρατούν σε ένα οποιαδήποτε αστικό περιβάλλον. Επιπλέον σε ένα αστικό περιβάλλον μπορεί να επιτευχθεί η ανίχνευση και πάταξη του εγκλήματος με την εγκατάσταση ενός δικτύου καμερών σε πεζοδρόμια και δρόμους για την καλύτερη ασφάλεια των πολιτών.

Επιπλέον, μπορούν να αναπτυχθούν εφαρμογές για την απομακρυσμένη επιτήρηση και έλεγχο ατόμων με χρόνιες παθήσεις και ατόμων που βρίσκονται στα σπίτια τους με μηχανική υποστήριξη. Οι επιβλέποντες γιατροί των ασθενών θα

μπορούν να έχουν πρόσβαση σε μια εφαρμογή που θα τους ενημερώνει σε πραγματικό χρόνο για την κατάσταση του ασθενή τους αφού θα στέλνονται όλες οι μετρήσεις από τα αισθητήρια που θα έχουν εγκατασταθεί στη μηχανική υποστήριξη του ασθενή. Επίσης θα μπορεί και ο ασθενής να στέλνει άμεσα τις καθημερινές εξετάσεις στον επιβλέποντα ιατρό του, για να έχει ο γιατρός μια πλήρη εικόνα για την υγεία του ασθενή. Για παράδειγμα, ένα άτομο που έχει χρόνια πρόβλημα με την πίεση, θα μπορεί να στέλνει άμεσα μέσω της εφαρμογής τις καθημερινές μετρήσεις της πίεσης του στο επιβλέποντα ιατρό του.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- Γαλάνη Β., “Smart Cities” & Ευφυείς Αστικές Αναπλάσεις’, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2013.
- Γκενέ Δ., ‘Μελέτη δικτύων και εφαρμογών για έξυπνες πόλεις (Smart Cities)’, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πελοποννήσου σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε., Σπάρτη, 2018.

### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Anthopoulos L. & Fitsilis, P., ‘*From digital to ubiquitous cities: Defining a common architecture for urban development*’, Sixth International Conference on IEEE, pages 301 - 306, 2010.
- Armentano R., Bhadoria R.S., Chatterjee P. & Deka G.C., ‘*THE INTERNET OF THINGS Foundation for Smart Cities, eHealth, and Ubiquitous Computing*’, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2018.
- Baccarne B., Mechant P. & Schuurman D., ‘*Empowered Cities? An Analysis of the Structure and Generated Value of the Smart City Ghent*’. Μέσα από Dameri R.P., & Rosenthal-Sabroux C., ‘*Smart City How to Create Public and Economic Value with Hight Technology in Urban Space*’, Springer, Switzerland, 2014.
- Bățăgan L., ‘*Smart cities and sustainability models*’, Revista de Informatică Economică, Vol 15, No 3, pages 80 – 87, 2011.
- Bellini P., Cenni D., Marazzini M., Mitolo N., Nesi P. & Paolucci M., ‘*Smart City Control Room Dashboards Exploiting Big Data Infrastructure*’, DMSVIVA 2018, Redwood City, 2018.
- BSI, Sharing Cities & EIP-SCC, ‘*Exploiting the ‘humble lamp post’ a kick start to smart cityA guide for city leaders*’, EIP-SCC, Brussels, 2017.
- Chafi F.Z. & Fakhri Y., ‘*Dynamic Management of Bridge Within Internet of Things System Based on Multi Agent Concept*’. Μέσα από Ben Ahmed M., Boudhir A., Younes A. ‘*Innovations in Smart Cities Applications Edition 2*’, Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure, Springer, Cham, 2018.

