



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΣ:

ΚΟΛΙΟΥΣΚΑ ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

ΔΗΜΟΥ ΜΙΧΑΗΛ ΑΜ: 5044

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το IoT έχει μακρά ιστορία και το όραμα υλοποίησης του ξεκίνησε από την εφεύρεση του Παγκόσμιου Ιστού με προσπάθειες να συνδεθούν αντικείμενα στο Διαδίκτυο να ξεκινούν από μια κάμερα και μια απλή τοστιέρα. Έκτοτε, τα ερευνητικά πεδία του IoT διευρύνθηκαν με δημιουργία νέων τεχνολογιών και αρχιτεκτονικών που θα το καθιστούσαν λειτουργικό και εύχρηστο για την πλειονότητα του πληθυσμού, κινούμενο στην ίδια φιλοσοφία του Παγκόσμιου Ιστού. Η αναβάθμιση της ποιότητας ζωής, η αύξηση της παραγωγικότητας, η αυτοματοποίηση πολύπλοκων διαδικασιών και ο περιορισμός των ανθρώπινων λαθών αποτέλεσαν τους κινητήριους μοχλούς για την περαιτέρω αναβάθμιση του IoT.

Το IoT βρήκε πεδία εφαρμογής σε πολλαπλούς τομείς της κοινωνικής και οικονομικής ζωής από τα σπίτια, τις πόλεις και τα νοσοκομεία μέχρι την γεωργία και την βιομηχανία. Για την βέλτιστη αξιοποίηση του IoT σε κάθε τομέα, επιστρατεύτηκε ολόκληρη η διαθέσιμη εργαλειοθήκη του IoT.

Στο αρχικό σκέλος της εργασίας αναφέρονται οι αρχικές προσπάθειες για την επικοινωνία με φυσικά αντικείμενα μέσω του Ιστού και αναλύεται ο κορμός που στηρίζει το σύστημα του IoT

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να γίνει λεπτομερής ανάλυση των συγκεκριμένων εφαρμογών του IoT στους παραπάνω τομείς σε συνδυασμό με τις τεχνολογίες και να δοθούν παραδείγματα από IoT συσκευές, μοντέλα και μελέτες περιπτώσεων που ενισχυουν την αποτελεσματικότητα των διαφόρων διαδικασιών.

Μέσα από την βιβλιογραφία παρατηρήθηκε, πως, αν και ο βαθμός υιοθέτησης του IoT είναι στις μέρες μας μεγαλύτερος, η χρήση του δεν έχει φτάσει στο επιθυμητό επίπεδο. Ενώ οι εφαρμογές και οι τεχνολογίες υφίστανται, το μεγαλύτερο μέρος τους παραμένει σε πειραματικό στάδιο και δεν βρίσκει εφαρμογή στην καθημερινότητα. Παρόλα αυτά, οι προσπάθειες συνεχίζονται με αμείωτο ρυθμό με απώτερο στόχο να φτάσει το IoT σε κάθε νοικοκυριό και επιχείρηση.

## **ABSTRACT**

The IoT has a long history and the vision of its implementation started with the invention of the World Wide Web with attempts to connect objects to the Internet starting with a camera and a simple toaster. Since then, the research fields of IoT have expanded with the creation of new technologies and architectures that would make it functional and easy to use for the majority of the population, moving in the same philosophy of the World Wide Web. Improving the quality of life, increasing productivity, automating complex processes and reducing human error were the drivers for further upgrading the IoT.

IoT has found application areas in multiple sectors of social and economic life from homes, cities and hospitals to agriculture and industry. To make the best use of IoT in each sector, the entire available IoT toolbox was enlisted.

In the initial part of the paper, the initial efforts to communicate with physical objects via the Web are reported and the backbone supporting the IoT system is analyzed

The purpose of this paper is to provide a detailed analysis of the specific applications of IoT in the above areas in conjunction with the technologies and to provide examples of IoT devices, models and case studies that enhance the effectiveness of the various processes.

Through the literature it was observed that, although the adoption rate of IoT is higher nowadays, its usage has not reached the desired level. While the applications and technologies exist, most of them remain at an experimental stage and are not being applied in everyday life. Nevertheless, efforts continue unabated with the ultimate goal of bringing IoT to every household and business.

# **ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ**

|   |           |
|---|-----------|
|   | 4         |
| <b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>   | <b>1</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>   | <b>2</b>  |
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>   | <b>4</b>  |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ</b>   | <b>6</b>  |
| 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ                    | 6         |
| 1.2 ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΕΓΧΕΙΡΗΜΑΤΑ                                    | 7         |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ</b>  | <b>10</b> |
| 2.1 ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ             | 10        |
| 1.2.1 ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ     | 12        |
| 1.2.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ           | 16        |
| 2.2 ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ | 18        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ</b>     | <b>21</b> |
| 3.1 ΕΞΥΠΝΑ ΣΠΙΤΙΑ   | 21        |
| 3.2 ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ  | 27        |
| 3.3 ΕΞΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ  | 33        |
| 3.4 ΕΞΥΠΝΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ                         | 43        |
| 3.5 ΕΞΥΠΝΗ ΥΓΕΙΑ  | 53        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>             | <b>58</b> |
| 4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ   | 58        |
| 4.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ  | 58        |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>   | <b>61</b> |

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η ανάγκη για επικοινωνία και διασύνδεση διακατέχει τον άνθρωπο από την αρχή της ιστορίας του. Ανέκαθεν οι άνθρωποι επιδίωκαν την οργάνωση τους σε ομάδες και κοινωνίες με σκοπό την επιβίωση και την ευημερία τους. Για τον άνθρωπο η συνεργασία και η επικοινωνία με άλλα άτομα αποτέλεσε τον ακρογωνιαίο λίθο της εξέλιξης του. Χωρίς αυτήν την φυσική ανάγκη η πορεία της ανθρωπότητας θα ήταν άγνωστη.

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας επέφερε επαναστατικές αλλαγές στους τρόπους με τους οποίους οι άνθρωποι επικοινωνούν και συνεργάζονται μεταξύ τους. Απο την εφεύρεση της

τυπογραφίας, του τηλεφώνου, του ραδιοφώνου, μέχρι τις πιο ορόσημης ανακάλυψης, του Διαδικτύου.

Αν και η αρχική μορφή του Διαδικτύου επέτρεπε περιορισμένης μορφής επικοινωνία, κυρίως μεταξύ κυβερνήσεων, η δημιουργία του Παγκόσμιου Ιστού από τον Tim Berners Lee κατάφερε να συνδέσει νοικοκυριά και επιμέρους άτομα μεταξύ τους, καταλύοντας ολοκληρωτικά τους περιορισμούς των αποστάσεων και καθιστώντας την πρόσβαση στο Διαδίκτυο πιο εύκολη και προσιτή. Δεν χρειαζόταν κάποιος εξειδικευμένες γνώσεις για να την αποκτήσει.

Από την ανακάλυψη του Παγκόσμιου Ιστού, το Διαδίκτυο ακολούθησε μια συνεχόμενη εξελεγκτική πορεία, μπαίνοντας σε ολοένα και περισσότερα νοικοκυριά και αναπτύσσοντας νέες τεχνολογίες. Πλέον, η πρόσβαση στο Διαδίκτυο θεωρούνταν τόσο δεδομένη, όσο η πρόσβαση στο καθαρό νερό και στο ρεύμα. Με το Διαδίκτυο 2.0, οι δυνατότητες επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης μεταξύ ατόμων και του Ιστού αυξήθηκαν στον υπερθετικό βαθμό. Μερικά παραδείγματα είναι η δημιουργία των Κοινωνικών Μέσων όπως το Facebook και το Twitter και η εξέλιξη της κινητής τηλεφωνίας.

Ποιο θα μπορούσε όμως να είναι το επόμενο στάδιο στην εξέλιξη του Διαδικτύου; Ναι μεν, το Διαδίκτυο κατάφερε να συνδέσει τους ανθρώπους μεταξύ τους, άμεσα και χωρίς εμπόδια, ωστόσο για πολλές διεργασίες η παρέμβαση του ανθρώπου ήταν απαραίτητη, όπως η συλλογή πληροφοριών. Θα μπορούσαν οι ίδιες οι συσκευές που χρησιμοποιούνται σε δεκάδες κλάδους από την γεωργία έως τις κατασκευές να συνδεθούν και να επικοινωνήσουν μεταξύ τους;

Την απάντηση σε αυτό ήρθε να δώσει το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Για συντομία στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιείται ο όρος IoT(Internet of Things) Όπως υποδηλώνει το όνομα, μπορεί να θεωρηθεί το Διαδίκτυο που συνδέει τα πάντα μεταξύ τους, επιτρέποντας την επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων και συσκευών, αλλά και ανάμεσα στις συσκευές.

Η σύνδεση συσκευών στο Διαδίκτυο δεν είναι κάτι καινούργιο. Από τις απαρχές του Παγκόσμιου Ιστού υπήρξαν προσπάθειες για ανάπτυξη τέτοιων μορφών επικοινωνίας. Στο πολύ αρχικό του στάδιο το IoT, εκτελούσε βασικές λειτουργίες, όπως η εξ αποστάσεως ενεργοποίηση και απενεργοποίηση κάποιας συσκευής.

Η εξέλιξη του IoT, προϋπέθετε μια σειρά από τεχνολογίες(π χ, ανιχνευτες) και παραμέτρους ώστε να λειτουργήσει στον επιθυμητό βαθμό και να ενσωματωθεί στους υφιστάμενους τομείς της οικονομίας και της κοινωνίας.

Σήμερα, το IoT διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο σε δομικές διαδικασίες της καθημερινότητας. Οι μεταφορές, τα νοσοκομεία, τα σπίτια, οι επιχειρήσεις, κ.α, έχουν υιοθετήσει, άλλες σε μικρότερες και άλλες σε μεγαλύτερο βαθμό, τις τεχνολογίες και τις δυνατότητες που προσφέρει το IoT. Η παρούσα εργασία εστιάζει στις πρακτικές εφαρμογές του IoT στους παραπάνω τομείς και αλλού.

Στην συνέχεια της εργασίας παρατίθεται η ιστορική εξέλιξη του IoT και οι τεχνολογίες που συνδέονται με αυτό καθώς και οι ποικίλες χρήσεις του σε πραγματικά περιβάλλοντα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ**

### **1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ**

Σαν έννοια, το IoT, χρονολογείται στα 16 χρόνια. Σαν ιδέα όμως προυπήρχε από την δεκαετία του 70'. Μια απο τις ετυμολογίες που χρησιμοποιούταν για να το περιγράψει ήταν το “ενσωματωμενο ιντερνετ”, καθώς ενσωμάτωνε συσκευές στον Ιστό.

Έχουν αποτυπωθεί ποικίλοι ορισμοί για το τι είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Στην εισαγωγή αναφέρθηκε και ως το Διαδίκτυο που συνδέει κυριολεκτικά τα πάντα μεταξύ τους, από ανθρώπους μέχρι την κάθε συσκευή.

Ο ορισμός αυτός όμως είναι πολύ γενικός. Για τις ανάγκες της εργασίας θα χρησιμοποιηθεί ο ορισμός από την “McKinsey”. Βάσει αυτού, διάφοροι ανιχνευτές και ενεργοποιητές οι οποίοι είναι ενσωματωμένοι σε φυσικά αντικείμενα συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενσύρματων και ασύρματων δικτύων, χρησιμοποιώντας συχνά το πρωτόκολλο IP(βλ. παρακάτω) που συνδέει τους ανθρώπους μεταξύ τους στο Διαδίκτυο.

Από τον παραπάνω ορισμό, απορρέει και όλη η φιλοσοφία του IoT, ότι όχι μόνο ο υπολογιστής και το τηλέφωνο δύναται να επικοινωνούν μεταξύ τους, αλλά και κάθε αντικείμενο που βρίσκεται τριγύρω μας και είναι απαραίτητο στην καθημερινότητα μας

## 1.2 ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΕΓΧΕΙΡΗΜΑΤΑ

Όπως προαναφέρθηκε, προσπάθειες για την σύνδεση συσκευών με το Διαδίκτυο σημειώθηκαν από την δημιουργία του Ιστού. Το αρχικό εγχείρημα πραγματοποιήθηκε το 1990 από τους μηχανικούς John Romkey και Simon Hackett σε ένα διαδικτυακό συνέδριο στο San Jose της California . [51,52]

Σε αυτό, ο John Romkey και ο Simon Hackett παρουσίασαν μια απλή τοστιέρα η οποία ήταν συνδεδεμένη στο, τότε, καινούργιο Παγκόσμιο Ιστό. Χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP/IP(βλ. παρακατω) για την διασύνδεση και ελέγχοντας την μέσω μιας απλής βάσης δεδομένων κατάφεραν να ενεργοποιούν και να απενεργοποιούν την τοστιέρα απομακρυσμένα μέσω του Διαδικτύου. Ομολογουμένως, οι δυνατότητα αλληλεπίδρασης περιορίζοταν μονάχα σε αυτές τις πολύ βασικές λειτουργίες, ενώ η καλωδίωση που χρησιμοποιήθηκε για την σύνδεση της τοστιέρας ήταν αρκετά πολύπλοκη.

Επιπλέον, δεν ήταν όλη η διαδικασία αυτοματοποιημένη. Ο άνθρωπος θα έπρεπε να τοποθετήσει το ψωμί στην τοστιέρα. Για την πλήρης αυτοματοποίηση της, προστέθηκε στην βάση δεδομένων ένας μικρός ρομποτικός γερανός, ώστε με απομακρυσμένο έλεγχο να τοποθετείται το ψωμί στην τοστιέρα, χωρίς την άμεση παρέμβαση του ανθρώπου.



Η εν λόγω προσπάθεια, αποτέλεσε την πρώτη στην ιστορία συσκευή που συνδέθηκε στο Διαδίκτυο, δείχνοντας τον δρόμο για την μετέπειτα πορεία του IoT.

Ακολούθως, το 1993 το πανεπιστήμιο του Cambridge, κατάφερε να συνδέσει την πρώτη κάμερα στο Διαδίκτυο [12]. Η κάμερα χρησιμοποιήθηκε για να παρέχει εικόνα απο μια καφετιέρα, που βρισκόταν στο εργαστήριο υπολογιστών του Πανεπιστημίου,

Ο σκοπός πίσω από αυτό ήταν να λαμβάνουν οι άνθρωποι στο Πανεπιστήμιο απομακρυσμένη εικόνα για το πόσο γεμάτη ήταν η καφετιέρα και να εξοικονομούν χρόνο από άσκοπες μετακινήσεις.

Η δημοφιλία του project εκτοξεύτηκε, καθώς όλοι οι χρήστες του Διαδικτύου είχαν πρόσβαση στην παρεχόμενη από την κάμερα εικόνα. Μπορεί στις μέρες μας κάτι τέτοιο να θεωρείται δεδομένο, για την τότε εποχή όμως αποτέλεσε σταθμό την εξέλιξη του Διαδικτύου και των δυνατοτήτων του.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί και ο αντίκτυπος που άφησε το project. Η κατάργηση της κάμερας το 2001, καλύφθηκε σε πρωτοσέλιδα μεγάλων εφημερίδων, όπως οι Times και ο Guardian, ενώ αναφορές σε αυτήν έγιναν από διάφορα μέσα, από βιντεοπαιχνίδια, ραδιοφωνικές εκπομπές, μέχρι τηλεοπτικές σειρές.

Το 1999, ο Kevin Ashton, συνιδρυτής και διευθυντικό στέλεχος του “Auto-ID Center”<sup>1</sup>, χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τον όρο Διαδίκτυο των Πραγμάτων για να ελκύσει το ενδιαφέρον των διευθυντικών στελεχών της P&G σε μια παρουσίαση. Συνέδεσε την τότε πρωτοεμφανιζόμενη “RFID” τεχνολογία με το IoT και την προμηθευτική αλυσίδα της..

Η RFID τεχνολογία [35], (βλ. παρακάτω), κάνοντας χρήση ηλεκτρομαγνητικών η ηλεκτροστατικών κυμάτων στην ραδιοφωνική συχνότητα, επιτυγχάνει την αναγνώριση ατόμων και συσκευών στο περιβάλλον, επιτρέποντας παράλληλα την παρακολούθησή τους

Μέσω του Auto-ID Center, πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες προσπάθειες για την ενσωμάτωση του IoT στις εταιρίες και τις προμηθευτικές τους αλυσίδες. Το RFID υιοθετήθηκε αρχικά από

---

<sup>1</sup> Κοινωφελής Επιχείρηση που ιδρύθηκε το 1999

την P&G για την παρακολούθηση των προϊόντων τους και αργότερα από τον λιανικό γίγαντα WalMart..

Κάνοντας το επόμενο βήμα, η LG το 2000, ανακοίνωσε τα σχέδια της για τον πρώτο ψυγειοκαταψύκτη που θα μπορούσε να συνδεθεί στο Διαδίκτυο.

Το 2002, το MIT, κυκλοφόρησε την “Περιβαλλοντική Σφαίρα” Γενικότερα, η περιβαλλοντική σφαίρα είναι μια μπάλα γυαλιού που αλλάζει χρώμα ανάλογα τις συνθήκες και τα πραγματικά δεδομένα.

Για παράδειγμα, το χρώμα της μπορεί να αλλάξει ώστε να υποδείξει αλλαγές στους δείκτες μετοχών, στην ταχύτητα του ανέμου, στην συγκέντρωση γύρης, κ.ο.κ. Η σφαίρα του MIT, χρησιμοποιήθηκε με παρόμοιο τρόπο, αποτελώντας τον πρόδρομο των έξυπνων συσκευών σε μια απλοϊκή μορφή.

Υποδεικνύοντας μια περαιτέρω αύξηση στην υιοθέτηση της RFID τεχνολογίας, ο στρατός των ΗΠΑ το 2003 ξεκίνησε να κάνει χρήση της για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες της σχετικά με τις μεταφορές αγαθών. Το RFID και το IoT χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα από τον αμερικανικό στρατό με την βοήθεια ανιχνευτών και ετικετών.

Παράλληλα με αυτές τις προσπάθειες, η αναγνώριση του IoT αυξανόταν με σταθερό ρυθμό με αναφορές σε μεγάλες εφημερίδες και τίτλους βιβλίων. Σε μια πρωτοφανή ενίσχυση της δημοτικότητας του, το 2005, η αρμόδια επιτροπή για τις τηλεπικοινωνίες των Ηνωμένων Εθνών δημοσίευσε την πρώτη της αναφορά για το IoT. Ένα χρόνο αργότερα, η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνώρισε την ύπαρξη του IoT και συγκάλεσε το πρώτο συνέδριο για την συζήτηση του.

Ακολουθώντας το παράδειγμα της περιβαλλοντικής σφαίρας, η εταιρία Violet κατασκεύασε μια “έξυπνη “ συσκευή σε σχήμα λαγού<sup>2</sup>. Η συσκευή θα μπορούσε να συνδέεται στον Ιστό, να διαβάζει e-mail και να στέλνει ειδοποιήσεις για μετοχικούς δείκτες, τον καιρό, ροές RSS και να συνδεθεί μέσω Wifi με άλλους λαγούς.

---

<sup>2</sup> Nabaztag

Το 2008 δημιουργήθηκε το πρωτόκολλο IPSO (Internet Protocol for Smart Objects) με πρωτοβουλία μιας ομάδας εταιριών τεχνολογίας με στόχο την ενεργοποίηση του IoT. Όπως το IP και το TCP αφορούσε τους τρόπους με τους οποίους τα άτομα επικοινωνούν μεταξύ και ανταλλάσσουν πληροφορίες στο Διαδίκτυο, έτσι και το IPSO θα επιχειρούσε το ίδιο με τα φυσικά αντικείμενα.

Τα χρόνια που ακολούθησαν ολοένα και περισσότερες συσκευές άρχισαν να συνδέονται στο Διαδίκτυο, με τα νούμερα τους να ξεπερνά τον αριθμό των ατόμων που ήταν συνδεδεμένοι στον Ιστό. Συγχρόνως, νέες τεχνολογίες, όπως το Arduino(βλ. υπ. 2.1),κατέστησαν το IoT πιο ελκυστικό και προσβάσιμο στο ευρύτερο κοινό, ενώ το πρωτόκολλο IPV6 επέτρεψε την σύνδεση ακόμη περισσότερων συσκευών στο οικοσύστημα του IoT.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ**

### **2.1 ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ**

Το οικοσύστημα του IoT, απαιτεί μια σειρά από συνθήκες που πρέπει να τηρηθούν ώστε να λειτουργήσει με εύρυθμο τρόπο, Αρχικά, οι ίδιες συσκευές θα πρέπει να βρουν τον τρόπο ή τους τρόπους με τους οποίους θα είναι συνδεδεμένες και θα επικοινωνούν μεταξύ τους. Επίσης, θα πρέπει και οι χρήστες να μπορούν να ελέγχουν και να αλληλεπιδρούν με τις συσκευές.

Η βασική λειτουργία και ο σκοπός του IoT είναι η απομακρυσμένη συγκέντρωση πληροφοριών ανα πάσα στιγμή και η αποστολή και επεξεργασία των συγκεντρωμένων δεδομένων.

Εκτός από το RFID που προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η χρήση ανιχνευτών επιτρέπει στις συσκευές να εντοπίζουν αλλαγές στο περιβάλλον. Αυτές οι αλλαγές μπορεί να αφορούν την εσωτερική θερμοκρασία, τα επίπεδα υγρασίας,ή την ποιότητα του αέρα. Εκτός

από ένα εργοστασιακό περιβάλλον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στα νοικοκυριά. Για παράδειγμα, ένας έξυπνος θερμοστάτης μπορεί να στείλει δεδομένα για την θερμοκρασία και την υγρασία του σπιτιού στο κινητό ενός χρήστη και έπειτα ο ίδιος να ορίσει την επιθυμητή θερμοκρασία χωρίς να βρίσκεται στο χώρο.

Ενώ το RFID βρίσκει εφαρμογή μονάχα στο επιχειρησιακό περιβάλλον, οι ανιχνευτές έχουν πιο πολυδιάστατη χρήση. Αυτό καταδεικνύει και την προσιτότητα που αποκτά το IoT με τον καιρό, με τους χρήστες να μην περιορίζονται μονάχα σε μεγάλες εταιρίες.

Άλλος τρόπος επικοινωνίας με το περιβάλλον επιτυγχάνεται με την χρήση καμερών. Οι συνδεδεμένες καμερες στέλνουν απευθείας εικόνα στους χρήστες ακόμα και για όλο το 24ωρο αν χρειαστεί. Αν και οι κάμερες αποτελούν μια απλοϊκη μορφή του IoT, η αμεσότητα της πληροφορίας βοηθάει στην εκτέλεση εργασιών χωρίς καθυστέρηση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως η κάμερα στέλνει απευθείας ψηφιακή πληροφορία στον τελικό χρήστη χωρίς να έχει προηγηθεί η μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα.

Από την άλλη η πληροφορία που συλλέγουν οι ανιχνευτές είναι αναλογική. Επομένως δεν αρκεί μονάχα να στέλνουν τις αλλαγές από το περιβάλλον αλλά να τις επεξεργάζονται σε ψηφιακές ώστε να είναι κατανοητή στον χρήστη.

Επιπλέον, οι ενεργοποιητές λειτουργούν παρόμοια με τους ανιχνευτές, ωστόσο η ειδοποιός διαφορά τους είναι πως οι μεν εκτελούν απευθείας κάποια ενέργεια χωρίς την παρέμβαση του χρήστη. Π.χ, ένας ενεργοποιητής ο οποίος είναι ενσωματωμένος στον φωτισμό ενός νοικοκυριού επιτρέπει στα φώτα να ανάβουν όταν οι συνθήκες του χώρου είναι σκοτεινές. Επιπροσθέτως, και ο απλός θερμοστάτης που έχουμε στα σπίτια μας λειτουργεί με την ίδια λογική.

Όλη αυτή η πληροφορία όμως θα πρέπει κάπως να διοχετευτεί στον τελικό χρήστη και να αποθηκευτεί.

Ο δεύτερος πυλώνας του συστήματος που εκτελεί την εξής λειτουργία είναι οι πύλες. Αυτές, επιτρέπουν στα συλλεγόμενα απο το περιβάλλον δεδομένα να μεταφερθούν σε κάποιο δίκτυο η στο νέφος. Εκτός από την αποστολή των δεδομένων θα πρέπει να έχει προηγηθεί η επεξεργασία από αναλογική σε ψηφιακή πληροφορία, όπως προαναφέρθηκε.

Τέλος, για να λειτουργήσει ομαλά η διαδικασία συλλογής και αποστολής/επεξεργασίας πληροφοριών, οι συσκευές πρέπει να είναι συνδεδεμένες με τις πύλες(π.χ. ένα κινητό) και κατ'επέκταση με το δίκτυο ή το νέφος.

Αυτό επιτυγχάνεται τόσο ενσύρματα, όσο και ασύρματα, με την χρήση διαφόρων τεχνολογιών. Οι πιο διαδεδομένες αποτελούν το Ethernet και το Wi-fi. Πιο περιορισμένης κλίμακας είναι το Bluetooth. Το RFID μπορεί να λειτουργήσει και ως συνδετικός κρίκος της όλης αλυσίδας.

Από την εφεύρεση του όρου το 99' μέχρι και σήμερα έχουν αναπτυχθεί διάφορες εφαρμογές, υλικά, πρωτόκολλα και λογισμικά για το οικοσύστημα του IoT. Προηγουμένως αναφέρθηκε το Arduino, το οποίο αποτελεί μια πλατφόρμα ανοικτού λογισμικού στην οποία ο καθένας μπορεί να αναπτύξει τις δικές του εφαρμογές βασισμένες στο IoT. Άλλες πλατφόρμες που επιτρέπουν την διαχείριση δεδομένων είναι οι Pachube, Nimbits, ThingSpeak, iDi, SensorCloud, Sen.Se, Exosite, EVRYTHNG, Paraimpu, και Manybots

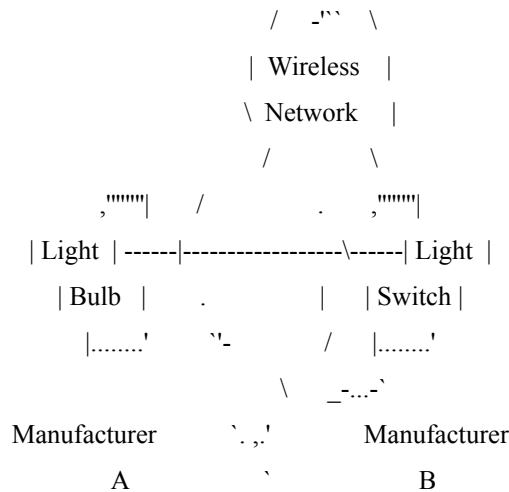
Εκτός από το Wi-Fi έχουν αναπτυχθεί πρωτόκολλα ασύρματης συνδεσιμότητας που προσφέρουν καλύτερα αποτελέσματα σε ένα IoT οικοσύστημα όπως το 1PV6(βλ. υπ. 1.2) και το ZigBee, αν και πιο περιορισμένης δυνατότητας,

### 1.2.1 ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ

Στο οικοσύστημα του IoT εντοπίζονται 4 μοντέλα που καταδεικνύουν τις διαφορετικούς μεθόδους με τις οποίες οι συσκευές συνδέονται και επικοινωνούν [64]. Αυτά είναι τα εξής:

#### ❖ *Μοντέλο επικοινωνίας συσκευής με συσκευή*

Στο μοντέλο αυτό δύο ή περισσότερες συσκευές συνδέονται απευθείας μεταξύ τους χωρίς την παρέμβαση κάποιας βάσης δεδομένων. Αυτό πραγματοποιείται συνήθως με την χρήση πρωτοκόλλων όπως το Bluetooth ή το ZigBee. Το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιείται συχνά στα νοικοκυριά όπου ο όγκος της πληροφορίας είναι μικρός, π.χ στον φωτισμό και στην θέρμανση.



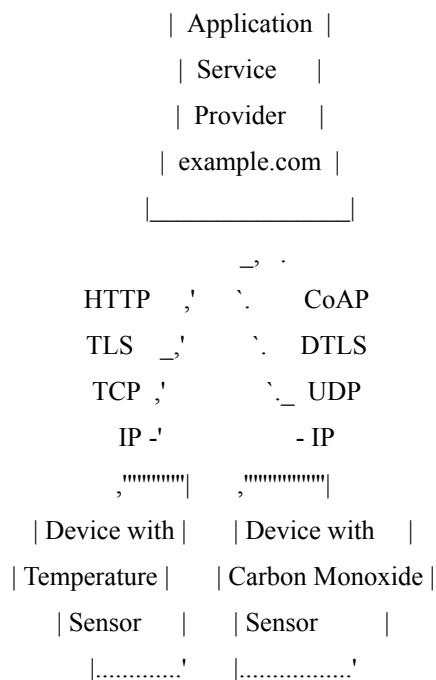
Γράφημα 1: Μοντέλο επικοινωνίας συσκευής με συσκευή

Πηγή: Tschofenig, H., Arkko, J., Thaler, D., & McPherson, D. R. (2015). *Architectural Considerations in Smart Object Networking* (Request for Comments RFC 7452). Internet Engineering Task Force. <https://doi.org/10.17487/RFC7452>

❖ Μοντέλο επικοινωνίας συσκευής με νέφος

Στο παρόν μοντέλο το φυσικό αντικείμενο συνδέεται με το Διαδίκτυο και με το νέφος μέσω της ήδη υπάρχουσας ενσύρματης ή ασύρματης σύνδεσης(Ethernet ή Wifi) Χρήση του μοντέλου αυτού κάνουν δημοφιλείς IoT συσκευές όπως η “Learning Thermostat” της Nest Labs.

.....

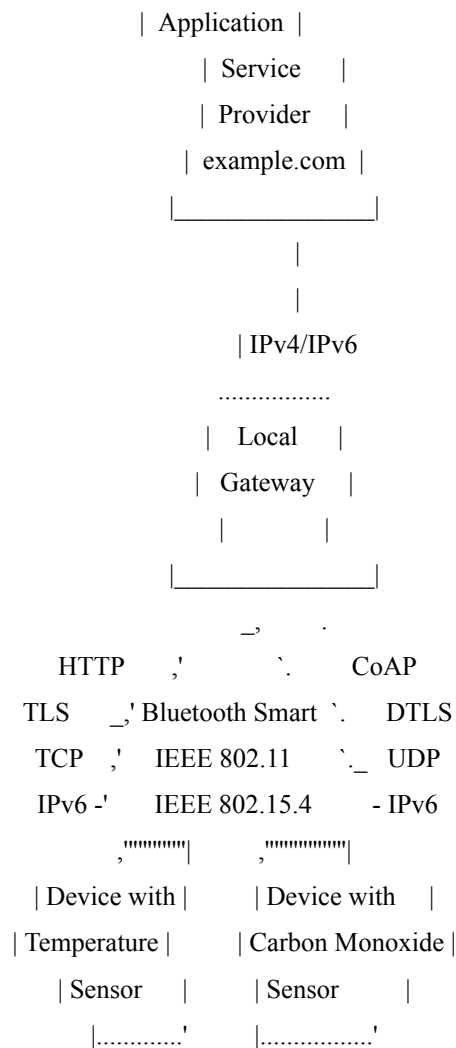


## Γράφημα 2 Μοντέλο επικοινωνίας συσκευής με νέφος

Πηγή: Tschofenig, H., Arkko, J., Thaler, D., & McPherson, D. R. (2015). *Architectural Considerations in Smart Object Networking* (Request for Comments RFC 7452). Internet Engineering Task Force. <https://doi.org/10.17487/RFC7452>

### ❖ Μοντέλο επικοινωνίας συσκευής με πύλη

Εδώ η συσκευή δεν συνδέεται απευθείας με το νέφος αλλά εμμέσως μέσω μιας πύλης. Μια εφαρμογή στο κινητό μπορεί να λειτουργήσει ως πύλη για την μεταφορά δεδομένων. Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται κατά κόρον σε καταναλωτικά προϊόντα όπως βηματομετρητές. Αυτές οι συσκευές δεν έχουν την ικανότητα να συνδεθούν στο νέφος χωρίς την χρήση κάποιας εφαρμογής/πύλης.