- Chinhava1 T., Gotoro T.T., Mukwazvure A., Kadebu1 P. & Jekesel G., ‘*Google Maps Aided Land Availability System for Chitungwiza Municipality*’. Μέσα από Ben Ahmed M., Boudhir A., Younes A. ‘*Innovations in Smart Cities Applications Edition 2*’, Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure, Springer, Cham, 2018.
- Collotta, M., Pau, G., Scatà, G., & Campisi, T., ‘*A dynamic traffic light management system based on wireless sensor networks for the reduction of the red-light running phenomenon*’, Transport and Telecommunication, Vol 15, No 1, (1), pages 1 - 11, 2014.
- Couclelis H., ‘*The construction of the digital city*’, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol 31, pages 5 - 19, 2004.
- Dameri R.P., ‘*Smart City Implementation Creating Economic and Public Value in Innovative Urban Systems*’, Springer, Switzerland, 2017.
- Dameri R.P. & Rosenthal-Sabroux C., ‘*Smart City How to Create Public and Economic Value with Hight Technology in Urban Space*’, Springer, Switzerland, 2014.
- Doležel M. & Balášová H., ‘*Connected Digital Platform for Cities Enabling Smart Cities with Digitization*’, CISCO, Prague, 2017.
- Etezadzadeh Chirine, ‘*Smart City – Future City? Smart City 2.0 as a Livable City and Future Market*’, εκδόσεις Springer, Ludwigsburg Germany, 2016.
- Ergazakis K., Metaxiotis K. & Psarras J., ‘*Towards knowledge cities: conceptual analysis and success stories*’, Journal of knowledge management, Vol 8, No. 5, pages 5 – 15, 2004.
- Fujisawa SST council, ‘*Fujisawa SST Sustainable Smart Town*’, Fujisawa council, Fujisawa, 2018.
- Giffinger R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler- Milanović, N. & Meijers, E., ‘*Smart cities: Ranking of European medium-sized cities*’, Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology, Vienna, 2007.
- Hammer S. et al., ‘*Cities and green growth: A conceptual framework*’, OECD Regional Development Working Papers 2011/08, OECD Publishing, Paris, 2011.
- Hollands Robert G., ‘*Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial? City*’, Vol 12, No. 3, pages 303 – 320, 2008.

- Kahili Mohamed El., Alloubane Abdelkarim, Terrada Loubna & Khiat Azeddine, ‘*Urban Traffic Flow Management Based on Air Quality Measurement by IoT Using LabVIEW*’, SSDIA Laboratory, ENSET Mohammedia, Hassan II University of Casablanca, Casablanca, Morocco, 2019.
- Komninos N., ‘*The architecture of intelligent cities: Integrating human, collective and artificial intelligence to enhance knowledge and innovation*’, 2nd International Conference on Intelligent Environments, Intelligent Environments 06, pages 13 - 20, 2006.
- Labrini A., Rabbah N., Belhaddoui H. & Rifi M., ‘*An Optimized Control Method of an Energy Source Renewable with Integrated Storage Source for Smart Home*’. Μέσα από Ben Ahmed M., Boudhir A., Younes A. ‘*Innovations in Smart Cities Applications Edition 2*’, Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure, Springer, Cham, 2018.
- Larsen K., ‘*Learning cities: the new recipe in regional development*’. OECD Observer, No 217/218, page 73, 1999.
- Schuler D., ‘*Digital cities and digital citizens*’, 2002, M. Tanabe P. van den Besselaar T., Ishida, ‘*Digital cities II: Computational and sociological approaches*’, εκδόσεις Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 2002.
- Sikora-Fernandez D. & Stawasz D., ‘*THE CONCEPT OF SMART CITY IN THE THEORY AND PRACTICE OF URBAN DEVELOPMENT MANAGEMENT*’, Romanian Journal of Regional Science, Romanian Regional Science Association, Vol. 10, No 1, pages 86-99, Lodz, 2016.
- Song H., Srinivasan R., Sookoor T. & Jeschke S., ‘*Smart Cities Foundations, Principles, and Applications*’, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, 2017.
- Willson R.W., “PARKING MANAGEMENT for Smart Growth”, Island Press, Washington, 2015.

## ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- Τεχνολογία πληροφοριών [https://el.wikipedia.org/wiki/Τεχνολογία\\_πληροφοριών](https://el.wikipedia.org/wiki/Τεχνολογία_πληροφοριών) αναρτήθηκε 4 Οκτωβρίου 2019 και πρόσβαση 8 Μαΐου 2020.
- Cloud computing [https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_computing](https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing) αναρτήθηκε 11 Μαΐου 2020 και πρόσβαση 11 Μαΐου 2020.

Commonly used Sensors in the Internet of Things (IoT) devices and their application <https://iot4beginners.com/commonly-used-sensors-in-the-internet-of-things-iot-devices-and-their-application/> αναρτήθηκε 13 Δεκεμβρίου 2018 και πρόσβαση 8 Μαΐου 2020.

Electrical and Smart Grid 101 [In Details] <https://www.engineeringworldchannel.com/electrical-grid/> αναρτήθηκε 14 Μαΐου 2019 και πρόσβαση 26 Ιουνίου 2020.