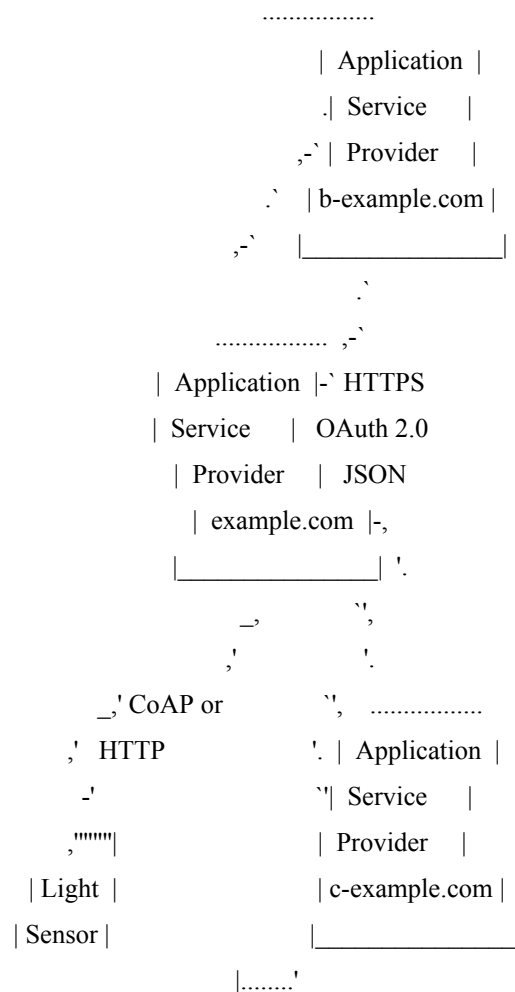
Γράφημα 3: Μοντέλο επικοινωνίας συσκευής με πύλη

Πηγή: Tschofenig, H., Arkko, J., Thaler, D., & McPherson, D. R. (2015). *Architectural Considerations in Smart Object Networking* (Request for Comments RFC 7452). Internet Engineering Task Force. <https://doi.org/10.17487/RFC7452>

#### ❖ Μοντέλο διαμοιρασμού

Το τελευταίο μοντέλο αποτελεί προέκταση του μοντέλου επικοινωνίας συσκευής με νέφος. Ενώ το μοντέλο επικοινωνίας συσκευής με νέφος αποσκοπεί στην συγκέντρωση πληροφορίας, το μοντέλο διαμοιρασμού επιτρέπει την εξαγωγή και την ανάλυση αυτής της πληροφορίας.

Για παράδειγμα, δεδομένα σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση μιας εταιρίας μπορούν να αναλυθούν και να προβεί η εταιρία στις ανάλογες ενέργειες. Χωρίς την ύπαρξη αυτού του μοντέλου, τα δεδομένα θα παραμέναν αναξιοποίητα.



Γράφημα 4: Μοντέλο διαμοιρασμού



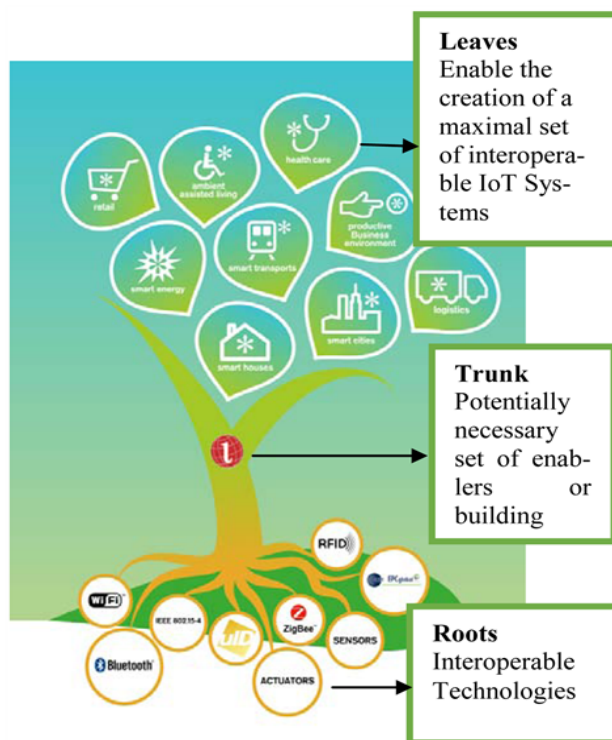
Πηγή: Tschofenig, H., Arkko, J., Thaler, D., & McPherson, D. R. (2015). *Architectural Considerations in Smart Object Networking* (Request for Comments RFC 7452). Internet Engineering Task Force. <https://doi.org/10.17487/RFC7452>

## 1.2.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ

Καθώς το IoT είναι τόσο ευρύ δεν υπάρχει μονάχα μια αποδεκτή αρχιτεκτονική λειτουργίας. Παρακάτω επεξηγούνται κάποια από τα αρχιτεκτονικά συστήματα που έχουν προταθεί από ερευνητές και οργανισμούς.

### ❖ Ερευνητικό πρότζεκτ “European FP7”

Το προσχέδιο χρήσης που προτείνει η ΕΕ για την αρχιτεκτονική του IoT



Εικόνα 1: “European FP7”

Πηγή: Group, S. M. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, Group, I. R. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, Group, I. T. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, & India. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 03(05), Art. 05. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>

Το δέντρο και τα μέρη του(φύλλα, κορμός, ρίζες) αντιπροσωπεύουν τα πιθανά ΙοΤ συστήματα και τις διαλειτουργικές τεχνολογίες

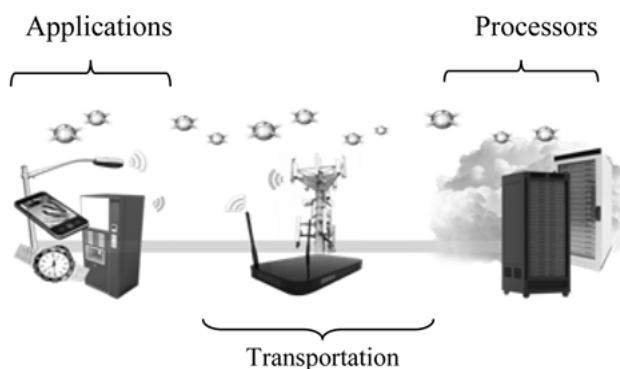
❖ *Αρχιτεκτονική “ΔΤΕ”*

Η αρχιτεκτονική “ΔΤΕ”(Διεθνής Τηλεπικοινωνιακή Ένωση)προτείνει την ύπαρξη 5 επιπέδων στο ΙοΤ. Αυτά είναι:

- 1) Το επίπεδο “αίσθησης”
- 2) Το επίπεδο “πρόσβασης”
- 3) Το επίπεδο “δικτύου
- 4) Το επίπεδο “πύλης”
- 5) Το επίπεδο “εφαρμογής”

❖ *Η Αρχιτεκτονική της ένωσης ΙοΤ*

Το φόρουμ χωρίζει την αρχιτεκτονική του ΙοΤ σε τρεις βασικές κατηγορίες: τις εφαρμογές, τα μέσα μετάδοσης και τους τρόπους επεξεργασίας.



Accessed dated on 2/09/2014 from <http://iotaforum.com/>.

*Εικόνα 2: Η Αρχιτεκτονική της ένωσης ΙοΤ*

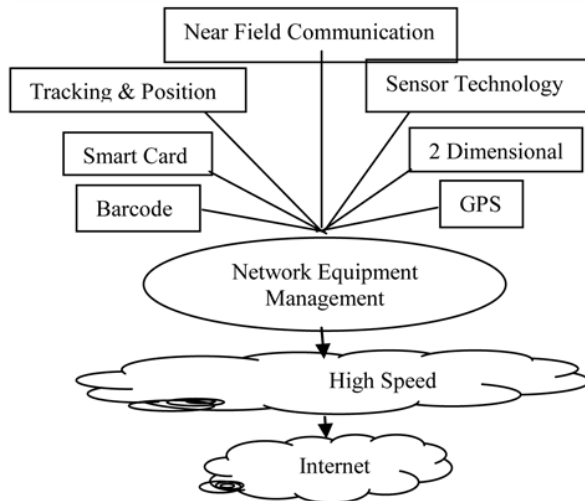
Πηγή: Group, S. M. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, Group, I. R. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, Group, I. T. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, & India. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. Journal of Computer and Communications, 03(05), Art. 05. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>

❖ *Η Αρχιτεκτονική των Qian Xiaocong και Zhang Jidong*

Οι Qian Xiaocong και Zhang Jidong(2012) με την σειρά τους εξηγούν πως το ΙοΤ αποτελείται από 3 επίπεδα, σε αντίθεση με τα 5 της “ΔΤΕ”. Βάσει αυτών, το πρώτο επίπεδο

είναι αρμόδιο για την συλλογή δεδομένων. Το δεύτερο μεταφέρει τα δεδομένα και το τελευταίο επίπεδο εκτελεί τις εφαρμογές του IoT.

❖ *Η Αρχιτεκτονική των Kun Han, Shurong Liu, Dacheng Zhang και Ying Han's(2012)*



Γράφημα 5: *Η Αρχιτεκτονική των Kun Han, Shurong Liu, Dacheng Zhang και Ying Han's(2012)*

Πηγή: Group, S. M. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, Group, I. R. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, Group, I. T. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, & India. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. Journal of Computer and Communications, 03(05), Art. 05. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>

Στο γράφημα φαίνεται πως εξασφαλίζεται η σύνδεση των συσκευών με το IoT μέσω των κατάλληλων τεχνολογιών επικοινωνίας και εξοπλισμού(αισθητήρες,GPS,Barcode)σε συνδυασμό με την γρήγορη ταχύτητα ίντερνετ.

## 2.2 ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ

Το οικοσύστημα του IoT εγείρει σημαντικά ζητήματα τα οποία αξίζουν συζήτησης. Μερικά από αυτά είναι ζητήματα ιδιωτικότητας, ασφάλειας, κόστους, ομοιογένειας και απώλειας θέσεων εργασίας. Παρακάτω δίνεται μια πιο λεπτομερής περιγραφή τους.

Το ζήτημα της ιδιωτικότητας εκτείνεται από τα παραδοσιακά μέσα όπως το σταθερό τηλέφωνο μέχρι και τις συσκευές του IoT. Όλα αυτά τα συστήματα και τα δεδομένα είναι εν δυνάμει εκτεθειμένα σε κυβερνοεπιθέσεις και επιθέσεις από χακερς. Επιπροσθέτως, τα συλλεγόμενα δεδομένα μπορούν πολλές φορές να χρησιμοποιηθούν για κακόβουλος σκοπούς από μεμονωμένα άτομα και εταιρίες.

Από την στιγμή που όχι μόνο οι άνθρωποι, αλλά και οι συσκευές είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους, οι δίοδοι μέσα από τις οποίες μπορούν να διεισδύσουν στα συστήματα και τις πληροφορίες που εμπεριέχονται σε αυτά αυξάνονται ραγδαία. Γι' αυτό τον λόγο, οι κατασκευαστές οφείλουν να παρέχουν την ύψιστη προστασία από τέτοιου είδους επιθέσεις και να ρυθμίσουν τις δυνατότητες χρήσης των δεδομένων. Η έλλειψη συγκεκριμένης νομοθεσίας που ορίζει τις άδειες και τους τρόπους χρήσης των δεδομένων, επιδεινώνει ακόμη περισσότερο την έλλειψη διαφάνειας.

Όσον αφορά την ομοιογένεια, παρατηρείται το φαινόμενο από τις εταιρίες που κατασκευάζουν συσκευές για το IoT να δημιουργούν μια σχέση εξάρτησης ανάμεσα στα προϊόντα με την ίδια επωνυμία. Με άλλα λόγια, μια λάμπα της χ επωνυμίας δεν θα είναι συμβατή με έναν διακόπτη μιας διαφορετικής, από της λαμπας επωνυμίας, με αποτέλεσμα να περιορίζονται αισθητά οι επιλογές των καταναλωτών και να καταρρακώνεται ένα από τα πιο πολύτιμα οφέλη του Διαδικτύου.

Περιορίζοντας ποιες συσκευές μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους και ποιες όχι, δημιουργείται το φαινόμενο των "Wall Gardens". Ο πυλώνας του Ίντερνετ είναι ότι όλοι οι άνθρωποι μπορούν να επικοινωνούν, να μοιράζονται και να δημιουργούν μέσα σε αυτό χωρίς περιορισμούς. Η ίδια λογική θα πρέπει να ακολουθείται και στο IoT, ανάμεσα στα φυσικά αντικείμενα.

Η έλλειψη ομοιογένειας ανάμεσα στις συσκευές οφείλεται σε μια σειρά από παράγοντες από το κόστος κατασκευής, τους στόχους μάρκετινγκ της εκάστοτε εταιρίας, μέχρι τον ελλιπή σχεδιασμό.

Η απώλεια θέσεων εργασίας αποτελεί ακόμα ένα ζήτημα που εγείρει ανησυχίες. Πλέον, η αύξηση της αυτοματοποίησης που απορρέει από την ολοένα και μεγαλύτερη υιοθέτηση του IoT, θα έχει ως αποτέλεσμα να αντικατασταθούν πολλές θέσεις εργασίας. Η δια βίου μάθηση

και η συνεχής εκπαίδευση και προσαρμογή στο νέο εργασιακό περιβάλλον θα μπορούσε να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας που θα απαιτούν ανθρώπινο δυναμικό. Δεν πρέπει να ξεχνάμε επίσης πως και το ίδιο σύστημα του IoT δεν μπορεί να λειτουργήσει ομαλά χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.

Επίσης, αν και δεν αποτελεί μονάχα ζήτημα του IoT, εξαρτόμαστε σε υπερβολικό βαθμό από την τεχνολογία και από το IoT στην περίπτωση μας. Μια ενδεχόμενη κατάρρευση του συστήματος θα οδηγούσε ενδεχομένως και στην κατάρρευση μιας εταιρίας που βασίζεται στο IoT για την λειτουργία της.

Επιπλέον ανάχωμα αποτελεί και η πολυπλοκότητα του IoT. Σε ένα τόσο ευρύ σύστημα με διαφορετικές τεχνολογίες, πρωτόκολλα και συσκευές, το παραμικρό σφάλμα στην διαδικασία δύναται να προκαλέσει αλυσιδωτές αντιδράσεις σε ολόκληρο το φάσμα της. Το πρόβλημα αυτό διογκώνεται και από το γεγονός πως ο καταναλωτής ζητά συνεχώς περισσότερα, με αποτέλεσμα οι εταιρίες να κυκλοφορούν νέα προϊόντα και εφαρμογές στην αγορά χωρίς να έχουν επιλύσει τυχόν ατασθαλίες από τα προηγούμενα.

Φυσικά, τα οφέλη που απορρέουν από την χρήση του IoT αντισταθμίζουν σε σημαντικό βαθμό τα όποια θέματα προκύπτουν. Μερικά από αυτά είναι η εύκολη συλλογή δεδομένων, η απομακρυσμένη παρακολούθηση, η εξοικονόμηση χρόνου, η αυξημένη παραγωγικότητα, κ.α. Ειδικότερα, ξεχωριστά πλεονεκτήματα παρέχει το IoT σε διαφορετικούς τομείς της κοινωνικής και οικονομικής ζωής.

Για παράδειγμα, στην υγεία, η απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών επιτρέπει την άμεση παρέμβαση, από πλευράς του συστήματος, σε περίπτωση ανάγκης. Ένας βηματοδότης καρδιάς μπορεί να ελέγχεται ανά πάσα στιγμή αν λειτουργεί σωστά και σε περίπτωση βλάβης να πραγματοποιηθούν άμεσα οι απαραίτητες ενέργειες.

Στον τομέα της ασφάλειας και της δημόσιας τάξης οι εφαρμογές εκτείνονται από την χρήση καμερών σε καταστήματα και δημόσιους χώρους μέχρι και αισθητήρων. Τέτοια συστήματα ασφαλείας μπορούν να τοποθετηθούν στα σπίτια, σε γραφεία και επιχειρήσεις, σε τράπεζες, στους δρόμους και στα αυτοκίνητα.

Στις επιχειρήσεις και στον παραγωγικό τομέα γενικότερα, η συνδεσιμότητα των συσκευών σε μια γραμμή παραγωγής αυξάνει την παραγωγικότητα και ελαχιστοποιεί τα σφάλματα. Από την, άλλη η χρήση αισθητήρων και ετικετών επιτρέπει την αποτελεσματικότερη παρακολούθηση των αποθεμάτων και περιορίζει τον κίνδυνο να δημιουργηθούν ελλείψεις. Στις περιπτώσεις που απαιτείται η μεταφορά μεγάλων όγκων δεδομένων το IoT ελαχιστοποιεί τον χρόνο που χρειάζεται για την μεταφορά τους εξοικονομώντας πολύτιμο χρόνο.

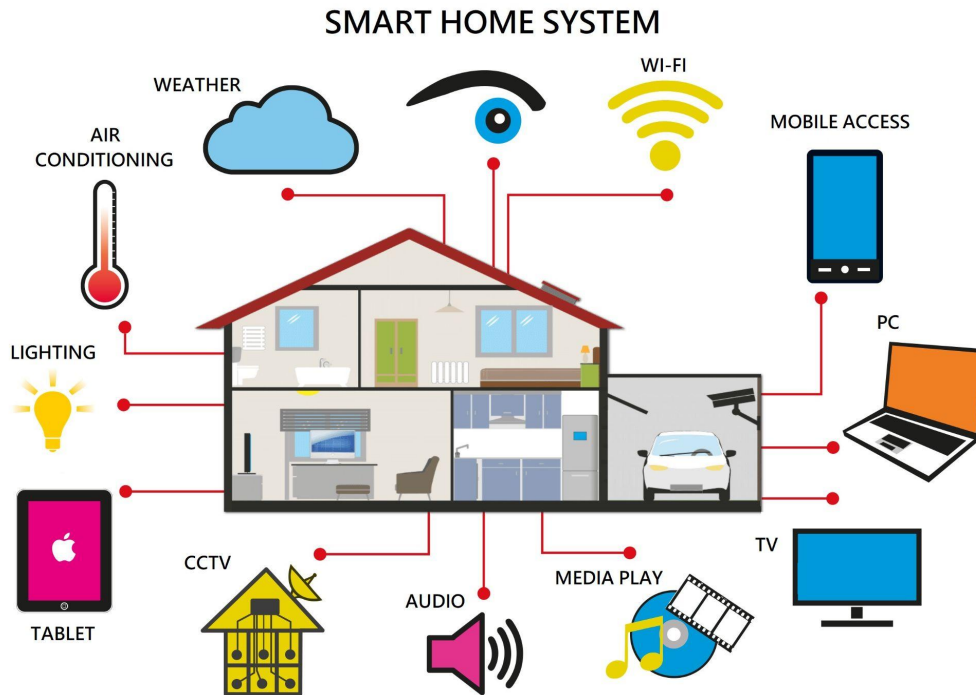
Τέλος, στα σχολεία, το IoT δύναται να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα της παρεχόμενης εκπαίδευσης με 24ωρη συλλογή δεδομένων, απομακρυσμένη διδασκαλία, εκμάθηση μέσω ετικετών RFID για κάποιο αντικείμενο ή λεξιλόγιο ξένης γλώσσας,, μείωση λαθών, και διευκόλυνση για μαθητές με ειδικές ανάγκες.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ**

### **3.1 ΕΞΥΠΝΑ ΣΠΙΤΙΑ**

Τα έξυπνα σπίτια σύμφωνα με την Google, αποτελεί το δημοφιλέστερο κομμάτι του IoT. Τα τελευταία χρόνια οι έξυπνες συσκευές και οι εφαρμογές μπορούν να εκτελούν πολυπλοκότερες ενέργειες και να αποθηκεύουν μεγαλύτερο όγκο δεδομένων, αποκτώντας ολοένα και μεγαλύτερο μερίδιο στην αγορά των έξυπνων σπιτιών. Ανάμεσα στους πρωτεργάτες στον χώρο, ήταν η General Electric, με την κατασκευή διαφόρων συσκευών για το έξυπνο σπίτι στα μέσα της δεκαετίας του 60'

Η βάση της λογικής ενός έξυπνου σπιτιού στηρίζεται στο σήμα που εκπέμπουμε και στο σήμα που λαμβάνει ο αισθητήρας. Το δικό μας σήμα μπορεί να είναι μια εντολή που δίνουμε είτε φωνητικά, είτε μέσω κάποιας ενδιάμεσης συσκευής, όπως το τηλέφωνο ή τον υπολογιστή. Έπειτα, το σήμα στέλνεται στον υποδοχέα για να εκτελέσει την απαιτούμενη ενέργεια. Ουσιαστικά, τα σπίτια μας άρχισαν να γίνονται έξυπνότερα με την εγκατάσταση τηλεφωνικών και ηλεκτρονικών συσκευών.



Εικόνα 3: Ένα έξυπνο σπίτι

Στην εικόνα σχηματίζεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα έξυπνου σπιτιού με όλες τις συνδεδεμένες έξυπνες συσκευές, όπως το κινητό, την τηλεόραση, τον υπολογιστή, το tablet, το σύστημα ασφαλείας, τον φωτισμό και κλιματισμό και τα πολυμέσα.

Τα έξυπνα σπίτια μπορούν να εκτελέσουν κάποιες συγκεκριμένες λειτουργίες. Αυτές οι λειτουργίες χωρίζονται σε 4 κατηγορίες: ειδοποίηση, παρακολούθηση, έλεγχος και νοημοσύνη. [23]

#### Ειδοποίηση

Από τις βασικότερες λειτουργίες του έξυπνου σπιτιού είναι η ειδοποίηση του χρήστη για τα δεδομένα του περιβάλλοντος και τυχόν μεταβολές σε αυτό. Η ειδοποίηση μπορεί να σταλεί μέσω γραπτού μηνύματος ή μέσω των κοινωνικών μέσων.(π.χ tweet)

#### Παρακολούθηση

Σε συνδυασμό με την ειδοποίηση, η παρακολούθηση αποτελεί τον πυλώνα του έξυπνου σπιτιού. Μέσω αισθητήρων και καμερών οι συνθήκες του σπιτιού καταγράφονται 24/7 και ο χρήστης ειδοποιείται για αυτές μέσω της φορητής του συσκευής ή του υπολογιστή. Για

παράδειγμα, ένας αισθητήρας που εντοπίζει μεταβολές στην ατμόσφαιρα του σπιτιού δύναται να ειδοποιήσει τον χρήστη για ενδεχόμενη ανθυγιεινή ποιότητα αέρα.

### *Έλεγχος*

Ο έλεγχος των συσκευών μπορεί να γίνει είτε εντός είτε εκτός σπιτιού από τον χρήστη. Επιπλέον, ο χρήστης ορίζει αν θέλει να ενεργοποιούνται αυτόματα κάποιες συσκευές ανάλογα τις συνθήκες, όπως να ανοίγει το κλιματιστικό όταν πέφτει ή ανεβαίνει η θερμοκρασία.

### *Νοημοσύνη*

Η νοημοσύνη ενός έξυπνου σπιτιού αναβαθμίζει την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών επιτρέποντας τις συσκευές να εκτελούν αυτόματα ενέργειες δίχως την παρέμβαση του χρήστη. Η νοημοσύνη σπιτιού βασίζεται στην Τεχνητή Νοημοσύνη.

Όσον αφορά τις εφαρμογές ενός έξυπνου σπιτιού, οι επιλογές είναι απεριόριστες, ωστόσο για τις ανάγκες της εργασίας θα εξετάσουμε 4 βασικές [23]. Αυτές είναι:

### *Έξυπνος Φωτισμός*

Ο έξυπνος φωτισμός αποτελεί τον καταλληλότερο και βολικότερο τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας και κόστους. Ο έξυπνος φωτισμός επιτρέπει την αυτόματη απενεργοποίηση/ενεργοποίηση ή το χαμήλωμα των λαμπών. Οι ενσωματωμένοι αισθητήρες αντιλαμβάνονται την ένταση τους φωτός στο περιβάλλον καθώς και την θερμοκρασία και υγρασία του χώρου, και ενεργούν κατάλληλα. Ο χρήστης μπορεί να βρει στην αγορά από μεμονωμένες έξυπνες λάμπες, όπως την “mi smart led bulb” της Xiaomi, ή την “Smart Wi-Fi LED Light Bulb” της TP-Link μέχρι ολοκληρωμένα ΚΙΤ φωτισμού με μικροδέκτες.

### *Έξυπνες συσκευές*

Οι έξυπνες συσκευές συλλέγουν πληροφορίες για τις συσκευές του σπιτιού και επιτρέπουν απομακρυσμένο έλεγχο τους. Επίσης, μπορούν να ενημερώσουν τον χρήστη για προγραμματισμένες υποχρεώσεις και να ενσωματωθούν με άλλες συσκευές του νοικοκυριού. Μια από τις πιο διαδεδομένες κατηγορίες έξυπνων συσκευών είναι τα έξυπνα ψυγεία που επιτρέπουν τον χρήστη να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή τι βρίσκεται στο ψυγείο συγχρόνως με



τις ημερομηνίες λήξης, μειώνοντας την σπατάλη τροφίμων και τα περιττά έξοδα. Πρωτοπόρα στον χώρο είναι η Samsung με την σειρά ψυγείων “Family Hub”

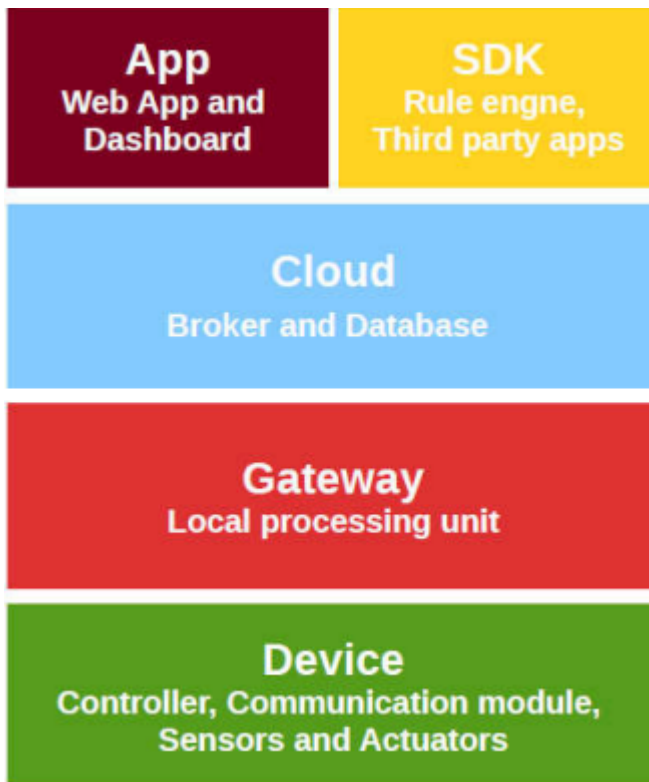
#### *Εντοπισμός παραβίασης*

Το έξυπνο σπίτι ειδοποιεί και ενημερώνει τον χρήστη για πιθανή διάρρηξη μέσω γραπτού ή ηχητικού μηνύματος και βίντεο. Η εταιρία Somfy Ελλάς προσφέρει ένα έξυπνο σύστημα ασφαλείας το Somfy Home Alarm, που ειδοποιεί τον χρήστη μέσω εφαρμογής στο κινητό πριν γίνει η διάρρηξη με την χρήση αισθητήρων στα παράθυρα και τις πόρτες

#### *Έλεγχος της ατμόσφαιρας*

Οι αισθητήρες, όπως προαναφέρθηκε, ελέγχουν την ποιότητα του αέρα και ανιχνεύουν ενδεχόμενη διαρροή αερίου ή την ύπαρξη καπνού στον χώρο, ειδοποιώντας παράλληλα τον χρήστη. Στην αγορά κυκλοφορούν ανιχνευτές αερίου, όπως ο Ασύρματος Ανιχνευτής αερίου WIFI – TUYA, που ειδοποιεί τον χρήστη μέσω εφαρμογής στο κινητό και ανιχνευτές καπνού, όπως ο έξυπνος ανιχνευτής καπνού της Legrand.

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω χαρακτηριστικά, παρακάτω παρουσιάζεται ένα μοντέλο έξυπνου σπιτιού βασισμένο στην αρχιτεκτονική FLIP[23]. Η αρχιτεκτονική FLIP είναι μια ολοκληρωμένη ανοικτού κώδικα IoT πλατφόρμα, κατασκευασμένη από το εργαστήριο “Frugal Labs Bangalore” της Ινδίας. Χωρίζεται σε 4 επίπεδα, παρόμοια με τις αρχιτεκτονικές που αναφέρθηκαν(βλ. υπ. 1.2.2)

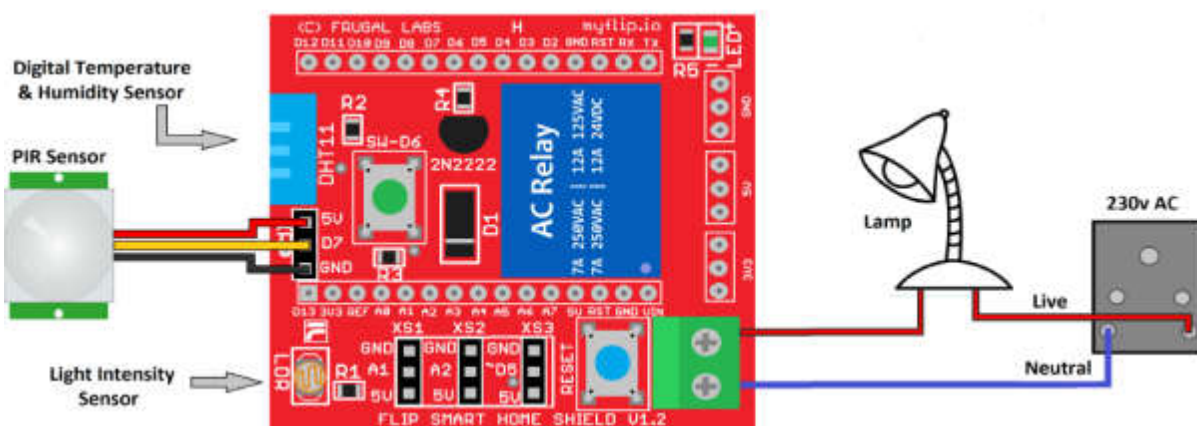


Εικόνα 4: Τα 4 επίπεδα της αρχιτεκτονικής

Πηγή: Malche, T., & Maheshwary, P. (2017). Internet of Things (IoT) for building Smart Home System. <https://doi.org/10.1109/I-SMAC.2017.8058258>

Στην εικόνα απεικονίζονται ξεχωριστά τα 4 επίπεδα: Το επίπεδο συσκευής, το επίπεδο πύλης, το επίπεδο νέφους, και το επίπεδο εφαρμογών

Στο προτεινόμενο μοντέλο χρησιμοποιείται η έξυπνη FLIP συσκευή και συνδεσμολογία όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

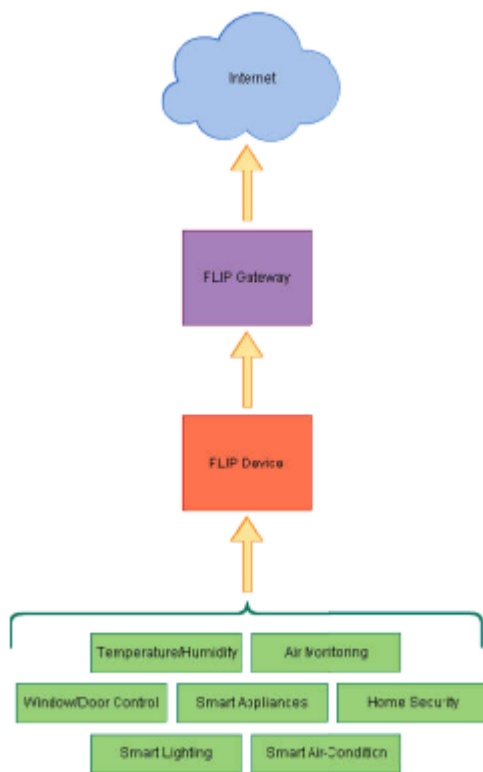


Γράφημα 6: Η FLIP συσκευή και συνδεσμολογία

Πηγή: Malche, T., & Maheshwary, P. (2017). Internet of Things (IoT) for building Smart Home System. <https://doi.org/10.1109/I-SMAC.2017.8058258>

Πάνω στην συσκευή είναι τοποθετημένοι οι ανιχνευτές θερμοκρασίας και υγρασίας, ο ανιχνευτής παραβίασης(PIR)και ο ανιχνευτής για την ένταση του φωτός. Επίσης απεικονίζεται η σύνδεση με μια έξυπνη λάμπα του συστήματος και με τον πίνακα ασφαλείας του σπιτιού

Η συσκευή είναι συνδεδεμένη στους αισθητήρες, στα φώτα, στο κλιματιστικό, στα παράθυρα και τις πόρτες και σε διάφορες συσκευές. Η δομή παρουσιάζεται στο επόμενο διάγραμμα.