Evreka! There's a Solution for Smart Waste Collection Management in Smart Cities <https://interestingengineering.com/evreka-theres-a-solution-for-smart-waste-collection-management-in-smart-cities> αναρτήθηκε 27 Μαΐου 2019 και πρόσβαση 5 Ιουλίου 2020.

Global Positioning System [https://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System) αναρτήθηκε 30 Ιουλίου 2020 και πρόσβαση 5 Αυγούστου 2020.

Here Is Another Small City Making Big Strides – This Time From Greece <https://www.smartcity.press/trikala-smart-initiatives/> αναρτήθηκε 19 Οκτωβρίου 2018 και πρόσβαση 27 Μαΐου 2020.

IEEE 802 [https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802](https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802) αναρτήθηκε 7 Ιουνίου 2020 και πρόσβαση 2 Αυγούστου 2020.

Innovation makes Trikala “Greece’s Smart City Flagship”, says mayor Papastergiou <https://www.keeptalkinggreece.com/2019/02/21/trikala-smart-city/> αναρτήθηκε 21 Φεβρουαρίου 2019 και πρόσβαση 1 Ιουνίου 2020.

Lidar <https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar> αναρτήθηκε 30 Ιουλίου 2020 και πρόσβαση 5 Αυγούστου 2020.

New system streamlines water leakage management <https://phys.org/news/2015-06-leakage.html> αναρτήθηκε 10 Ιουνίου 2015 και πρόσβαση 5 Ιουλίου 2020.

Project overview -overall targets and guidelines <https://fujisawasst.com/EN/project/target.html> αναρτήθηκε το 2015 και πρόσβαση 24 Μαΐου 2020.

Radar <https://en.wikipedia.org/wiki/Radar> αναρτήθηκε 25 Ιουλίου 2020 και πρόσβαση 2 Αυγούστου 2020.



Radio-frequency identification [https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency\\_identification](https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification) αναρτήθηκε 26 Ιουλίου 2020 και πρόσβαση 5 Αυγούστου 2020.

Reducing Logistics' environmental impact by air quality monitoring in the Baltic Sea Port of Gdansk, Poland <http://www.libelium.com/reducing-logistics-environmental-impact-by-air-quality-monitoring-in-the-baltic-sea-port-of-gdansk-poland/> αναρτήθηκε 29 Μαΐου 2018 και πρόσβαση 4 Ιουλίου 2020.

Sensors <https://en.wikipedia.org/wiki/Sensor> αναρτήθηκε 18 Απριλίου 2020 και πρόσβαση 8 Μαΐου 2020.

Simultaneous localization and mapping [https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous\\_localization\\_and\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous_localization_and_mapping) αναρτήθηκε 18 Μαΐου 2020 και πρόσβαση 5 Αυγούστου 2020.

The Emerging Future of Autonomous Driving <https://www.intellias.com/de/the-emerging-future-of-autonomus-driving/> αναρτήθηκε 7 Δεκεμβρίου 2017 και πρόσβαση 24 Ιουνίου 2020.

What is a MOSFET? | Basics for beginners <https://www.electronicsforu.com/resources/learn-electronics/mosfet-basics-working-applications> αναρτήθηκε 4 Απριλίου 2020 και πρόσβαση 5 Αυγούστου 2020.

## ΕΙΚΟΝΕΣ

Εξώφυλλο <http://koreajoongangdaily.joins.com/news/article/article.aspx?aid=3034351> (πρόσβαση 23 Απριλίου 2020).

Λογότυπο Στρατιωτικής σχολής Ευελπίδων: <http://www.ssetuc.edu.gr/http://www.sse-tuc.edu.gr/> (πρόσβαση 23 Απριλίου 2020).

Λογότυπο Πολυτεχνείου Κρήτης: <http://www.sse-tuc.edu.gr/http://www.sse-tuc.edu.gr/> (πρόσβαση 23 Απριλίου 2020).

Εικόνα 1.1 Smart city: <https://neaselida.gr/nsmedia/uploads/2019/05/smart-cities-7591-e1523353066649.jpg> (πρόσβαση 7 Μαΐου 2020).

Εικόνα 1.2 Διάφορα είδη αισθητήρων: <https://5.imimg.com/data5/XP/RS/MY-9380557/sensors-500x500.jpg> (πρόσβαση 8 Μαΐου 2020).