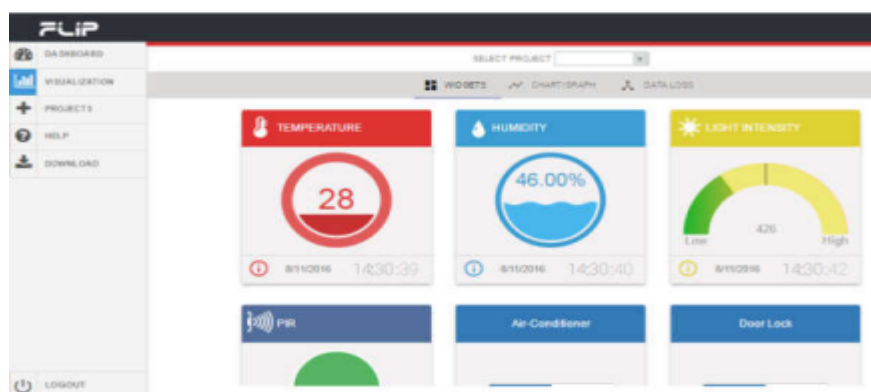


Γράφημα 7: Η δομή της FLIP αρχιτεκτονικής

Πηγή: Malche, T., & Maheshwary, P. (2017). Internet of Things (IoT) for building Smart Home System. <https://doi.org/10.1109/I-SMAC.2017.8058258>

Οι αισθητήρες και συσκευές είναι συνδεδεμένες με την FLIP συσκευή, η οποία συνδέεται απευθείας με μια πύλη, π.χ ένα κινητό και τα δεδομένα αποθηκεύονται στο νέφος και απεικονίζονται μέσω της εφαρμογής.

Η εξής αρχιτεκτονική μπορεί να εκτελέσει ποικίλες λειτουργίες, όπως να ελέγχει το περιβάλλον, να στέλνει ειδοποιήσεις, να ρυθμίζει την θερμοκρασία και τον φωτισμό του χώρου, επιτρέποντας συγχρόνως στον χρήστη απομακρυσμένο έλεγχο των αντικειμένων. Δεδομένα σχετικά με την υγρασία, την θερμοκρασία και την ένταση του φωτός αποθηκεύονται στον σερβερ της συσκευής και απεικονίζονται με γραφικά.



Εικόνα 5: Η διεπαφή χρήστη της εφαρμογής

Πηγή: Malche, T., & Maheshwary, P. (2017). Internet of Things (IoT) for building Smart Home System. <https://doi.org/10.1109/I-SMAC.2017.8058258>

Στην εικόνα σχηματίζονται με γραφικά τα συλλεγόμενα δεδομένα για την θερμοκρασία, την υγρασία και την ένταση του φωτός

Τέλος, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει το μέσο με το οποίο θα λαμβάνει ενημερώσεις και ειδοποιήσεις, είτε με sms, είτε μέσω e-mail και κοινωνικών μέσων.

### 3.2 ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ

Το πεδίο των έξυπνων πόλεων συγκεντρώνει έντονο ενδιαφέρον στην επιστημονική βιβλιογραφία και τις διεθνείς νομοθεσίες. [39] Οι έξυπνες πόλεις στοχεύουν στην καλύτερη διαχείριση των πόρων τους και την ποιοτική αναβάθμιση της ζωής των πολιτών. Σύμφωνα με τους Bakici, Almirall, και Wareham(2013), ο μισός πληθυσμός της γής ζει σε αστικά κέντρα και εκτιμάται πως μέχρι το 2050 το 70% του παγκόσμιου πληθυσμού θα μετεγκατασταθεί στις πόλεις. Δεδομένου αυτών, οι έξυπνες πόλεις θα διαδραματίσουν καταλυτικό ρόλο στην εξασφάλιση ενός άνετου τρόπου ζωής.

Η ιδέα των έξυπνων πόλεων πρωτοεμφανίστηκε την δεκαετία του 1990, όταν και επινοήθηκε ο όρος του Διαδικτύου των Πραγμάτων [38].(βλ. κεφ. 1) Ανάμεσα στην ερευνητική κοινότητα, δεν υπάρχει ξεκάθαρος ορισμός για τις έξυπνες πόλεις. Σε ένα πιο γενικό πλαίσιο, οι έξυπνες πόλεις καθιστούν τα παραδοσιακά μέσα, που έχει στην διάθεση της μια πόλη, όπως οι υπηρεσίες που παρέχει στους δημότες, πιο βιώσιμα, ευέλικτα και αποδοτικά. [31] Ειδικότερα, μια έξυπνη πόλη, “συνδέει τα κτίρια, τις κοινωνικές δομές, τις επιχειρήσεις και τις πληροφορίες, για να εκμεταλλευτεί την συλλογική της νοημοσύνη” [31]



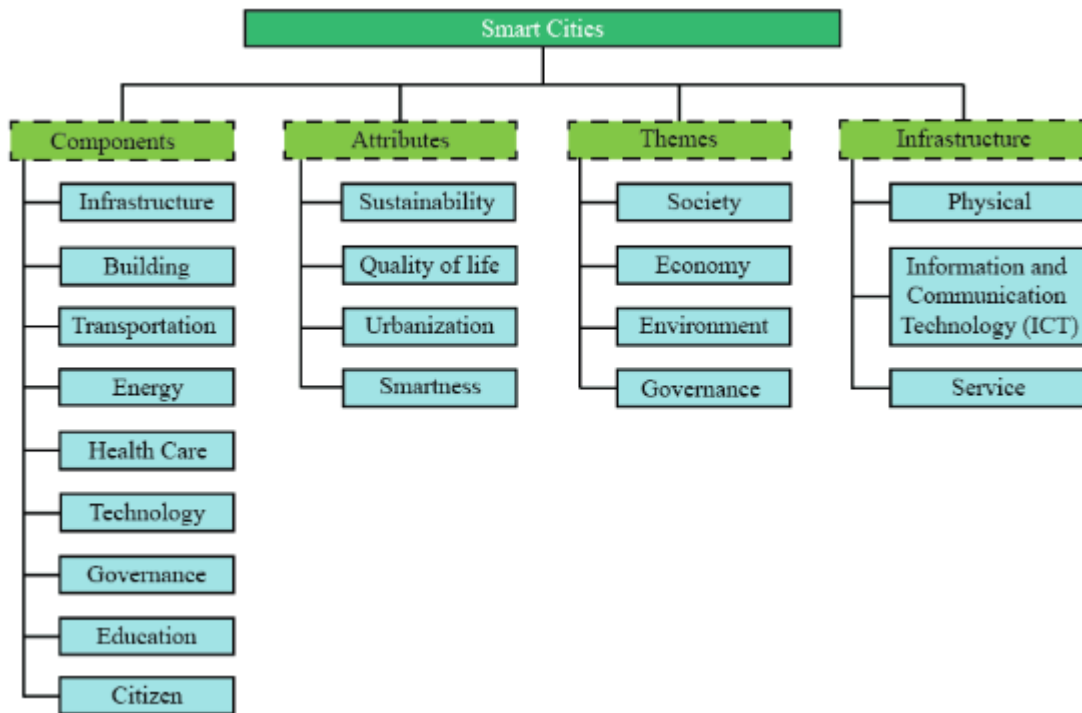
*Εικόνα 6: Η έξυπνη πόλη*

Στην εικόνα διαγράφονται οι ποικίλες εφαρμογές και λειτουργίες της έξυπνης πόλης από τα έξυπνα κτίρια, την δημόσια τάξη και τον έξυπνο φωτισμό, μέχρι την έξυπνη ενέργεια, τον έλεγχο της ποιότητας του νερού, την διαχείριση της κίνησης και των απορριμμάτων και την έξυπνη υγεία

### ***Η δομή της έξυπνης πόλης***

Η προτεινόμενη δομή μιας έξυπνης πόλης, διαφοροποιείται ανάμεσα στους ερευνητές. Οι κατηγορίες υπηρεσιών που προσφέρει μια έξυπνη πόλη εκτείνονται από τα έξυπνα κτίρια, το

περιβάλλον και την ποιότητα του αέρα, μέχρι τις υπηρεσίες για τον πολίτη. Για την δική μας έρευνα, θα εστιάσουμε κυρίως στην παρακάτω δομή που απεικονίζεται ως εξής:



Γράφημα 8: Η δομή μιας έξυπνης πόλης

Πηγή: Mohanty, S. P., Choppali, U., & Kougiannos, E. (χ.χ.). Everything You wanted to Know about Smart Cities. 15.

Η προτεινόμενη δομή χωρίζεται σε 4 βασικές κατηγορίες: τα δομικά στοιχεία, τα χαρακτηριστικά, τις θεματολογίες και τις υποδομές. Με την σειρά τους, χωρίζονται σε υποκατηγορίες. Τα δομικά στοιχεία της έξυπνης πόλης είναι οι υποδομές, τα κτίρια, οι μεταφορές, η ενέργεια, η υγεία, οι τεχνολογίες, η διακυβέρνηση, η εκπαίδευση και ο πολίτης. Τα χαρακτηριστικά που προσφέρει μια έξυπνη πόλη είναι η βιωσιμότητα, η ποιότητα ζωής, η αστικοποίηση και η νοημοσύνη. Οι θεματολογίες αφορούν την κοινωνία, την οικονομία, το περιβάλλον και την διακυβέρνηση. Τέλος, οι υποδομές σχετίζονται με τις φυσικές υποδομές, όπως οι δρόμοι, τις τηλεπικοινωνιακές υποδομές και τις υπηρεσίες προς τον πολίτη.

#### Έξυπνες Υποδομές

Στο πλαίσιο της έξυπνης πόλης οτιδήποτε αποτελεί την ραχοκοκαλιά της πόλης εντάσσεται στις υποδομές. [31] Εκτός από τα κτίρια, τους δρόμους και τις γέφυρες, υποδομή στην

έξυπνη πόλη αποτελεί ο φωτισμός, τα φανάρια, το δίκτυο νερού και ενέργειας, οι χώροι γραφείων, το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων, κ.α.

Στην περίπτωση των κτιρίων, μπορούν να εγκατασταθούν αισθητήρες με σκοπό την συνεχή επιτήρηση της κατάστασης τους [36]. Οι αισθητήρες θα εντοπίζουν δονήσεις, τυχόν παραμορφώσεις στο κτίριο, καθώς και θα καταγράφουν εξωτερικούς παράγοντες όπως την θερμοκρασία και την υγρασία της περιοχής. Όσον αφορά την διαχείριση των απορριμμάτων, η χρήση “έξυπνων” κάδων θα περιόριζε αισθητά το κόστος συλλογής τους, ενώ για τον φωτισμό της πόλης, η ένταση των έξυπνων λαμπών θα αυξομειώνεται με βάση τις καιρικές συνθήκες και το πλήθος ατόμων [36]

#### *Έξυπνες Μεταφορές*

Στην παραδοσιακή τους μορφή οι μεταφορές είναι ασύνδετες και λειτουργούν αυτόνομα. Στις έξυπνες μεταφορές, ή αλλιώς “Έξυπνα Μεταφορικά Συστήματα”, τα οχήματα είναι συνδεδεμένα όχι μονάχα μεταξύ τους αλλά και με συγκεκριμένες τοποθεσίες. Σε αυτά περιλαμβάνονται όλων των ειδών οι μεταφορές.(τρένα, αεροπλάνα, πλοία) Επίσης, με τις έξυπνες μεταφορές, μια αεροπορική ή μια ακτοπλοική εταιρία μπορεί να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή πόσα αεροπλάνα ή πλοία έχει στον στόλο της, επιτυγχάνοντας την πλήρη αξιοποίηση του.

Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν την χρήση RFID τεχνολογίας [31]. Μια από αυτές είναι τα RFID διόδια που επιτρέπουν την άμεση συλλογή του παραβόλου, χωρίς καμία αναμονή, εξοικονομώντας χρόνο. Στα αεροδρόμια, η χρήση RFID διαβατηρίων εξασφαλίζει γρήγορο και αξιόπιστο έλεγχο τους, δίχως την ανάγκη φυσικού ελέγχου. Στο επίπεδο του χρήστη, υπάρχουν εφαρμογές για εύρεση εισιτηρίων, ταξί ή άλλου μεταφορικού μέσου.(π.χ Uber)

#### *Έξυπνη Ενέργεια*

Θεμελιώδες κομμάτι της έξυπνης ενέργειας αποτελεί το έξυπνο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. [31] Το έξυπνο δίκτυο ενσωματώνει τις συμπεριφορές και τις ενέργειες των καταναλωτών, των παραγωγών και των καταναλωτών που παράγουν μέρος της ενέργειας που καταναλώνουν, όπως με την χρήση φωτοβολταϊκών. Η δομική λειτουργία του έξυπνου δικτύου είναι να συνδέει ετερογενείς πηγές ενέργειας μεταξύ τους, δηλαδή την ενέργεια που παράγεται από ορυκτά καύσιμα, με την ηλιακή ενέργεια, κ.ο.κ.. Μελλοντικά, ένα έξυπνο δίκτυο θα μπορεί να ρυθμίζει την απαραίτητη τάση, χωρίς αυξομειώσεις.

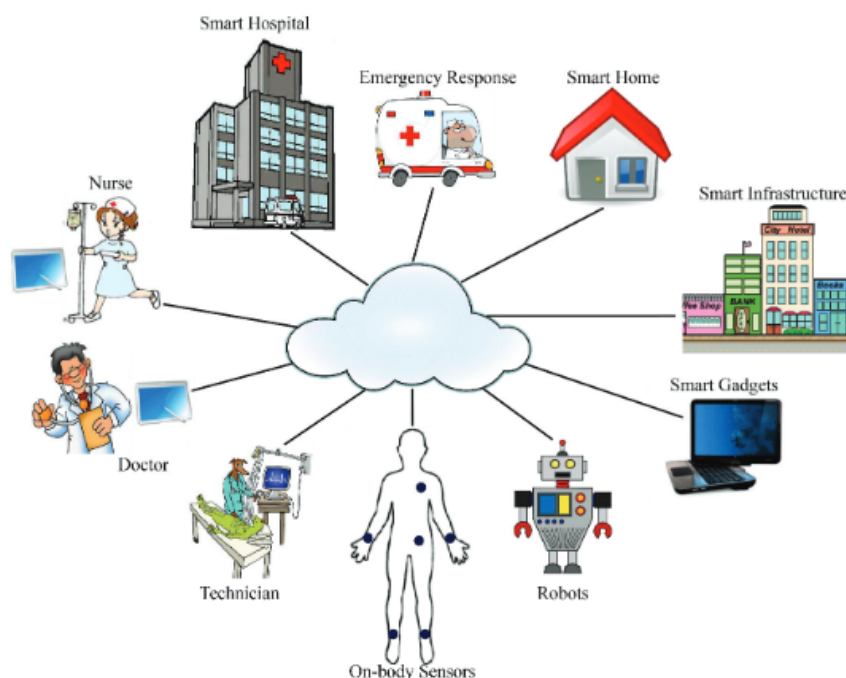


Στο επίπεδο μιας πόλης, το IoT θα ελέγχει τις πηγές κατανάλωσης ενέργειας, από τον φωτισμό, τα ΜμΜ, μέχρι την κατανάλωση των δημόσιων κτιρίων. Με αυτόν τον τρόπο θα υπάρχει ξεκάθαρη εικόνα για τα επίπεδα κατανάλωσης και θα πραγματοποιούνται οι απαραίτητες ενέργειες για την εξομάλυνση τους. [36]

### *Έξυπνη Υγεία*

Αν και θα γίνει εκτενέστερη ανάλυση σε επόμενο κεφάλαιο για την έξυπνη υγεία, αξίζει να αναφερθεί εν συντομία στο εξής κεφάλαιο, καθώς η έξυπνη υγεία και κατ'επέκταση τα νοσοκομεία και κέντρα υγείας αποτελούν κομμάτι μιας πόλης.

Τα συστατικά μέρη της έξυπνης υγείας, είναι οι αισθητήρες που τοποθετούνται πάνω στο σώμα μας, τα έξυπνα νοσοκομεία και το έξυπνο σύστημα έκτακτης ανάγκης. Με την έξυπνη υγεία, τα δεδομένα ενός ασθενή είναι διαθέσιμα ανά πάσα στιγμή σε όλα τα νοσοκομεία της ίδιας, αλλά και άλλων πόλεων, επιτρέποντας την γρήγορη εξέταση από το ιατρικό προσωπικό και την άμεση παρέμβαση σε περίπτωση ανάγκης. Στο διάγραμμα φαίνεται η συνδεσιμότητα των διαφόρων μερών.



*Εικόνα 7: Ένα συνδεδεμένο σύστημα υγείας*

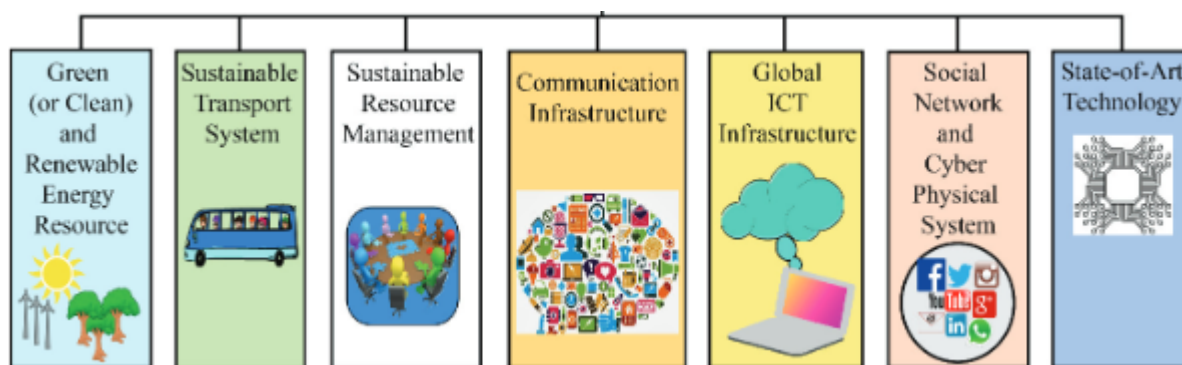
Πηγή: Mohanty, S. P., Choppali, U., & Kougiianos, E. (χ.χ.). Everything You wanted to Know about Smart Cities. 15



Σε ένα έξυπνο σύστημα υγείας όλα τα δομικά μέρη(αισθητήρες, ρομπότ, έξυπνες συσκευές, έξυπνο σπίτι, έξυπνες υποδομές, έξυπνο νοσοκομείο, σύστημα έκτακτης ανάγκης) είναι συνδεδεμένα στο ίντερνετ και κατ επέκταση όλες οι πληροφορίες είναι διαθέσιμες ανά πάσα στιγμή στο ιατρικό προσωπικό.

### *Έξυπνες Τεχνολογίες*

Μια σειρά από ετερογενείς τεχνολογίες καθιστούν μια πόλη έξυπνη [31]. Αυτές οι τεχνολογίες αφορούν τις μεταφορές, τις υποδομές, το δίκτυο ενέργειας, τις τεχνολογίες πληροφορίας και το δίκτυο επικοινωνίας.



*Γράφημα 9: Έξυπνες και Βιώσιμες Τεχνολογίες της Έξυπνης Πόλης*

Πηγή: Mohanty, S. P., Choppali, U., & Kougianos, E. (χ.χ.). Everything You wanted to Know about Smart Cities. 15

Οι τεχνολογίες χωρίζονται στις ΑΠΕ, στις πράσινες μεταφορές, στην βιώσιμη διαχείριση πόρων, στις τηλεπικοινωνιακές υποδομές, στα κοινωνικά δίκτυα και στις υπερσύγχρονες τεχνολογίες.

### ***Μελέτες Περιπτώσεων [38, 39]***

#### *Μπουσάν*

Η πόλη Μπουσάν της Νότιας Κορέας χρησιμοποιεί τεχνολογίες νέφους για να ενισχύσει την επιχειρηματικότητα και την διοίκηση της πόλης. Ο σκοπός του εγχειρήματος είναι να προσφέρει καλύτερες υπηρεσίες στα ΜμΜ και την υγεία καθώς και να καταστήσει περισσότερο προσβάσιμη την πληροφόρηση προς τους πολίτες.

### *Σανταντέρ*

Η ισπανική πόλη Σανταντέρ είναι ευρέως γνωστή ως μια έξυπνη πόλη. Στην Σανταντέρ έχουν τοποθετηθεί περίπου 20 χιλιάδες IoT συσκευές που καταγράφουν δεδομένα για τις καιρικές συνθήκες, την ποιότητα του αέρα, το δίκτυο υδροδότησης, τις μεταφορές, κ.ο.κ. Όλα τα δεδομένα συγκεντρώνονται σε έναν κεντρικό σέρβερ και είναι διαθέσιμα ανά πάσα στιγμή.

### *Σικάγο*

Το Σικάγο κάνει χρήση περίπου 300 χιλιάδων IoT συσκευών για να υποστηρίξει τις πρωτοβουλίες της. Ο κύριος στόχος είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, Άλλες πρωτοβουλίες στοχεύουν στην μείωση της εγκληματικότητας, και στην πρόβλεψη και μείωση εστιών μολύνσεων από τρωκτικά.

### *Μίλτον Κέινς*

Το πρότζεκτ Μίλτον Κέινς αποτελεί πρωτοβουλία του Ανοικτού Πανεπιστημίου της Βρετανίας για την κατασκευή ενός κεντρικού σέρβερ στην πολη που θα συλλέγει και θα διαχειρίζεται δεδομένα από διάφορες έξυπνες συσκευές. Το πρότζεκτ αποσκοπεί στον έλεγχο των εκπομπών CO2 και την βιώσιμη ανάπτυξη. Επιπρόσθετοι στόχοι αφορούν την δημιουργία αποδοτικών μεταφορικών μέσων, λύσεων έξυπνης ενέργειας, χρήσης νερού και μεγαλύτερη διάδραση με την κοινότητα της πόλης.

### *Λος Άντζελες*

Η πόλη του Λος Άντζελες έχει αναπτύξει πολλές εφαρμογές για να βελτιώσει τις παρεχόμενες προς τους πολίτες υπηρεσίες. Οι εφαρμογές επιτρέπουν στους δημότες να εκτελούν ηλεκτρονικά αιτήματα, να ενημερώνονται για τις υπηρεσίες που προσφέρει η πόλη καθώς και για την πρόοδο των στόχων που έχει θέσει η δημοτική αρχή. Τέλος, ενθαρρύνει τις επιχειρήσεις να επιστρατεύσουν τεχνολογίες επικοινωνίας για αυξημένη αποδοτικότητα.

## **3.3 ΕΞΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ**

Η ανάγκη για βιώσιμη και αποδοτικότερη αγροτική παραγωγή είναι πιο επιτακτική από ποτέ. Δεδομένου της αλματώδης αύξησης του πληθυσμού [5,4] και των περιορισμένων πόρων, οι

αγρότες πρέπει να βρουν καινοτόμους μεθόδους για την καλλιέργειες τους. Σήμερα, η διαθέσιμη γη προς εκμετάλλευση είναι περιορισμένη, ενώ τα υλικά που απαιτούνται για την καλλιέργεια της αγγίζουν δυσθεώρητα επίπεδα.



Εικόνα 8: Έξυπνη Γεωργία

Το ΙοΤ έχει καταφέρει να διεισδύσει και στον αγροτικό τομέα εξοικονομώντας πολύτιμο χρόνο και πόρους από τους αγρότες, αποτρέποντας παράλληλα ενδεχόμενα δυσάρεστα αποτελέσματα, όπως μια χαμένη σοδειά λόγω μη κατάλληλης παρακολούθησης. Το ΙοΤ παρέχει μια σειρά από εργαλεία στους αγρότες καθ'ολη την διάρκεια της διαδικασίας, από την φύτευση μέχρι την αποθήκευση και την μεταφορά. Τα κίνητρα για την υιοθέτηση του ΙοΤ στην γεωργία, συνοψίζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.

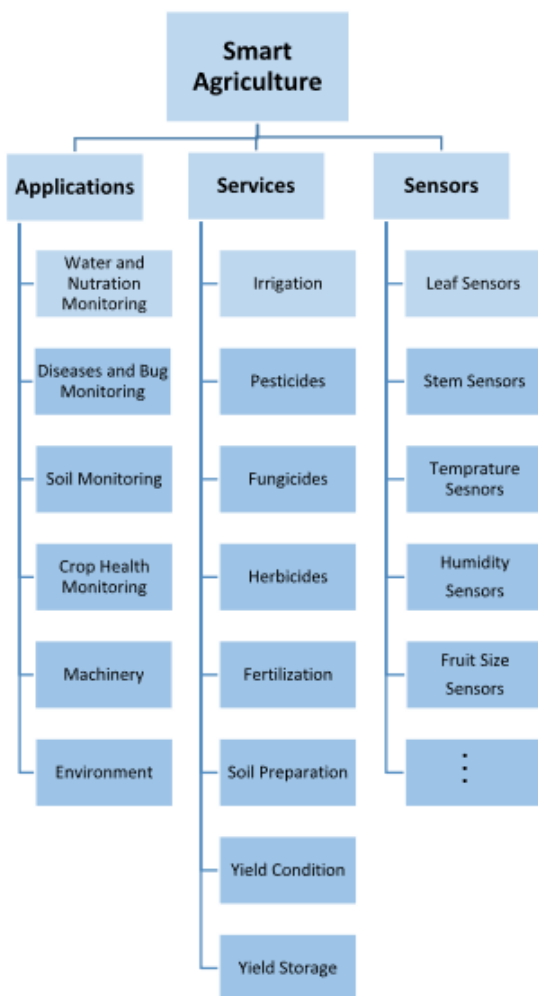


*Γράφημα 10: Κίνητρα για την χρήση του IoT στην Γεωργία*

Πηγή: Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E.-H. M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk. IEEE Access, 7, 129551–129583. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932609>

Τα κίνητρα αφορούν την επίτευξη αυτοματοποίησης των διαδικασιών, την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, την βελτιστοποίηση της διαχείρισης των πόρων και την αύξηση της σοδειάς.

### ***Τα συστατικά μέρη της έξυπνης γεωργίας***



Γράφημα 11: Τα συστατικά μέρη της έξυπνης υγείας

Πηγή: Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E.-H. M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk. IEEE Access, 7, 129551–129583. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932609>

Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζονται μερικές από τις πιθανές εφαρμογές, υπηρεσίες και αισθητήρες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Οι εφαρμογές εστιάζουν στην παρακολούθηση των συνθηκών που επικρατούν στο χωράφι, όπως τα θρεπτικά συστατικά του χώματος, την υγεία της καλλιέργειας και τα μηχανήματα. Οι υπηρεσίες καλύπτουν όλο το φάσμα της γεωργικής διαδικασίας από την άρδευση μέχρι την αποθήκευση της σοδειάς. Οι επιλογές σε αισθητήρες είναι άπειροι.

### **Πρακτικές Εφαρμογές του IoT στην γεωργία**

Η χρήση του IoT επεκτείνεται σε διαφορετικά στάδια της αγροτικής διαδικασίας. Αυτά είναι τα εξής: [5,2,3,6]

### *Έλεγχος του χόματος και χαρτογράφηση*

Η ανάλυση της ποιότητας και των χαρακτηριστικών του χόματος είναι απαραίτητη ώστε να παρθούν κρίσιμες αποφάσεις για την καλλιέργεια του σπόρου. Το IoT παρέχει συσκευές και αισθητήρες που επιτρέπουν την ανάλυση του χόματος χωρίς την ανάγκη επίσκεψης του αγρότη σε κάποιο εργαστήριο. Ένα από αυτά είναι το “Lab-in-a-Box” το οποίο είναι ικανό να αναλύσει έως και 100 δείγματα την ημέρα [5]

### *Αρδευση*

Για να αποτραπεί η σπατάλη του νερού, μπορούν να τοποθετηθούν έξυπνα αρδευτικά συστήματα που θα λαμβάνουν υπόψη τις καιρικές συνθήκες, την υγρασία του χωραφιού και θα ελέγχονται απομακρυσμένα από τον αγρότη.

### *Φυτοφάρμακα*

Τα φυτοφάρμακα παρέχουν τα απαραίτητα για τον σπόρο θρεπτικά συστατικά. Λιγότερη απο την απαιτούμενη ποσότητα θα έχει συνέπειες στην καλλιέργεια, ενώ η υπερβολική χρήση μπορεί να βλάψει την ποιότητα του χόματος και να έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η ποσότητα που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι ανάλογη των θρεπτικών αναγκών που έχει ο σπόρος, διαδικασία εξαιρετικά πολύπλοκη και χρονοβόρα για τον αγρότη. Για τον σκοπό αυτό παρέχονται IoT λύσεις όπως το “Normalized Difference Vegetation Index” ή εν συντομία NDVI. [5]

Το NDVI χρησιμοποιεί εναέριες και δορυφορικές εικόνες για να υπολογίσει το θρεπτικό επίπεδο των σπόρων. Λειτουργεί αντανακλώντας τον φωτισμό από τα φυτά και με βάση αυτόν πραγματοποιεί τις απαραίτητες μετρήσεις.