Εικόνα 1.3 Cloud Computing: <https://www.fastmetrics.com/blog/wp-content/uploads/2014/10/cloud-computing-service-types-including-IoT-1024x706.png> (πρόσβαση 11 Μαΐου 2020).

Εικόνα 1.4 Internet of Things: <https://ellak.gr/wp-content/uploads/2015/02/IoT.png> (πρόσβαση 11 Μαΐου 2020).

Εικόνα 1.5 Αρχιτεκτονική Internet Of Things: Kahili Mohamed El., Alloubane Abdelkarim, Terrada Loubna & Khiat Azeddine, ‘*Urban Traffic Flow Management Based on Air Quality Measurement by IoT Using LabVIEW*’, SSDIA Laboratory, ENSET Mohammedia, Hassan II University of Casablanca, Casablanca, Morocco, 2019.

Εικόνα 2.1 Δομή έξυπνης πόλης: [https://scontent.fath6-1.fna.fbcdn.net/v/t1.0-9/91089875\\_2580462148863556\\_4609725580605128704\\_n.jpg?\\_nc\\_cat=104&\\_nc\\_sid=730e14&\\_nc\\_ohc=h7\\_c5E1T6kAX82z5QH&\\_nc\\_ht=scontent.fath61.fna&oh=ee185390dff5651c9ae244c54b5d06df&oe=5EE35D19](https://scontent.fath6-1.fna.fbcdn.net/v/t1.0-9/91089875_2580462148863556_4609725580605128704_n.jpg?_nc_cat=104&_nc_sid=730e14&_nc_ohc=h7_c5E1T6kAX82z5QH&_nc_ht=scontent.fath61.fna&oh=ee185390dff5651c9ae244c54b5d06df&oe=5EE35D19) (πρόσβαση 13 Μαΐου 2020).

Εικόνα 2.2 Εννοιολογικό μοντέλο έξυπνης πόλης: Baccarne B., Mechant P. & Schuurman D., ‘*Empowered Cities? An Analysis of the Structure and Generated Value of the Smart City Ghent*’, 2014, Dameri R.P., & Rosenthal-Sabroux C., ‘*Smart City How to Create Public and Economic Value with Hight Technology in Urban Space*’, Springer, Switzerland, 2014.

Εικόνα 2.3 Μοντέλο έξυπνης πόλης από την Hitachi: <https://image.slidesharecdn.com/hitachismartcity-110513101635-phpapp02/95/hitachi-smart-city-14-728.jpg?cb=1305281920> (πρόσβαση 17 Μαΐου 2020).

Εικόνα 2.4 Μοντέλο της Fujisawa: <https://fujisawasst.com/EN/pdf/FSST-ConceptBook.pdf> (πρόσβαση 24 Μαΐου 2020).

Εικόνα 2.5 Γενικοί στόχοι: <https://fujisawasst.com/EN/pdf/FSST-ConceptBook.pdf> (πρόσβαση 24 Μαΐου 2020).

Εικόνα 2.6 Fujisawa SST κάρτα: <https://fujisawasst.com/EN/pdf/FSST-ConceptBook.pdf> (πρόσβαση 24 Μαΐου 2020).

Εικόνα 2.7 Λογική λειτουργίας της πλατφόρμας SOY LINK: <https://fujisawasst.com/EN/pdf/FSST-ConceptBook.pdf> (πρόσβαση 24 Μαΐου 2020).

Εικόνα 2.8 Σταθμός ηλεκτρικών ποδηλάτων και φόρτισης και ανταλλαγής μπαταριών όπως και φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων <https://fujisawasst.com/EN/pdf/FSST-ConceptBook.pdf> (πρόσβαση 24 Μαΐου 2020).

Εικόνα 2.9 Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας στα σπίτια της Fujisawa: <https://fujisawasst.com/EN/pdf/FSST-ConceptBook.pdf> (πρόσβαση 25 Μαΐου 2020).

Εικόνα 2.10 Σύστημα εφεδρικής τροφοδοσίας έκτακτης ανάγκης για τις οικίες: <https://fujisawasst.com/EN/pdf/FSST-ConceptBook.pdf> (πρόσβαση 25 Μαΐου 2020).

Εικόνα 2.11 Υγειονομική περίθαλψη με χρήση ΤΠΕ: <https://fujisawasst.com/EN/pdf/FSST-ConceptBook.pdf> (πρόσβαση 26 Μαΐου 2020).

Εικόνα 2.12 Τρίκαλα: [https://i1.prth.gr/images/963x541/files/2020-03-09/%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%B1\\_%CE%9C%CE%B5%CF%81%CE%BA%CE%B5%CE%BB\\_%CE%B5%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%B5%CF%82\\_%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%82.jpg](https://i1.prth.gr/images/963x541/files/2020-03-09/%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%B1_%CE%9C%CE%B5%CF%81%CE%BA%CE%B5%CE%BB_%CE%B5%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%B5%CF%82_%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%82.jpg) (πρόσβαση 28 Μαΐου 2020).

Εικόνα 3.1 Σύστημα έξυπνης στάθμευσης: <https://lh6.googleusercontent.com/proxy/4bMbsr8a3Xhf8aEra4i40f719btlraVcNODWDliAaZVceCZMsM8C3J236MVXp3Lj1jcY7Wpfmn6AKjlU49L05anvMn1BJZQHYgb-wrpIFvVhzsMyFFp39A> (πρόσβαση 29 Μαΐου 2020).

Εικόνα 3.2 Έξυπνη διαχείριση κυκλοφορίας: Collotta, M., Pau, G., Scatà, G. & Campisi, T., ‘A dynamic traffic light management system based on wireless sensor networks for the reduction of the red-light running phenomenon’, Transport and Telecommunication, Vol 15, No 1, (1), pages 1 - 11, 2014.

Εικόνα 3.3 Humble Lamppost: [https://eu-smartcities.eu/sites/eu-smartcities.eu/files/inline-images/lamppost\\_2.png](https://eu-smartcities.eu/sites/eu-smartcities.eu/files/inline-images/lamppost_2.png) (πρόσβαση 29 Μαΐου 2020).

Εικόνα 3.4 Έξυπνο σύστημα αυτόνομης οδήγησης: Ahmed Ben M., Boudhir Abdelhakim A. & Younes A., ‘Innovations in Smart Cities Applications Edition 2

The Proceedings of the Third International Conference of Smart City Applications’, Springer, Morocco, 2018.

Εικόνα 3.5 Έξυπνο σύστημα διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας: <https://www.engineeringworldchannel.com/wp-content/uploads/2018/09/Smart-Grids-and-Electrical-Grids.jpg> (πρόσβαση 28 Ιουνίου 2020).

Εικόνα 3.6 Έξυπνη διαχείριση κτηρίου: Labrini A., Rabbah N., Belhaddoui H. & Rifi M., ‘An Optimized Control Method of an Energy Source Renewable with Integrated Storage Source for Smart Home’. Μέσα από Ben Ahmed M., Boudhir A., Younes A. ‘Innovations in Smart Cities Applications Edition 2’, Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure, Springer, Cham, 2018.

Εικόνα 3.7 Waspnote Plug & Sense: [http://www.libelium.com/wp-content/uploads/2018/05/PS\\_SC\\_Gdansk.jpg](http://www.libelium.com/wp-content/uploads/2018/05/PS_SC_Gdansk.jpg) (πρόσβαση 4 Ιουλίου 2020).

Εικόνα 3.8 Συσκευή της εταιρίας Evreka: <https://interestingengineering.com/evreka-theres-a-solution-for-smart-waste-collection-management-in-smart-cities> (πρόσβαση 5 Ιουλίου 2020).

Εικόνα 3.9 Έξυπνο σύστημα διαχείρισης υδάτων: <https://phys.org/news/2015-06-leakage.html> (πρόσβαση 5 Ιουλίου 2020).

Εικόνα 3.10 Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών: <https://media.nationalgeographic.org/assets/photos/000/322/32282.jpg> (πρόσβαση 25 Ιουλίου 2020).

Εικόνα 3.11 Αλληλεπίδραση κόμβου κατά τη συλλογή δεδομένων από το περιβάλλον που παρακολουθείται: Armentano R., Bhadoria R.S., Chatterjee P. & Deka G.C., ‘THE INTERNET OF THINGS Foundation for Smart Cities, eHealth, and Ubiquitous Computing’, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2018.

Εικόνα 3.12 Έξυπνη και διασυνδεδεμένη ψηφιακή πλατφόρμα: Doležel M. & Balášová H., ‘Connected Digital Platform for Cities Enabling Smart Cities with Digitization’, CISCO, Prague, 2017.