### *Έλεγχος ασθενειών και ζιζανίων*

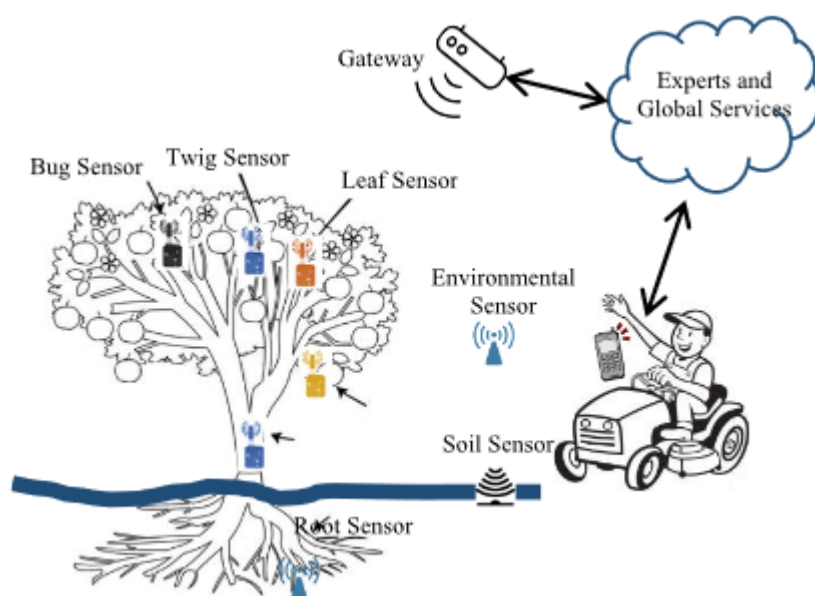
Λελογισμένη χρήση φυτοφαρμάκων επιτυγχάνεται επίσης με την κατάλληλη πρόβλεψη για πιθανές ασθένειες και ζιζάνια. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά μέσα, το IoT επιτρέπει ακριβέστερες προβλέψεις. Για παράδειγμα, μια σειρά από αισθητήρες μπορούν να καλύψουν μεγάλο μέρος του χωραφιού. Η ανάλυση για πιθανές ασθένειες ή ζιζάνια πραγματοποιείται μέσω εικόνων που αποκτώνται από αισθητήρες ή ακόμα και drones(βλ.παρακάτω)

### *Έλεγχος σοδειάς*

Ο έλεγχος της σοδειάς είναι απαραίτητος όχι μόνο κατά την διάρκεια της συγκομιδής αλλά και πριν καθώς η ποιότητα της διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για τις παγκόσμιες αγορές και τους πελάτες. Δεδομένα σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, όπως το μέγεθος των φρούτων, δύναται να συγκεντρωθούν μέσω αισθητήρων και άλλων συσκευών και να αναλυθούν.

### Πρόβλεψη σοδειάς και συγκομιδή

Είναι απαραίτητο για τον αγρότη να γνωρίζει κατά προσέγγιση την ποσότητα παραγωγής για τον μελλοντικό σχεδιασμό. Επίσης κρίσιμο είναι να γνωρίζει πότε πρέπει να γίνει η συγκομιδή της σοδειάς. Βασιζόμενος στα δεδομένα από την ανάλυση των χαρακτηριστικών της (χρώμα, μέγεθος, υγρασία) αποφασίζει την καταλληλότερη στιγμή.



Εικόνα 9: Ένα Αγροτικό Δίκτυο

Πηγή: Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E.-H. M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk. IEEE Access, 7, 129551–129583. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932609>

Στην εικόνα σχηματίζεται ένα αγροτικό δίκτυο (FAN)<sup>3</sup> Συγκεκριμένα, έχουν τοποθετηθεί 6 διαφορετικοί αισθητήρες στην ρίζα του δέντρου, στα κλαδιά και στα φύλλα. Παράλληλα χρησιμοποιούνται αισθητήρες για τον εντοπισμό τυχόν ζιζανίων και ένας αισθητήρας για τον

<sup>3</sup> Farm Area Network

έλεγχου του περιβάλλοντος. Τα δεδομένα αποστέλλονται μέσω μιας πύλης στο νέφος, όπου αναλύονται και αποστέλλονται χρήσιμες πληροφορίες στον αγρότη.

### ***Τεχνολογίες και Εφαρμογές του IoT στην Γεωργία***

#### *Αισθητήρες*

Εντοπίζεται μεγάλη γκάμα αισθητήρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παρακολούθηση και συλλογή μεγάλου όγκου πληροφορίας [5,6]. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- ❖ Ακουστικοί αισθητήρες
- ❖ Οπτικοί αισθητήρες
- ❖ PH αισθητήρες
- ❖ Αισθητήρες Υγρασίας και Θερμοκρασίας
- ❖ Ηλεκτροχημικοί Αισθητήρες
- ❖ Ηλεκτρομαγνητικοί Αισθητήρες

Αυτοί και άλλοι πολλοί συνδράμουν σημαντικά στην μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της αγροτικής διαδικασίας.

#### *Τρακτέρ [5]*

Στην αγορά κυκλοφορούν τρακτέρ που εξασφαλίζουν αυτόνομη οδήγηση και τεχνολογίες νέφους. Βέβαια, το κόστος τους είναι απαγορευτικό για τον αγρότη. Μια πιθανή εναλλακτική αποτελεί η έξυπνη συσκευή της εταιρίας “Hello Tractors” η οποία τοποθετείται πάνω στο τρακτέρ και ελέγχει την λειτουργική κατάσταση του τρακτέρ ενώ ειδοποιεί τον αγρότη αν προκύψει κάποιο τεχνικό ζήτημα.

Άλλη οικονομική λύση παρέχεται από την “Case IH” με το τρακτέρ της σειράς “Magnum” που διαθέτει κάμερες και αισθητήρες στην επιφάνεια του, επιτρέποντας τον εντοπισμό αντικειμένων και την αποφυγή εμποδίων.

#### *Ρομπότ Συγκομιδής\*

Τα ρομπότ συγκομιδής αναλύουν και εντοπίζουν πότε το φρούτο ή λαχανικό είναι αρκετά ώριμο για συγκομιδή και στην συνέχεια το συλλέγουν για κατανάλωση, αναιρώντας την ανάγκη για το κατάλληλο εργατικό δυναμικό. Ειδικότερα, έχουν αναπτυχθεί ρομπότ συγκομιδής για φράουλες, πιπεριές και δένδρινα φρούτα όπως μήλα ή ροδάκινα. [5]



*Drones [5]*

Τα drones μπορούν να πραγματοποιήσουν σημαντικές λειτουργίες καθ'ολη την γεωργική διαδικασία από την ανάλυση του χωραφιού και την φύτευση μέχρι την άρδευση και τον ψεκασμό των φυτών. Ενδεικτικό της αποτελεσματικότητάς τους είναι η ικανότητα κάποιων προηγμένων μοντέλων να φυτεύουν μέχρι και 100 χιλιάδες δέντρα σε μια μέρα.

Στην συνέχεια αναλύονται μερικές από τις δημοφιλέστερες εφαρμογές του IoT στην γεωργία.  
[6]

*“Field Agent”*

Χρησιμοποιεί συλλεγόμενα από drone δεδομένα για να κατασκευάσει διαγράμματα σχετικά με την υγεία των καρπών, να καταμετρήσει σπόρους και φυτά και να τα ταυτοποιήσει μεταξύ άλλων λειτουργιών.

*“OpenIoT”*

Βοηθάει τους αγρότες να εκτιμήσουν την κατάσταση των σιτηρών τους υπολογίζοντας την υγρασία και την θερμοκρασία του εδάφους και της ατμόσφαιρας.

*“Farmbot”*

Το “farmbot” είναι ανοιχτού λογισμικού πλατφόρμα με την οποία ο καθένας μπορεί να καλλιεργήσει το δικό του φαγητό χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες του IoT.

*“AgVault 2.0”*

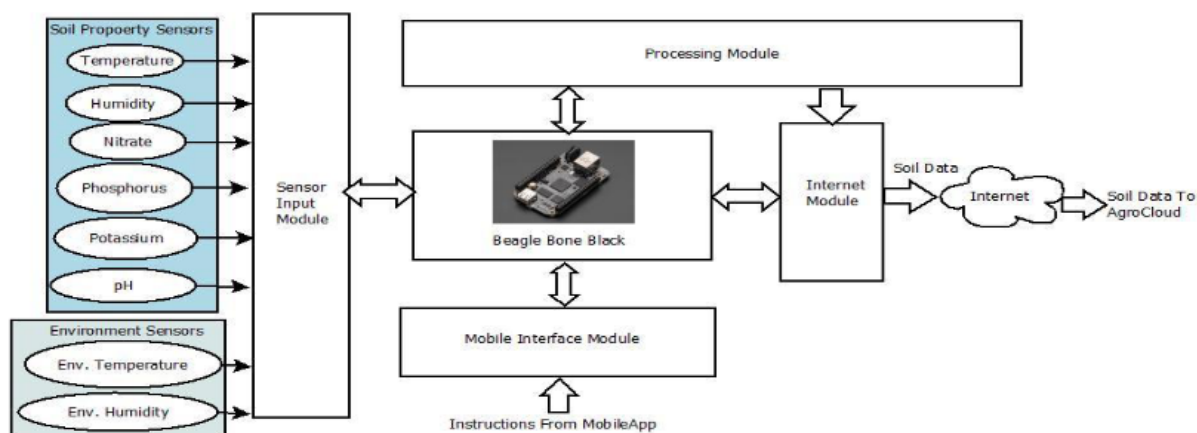
Το “AgVault 2.0” επιτρέπει στον αγρότη να επιθεωρήσει γρήγορα και με ευκολία το χωράφι του χρησιμοποιώντας drone το οποίο ακολουθεί ένα οριζόμενο μονοπάτι.

***Προτεινόμενο μοντέλο [8]***

Κλείνοντας το κεφάλαιο, παρουσιάζεται μια πιθανή αρχιτεκτονική για την έξυπνη γεωργία κάνοντας χρήση του IoT. Αυτή αποτελείται από 5 δομικά στοιχεία:

*Αισθητικό επίπεδο*

Το αισθητικό επίπεδο είναι υπεύθυνο για την ανάλυση του χώματος. Η συσκευή που χρησιμοποιείται είναι η “BeagleBone Black” [10] παράλληλα με GPS και τους κατάλληλους αισθητήρες για την ανάλυση του εδάφους.

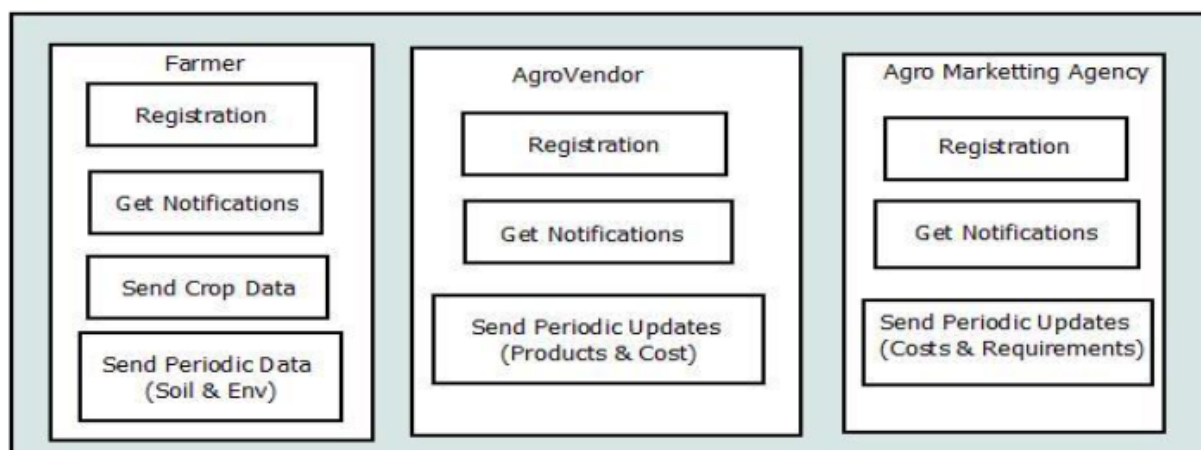


Εικόνα 10: Το αισθητικό επίπεδο

Πηγή: Channe, H., Kothari, S., & Kadam, D. (2015). Multidisciplinary Model for Smart Agriculture using Internet-of-Things (IoT), Sensors, Cloud-Computing, Mobile-Computing & Big-Data Analysis. 6, 10.

### Κινητές Εφαρμογές

Οι κινητές εφαρμογές περιλαμβάνουν τις διεπιφάνειες χρήστη για τα χαρακτηριστικά του χώματος, τις αγοραστικές ανάγκες των πελατών και τιμές των πρώτων υλών από μεριάς των προμηθευτών. Με βάση τα χαρακτηριστικά του χώματος, η εφαρμογή προτείνει στον αγρότη την κατάλληλη ποσότητα φυτοφαρμάκων που πρέπει να χρησιμοποιηθεί, ενημερώνοντας τον συγχρόνως για την συνολική ποσότητα της συγκομιδής και την κατάσταση του χώματος έπειτα από αυτήν.

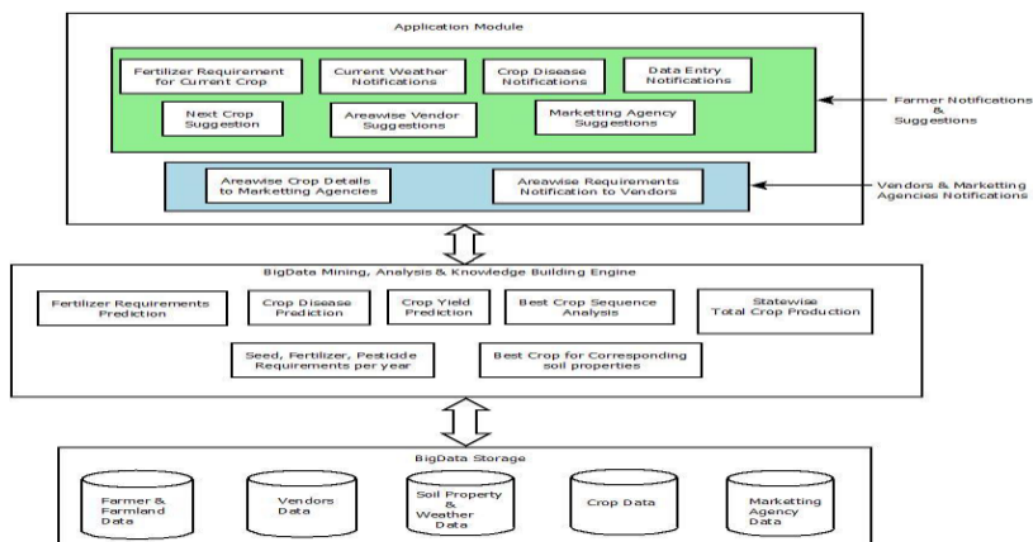


Εικόνα 11: Οι κινητές εφαρμογές

Πηγή: Channe, H., Kothari, S., & Kadam, D. (2015). Multidisciplinary Model for Smart Agriculture using Internet-of-Things (IoT), Sensors, Cloud-Computing, Mobile-Computing & Big-Data Analysis. 6, 10.

### Νέφος

Στο νέφος αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα που προκύπτουν από την ανάλυση του χώματος καθώς και οι πληροφορίες που αφορούν τους αγοραστές και τους πελάτες(τιμή σοδειάς, τιμές φυτοφαρμάκων, κ.ο.κ). Επίσης αποθηκεύονται λεπτομέρειες σχετικά με τις κρατικές επιδοτήσεις και δάνεια που μπορεί να λάβουν οι αγρότες.



Εικόνα 12: Η βάση δεδομένων

Πηγή: Channe, H., Kothari, S., & Kadam, D. (2015). Multidisciplinary Model for Smart Agriculture using Internet-of-Things (IoT), Sensors, Cloud-Computing, Mobile-Computing & Big-Data Analysis. 6, 10.

### Βάση Δεδομένων

Η βάση δεδομένων της αρχιτεκτονικής βρίσκεται στο νέφος και είναι υπεύθυνη για την εξαγωγή οδηγιών για τον αγρότη βασισμένη στις πληροφορίες που συλλέγονται διαρκώς από το χωράφι και το περιβάλλον.

### Διεπιφάνεια χρήστη για το κράτος και τις αγροτικές τράπεζες

Οι αγρότες μπορούν να ενημερώνονται μέσω της διεπιφάνειας για την πορεία των δανείων τους και για αλλαγές στην νομοθεσία χωρίς την ανάγκη φυσικής παρουσίας.

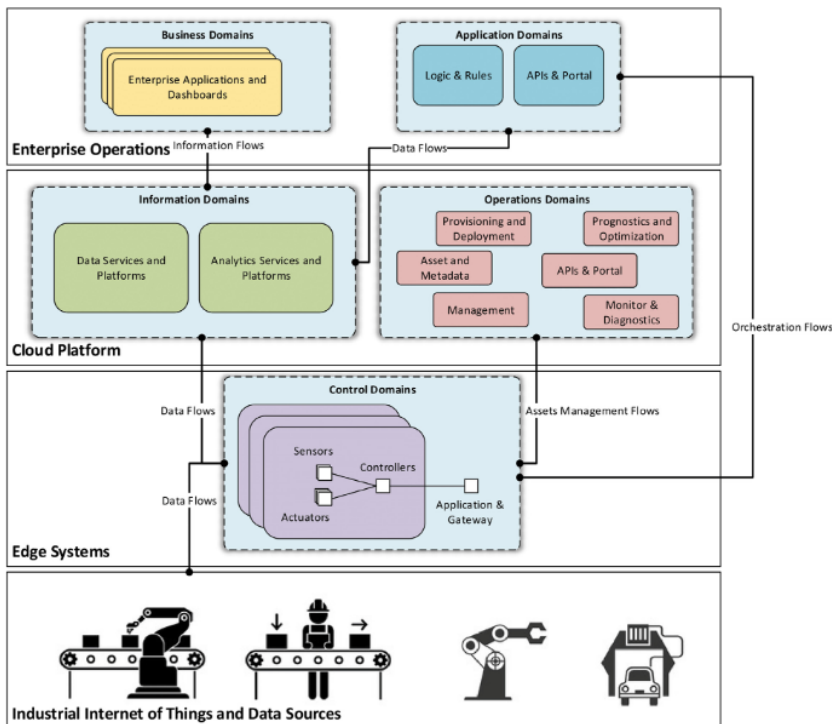
### 3.4 ΕΞΥΠΝΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Η έξυπνη βιομηχανία, γνωστή και με τον όρο “Βιομηχανία 4.0” επινοήθηκε και πρωτάθηκε ως έννοια το 2011, με στόχο την ώθηση της γερμανικής οικονομίας. Σαν έννοια αποτελεί τον διάδοχο των πρώτων τριών βιομηχανικών επαναστάσεων. Η έξυπνη βιομηχανία ενδυναμώνεται από το λεγόμενο “Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων”. Για συντομία θα αναφέρεται ως IIoT(Industrial Internet of Things) [18]

Το IIoT αποτελεί υποσύνολο του IoT και απαιτεί πολυπλοκότερα συστήματα ασφαλείας και επικοινωνίας<sup>4</sup>. [16,17,18] Ιστορικά, η ιδέα του Βιομηχανικού Ιντερνετ είχε πρωτοαναφερθεί από την General Electric. Σύμφωνα με αυτήν, το Βιομηχανικό Ιντερνετ θα εξασφάλιζε την σύνδεση βιομηχανικών αισθητήρων και ενεργοποιητών στο Διαδίκτυο. [18] Σε ένα γενικό πλαίσιο το IIoT αποτελεί ένα “δίκτυο εξαιρετικά έξυπνων και διασυνδεδεμένων βιομηχανικών συστατικών που εφαρμόζονται για να πετύχουν μεγάλα μεγέθη παραγωγής με μειωμένο κόστος μέσω συνεχόμενης παρακολούθησης και αποτελεσματικής διαχείρισης των επιμέρους στοιχείων”.

#### *Το σύστημα του IIoT*

Όπως και με το IoT, το IIoT διαθέτει τις δικές του αρχιτεκτονικές και μοντέλα επικοινωνίας. Μια γενική αρχιτεκτονική παρουσιάζεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Γράφημα 12: Η αρχιτεκτονική του IIoT

Πηγή: Khan, W. Z., Rehman, M. H., Zangoti, H. M., Afzal, M. K., Armi, N., & Salah, K. (2020). Industrial internet of things: Recent advances, enabling technologies and open challenges. *Computers & Electrical Engineering*, 81, 106522. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.106522>

Στο πρώτο επίπεδο απεικονίζεται η συνεχόμενη ροή της παραγόμενης πληροφορίας, ενώ στο 2ο και 3ο επίπεδο διαφαίνονται οι λειτουργίες του IIoT που ενεργοποιούνται από το νέφος και τους σέρβερ. Η ειδοποιός διαφορά με το IoT (βλ. παρακάτω) είναι πως ενώ στο IoT το νέφος λειτουργεί απλά ως αποθηκευτικό μέσο, στο IIoT, το νέφος συμβάλλει και στα επιμέρους στάδια της διαδικασίας. Στο τελευταίο επίπεδο διαγράφονται οι λεγόμενες εφαρμογές. Σχετικά με τα μοντέλα επικοινωνίας, έχουν προταθεί διαφορετικές προσεγγίσεις από ερευνητές και έχουν αναδειχθεί ποικίλες ταξινομίες όπως η ταξινόμια με βάση τους αισθητήρες και η ταξινόμια με βάση τις συσκευές. [ 17,18]

Οι τεχνολογίες που υποστηρίζουν το IIoT είναι παρόμοιες, με κάποιες εξαιρέσεις, με του IoT. [17] Φυσικά το ίδιο το IoT παρέχει τις βάσεις για την τεχνολογία του IIoT. Από την άλλη, η Blockchain τεχνολογία αποτελεί κρίσιμο κρίκο της αλυσίδας. Όπως προαναφέρθηκε, το IIoT ως κομμάτι του IoT απαιτεί πολυπλοκότερα συστήματα ασφαλείας δεδομένου των άκρως ευαίσθητων δεδομένων. Το Blockchain, λόγω του αποκεντρωμένου του χαρακτήρα, θα

διασφαλίσει ενισχυμένα επίπεδα ασφάλειας. Το νέφος και οι τεχνολογίες ανάλυσης μεγάλου όγκου δεδομένων διαδραματίζουν τους ίδιους ρόλους και στο ΠoT.

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να καταστήσει πιο αυτόνομο το ΠoT, ενώ η χρήση “κυβερνό-φυσικών” συστημάτων, όπως βιομηχανικά ρομπότ θα μειώσει την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης στο οικοσύστημα. Τέλος, οι τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας συνδράμουν τους εργαζόμενους σε πολύπλοκες διαδικασίες και μειώνουν το περιθώριο λαθών.

### ***Διαφορές ανάμεσα στο IoT και το ΠoT***

Εντοπίζονται 3 δομικές διαφορές ανάμεσα στο καταναλωτικό IoT και το βιομηχανικό IoT. [16]

Η πρώτη αφορά τις ανάγκες που καλούνται να εξυπηρετήσουν. Ενώ το IoT καλείται να συνδράμει τον χρήστη στις καθημερινές του ασχολίες, ο σκοπός του ΠoT είναι να ενισχύσει την αυτοματοποίηση των βιομηχανικών συστημάτων. Με λίγα λόγια, στο ΠoT κυριαρχεί η επικοινωνία ανάμεσα στις συσκευές και όχι τόσο ανάμεσα στον χρήστη και την συσκευή όπως στο IoT.

Δεύτερον, το πλήθος των συσκευών που χρησιμοποιούνται σε ένα εργοστασιακό περιβάλλον είναι αρκετά μεγαλύτερο από τι σε ένα νοικοκυριό. Παράλληλα, το προσδόκιμο ζωής τους μπορεί να φτάσει και τα 30 χρόνια. Φυσικά, η πολυπλοκότητα στην κατασκευή τους και στις επιμέρους λειτουργίες που εκτελούν είναι εκ διαμέτρου αντίθετες με αυτές του IoT για τον καθημερινό χρήστη.

Τέλος, τα δεδομένα που παράγονται στο IoT είναι σχετικά ετερογενή, αναλόγως των συσκευών στο περιβάλλον. Αντιθέτως, τα δεδομένα στο ΠoT είναι προκαθορισμένα, καθώς οι λειτουργίες που εκτελούνται έχουν να κάνουν συνήθως με τον έλεγχο και την διαχείριση των βιομηχανικών συστημάτων τα οποία απαιτούν συγκεκριμένες συνθήκες και πρωτόκολλα για να λειτουργήσουν σωστά.

### ***Εξυπνες Μεταφορές***



Εικόνα 13: Έξυπνες Μεταφορές

Για να επιτευχθεί το όραμα της έξυπνης βιομηχανίας οφείλουν και οι μεταφορές να ακολουθήσουν την ίδια εξελεγκτική πορεία και να παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες. Παράλληλα με την “Βιομηχανία 4.0 και οι μεταφορές θα καταστούν εξυπνότερες και πιο ευέλικτες αξιοποιώντας την παραγόμενη πληροφόρηση προς όφελος της εφοδιαστικής αλυσίδας. [33]

Μεταξύ των ακαδημαϊκών δεν υφίσταται ξεκάθαρος ορισμός για τις έξυπνες μεταφορές, ή αλλιώς “Μεταφορές 4.0”. Σύμφωνα με τον McFarlane, οι έξυπνες μεταφορές σχετίζονται με τον σχεδιασμό και τον έλεγχο τους, από έξυπνα μέσα, εργαλεία και μεθόδους. Προσθέτει πως, το επίπεδο της νοημοσύνης εξαρτάται από τα μέσα που χρησιμοποιούνται καθώς και την ταχύτητα στον εντοπισμό ενός προβλήματος στο περιβάλλον, την επεξεργασία του και την εύρεση λύσης.

Η εφαρμογή των έξυπνων μεταφορών είναι πιο επιτακτική από ποτέ. Με βάση στατιστικά στοιχεία από τον FAO<sup>5</sup>, το 1/3 των τροφίμων που μεταφέρονται παγκοσμίως “χαλάει” πριν φτάσουν στον προορισμό τους [28]. Συγχρόνως, οι εφοδιαστικές αλυσίδες χαρακτηρίζονται από την πολυπλοκότητα τους και την αβεβαιότητα τους, οδηγώντας σε καθυστερήσεις, πλεονάζον εμπόρευμα, κ.α.. Λαμβάνοντας υπόψη αυτά, ολοένα και περισσότερες εταιρίες επιδιώκουν λύσεις έξυπνων μεταφορών.

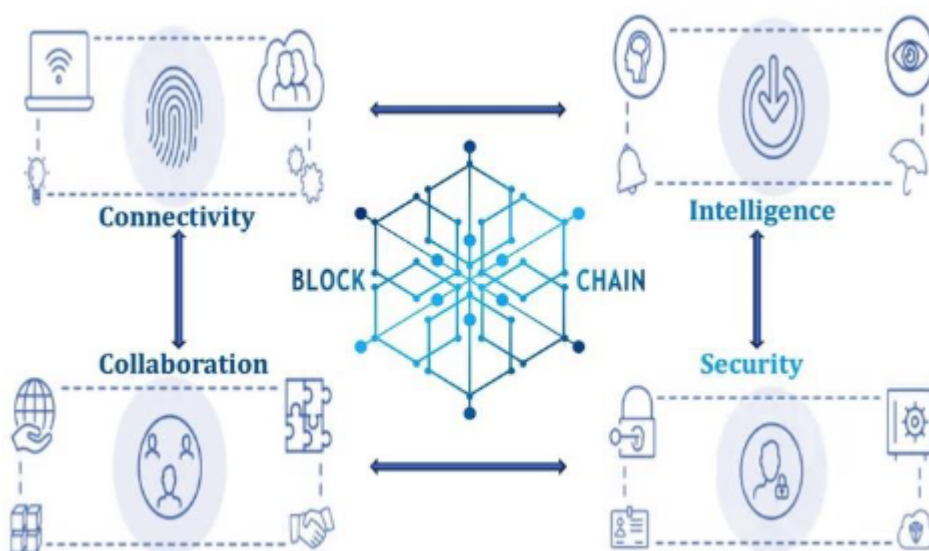
Οι κυριότερες τεχνολογίες πίσω από τις έξυπνες μεταφορές είναι τα έξυπνα συμβόλαια (βλ. παρακάτω), το Blockchain και οι τεχνολογίες ανάλυσης μεγάλου όγκου

<sup>5</sup> Οργανισμός του ΟΗΕ για την γεωργία και τα τρόφιμα

δεδομένων, οι οποίες αναφέρθηκαν και στην έξυπνη βιομηχανία. [26,27,28,29,30,32,34] Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση των τεχνολογιών και την εφαρμογή τους στις “Μεταφορές 4.0” θα αναφερθούμε περιληπτικά στα χαρακτηριστικά που πρέπει να εξασφαλίζει μια έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα και στα στάδια της.

### **Χαρακτηριστικά της έξυπνης εφοδιαστικής αλυσίδας**

- Συνδεσιμότητα
- Νοημοσύνη
- Συνεργασία
- Ασφάλεια
- Εφαρμογή Blockchain τεχνολογίας



*Εικόνα 14: Χαρακτηριστικά της έξυπνης εφοδιαστικής αλυσίδας*

Πηγή: Issaoui, Y., Khiat, A., Bahnasse, A., & Ouajji, H. (2020). Smart Logistics: Blockchain trends and applications. *Journal of Ubiquitous Systems & Pervasive Networks*, 12(2), Art. 2. <https://doi.org/10.5383/JUSPN.12.02.002>

### **Στάδια των έξυπνων μεταφορών [30]**

Τα στάδια που διακρίνουμε είναι 4:

→ 1ο στάδιο

Το 1ο στάδιο εστιάζει στην νοημοσύνη της κάθε επιμέρους λειτουργίας των έξυπνων μεταφορών, δηλαδή στην μεταφορά, στον προγραμματισμό της καταλληλότερης διαδρομής,



στην τοποθεσία της αποθήκης, στον σχεδιασμό της και στην συνεχή παρακολούθηση των συνθηκών που επικρατούν.

→ 2ο στάδιο

Σε αντίθεση με το 1ο στάδιο, το 2ο στάδιο απασχολείται με την νοημοσύνη της διαδικασίας συνολικά. Στόχος εδώ είναι η επίτευξη απόλυτης συνέργειας. Γι' αυτό τον λόγο απαιτείται 24ωρη παρακολούθηση και κατάλληλη διαχείριση σε συνεργασία με τις έξυπνες λύσεις που έχουν εφαρμοστεί

→ 3ο στάδιο

Το 3ο στάδιο στοχεύει στην βελτιστοποίηση της διαδικασίας με σκοπό την πιο αποτελεσματική και αποδοτική συνεργασία με τα μέρη της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως τους προμηθευτές. Αυτό το στάδιο εφαρμόζεται από πολυεθνικές εταιρίες όπως η Siemens.

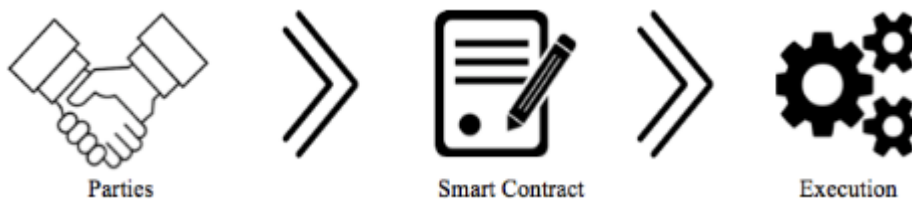
→ 4ο στάδιο

Στο τελικό στάδιο επιχειρείται η ενσωμάτωση των έξυπνων μεταφορών σε αμφίδρομες εφοδιαστικές αλυσίδες. Ως προς την επίτευξη αυτού πρέπει να γίνει κατάλληλη μεταφορά πόρων ανάμεσα σε ομογενείς και ετερογενείς εφοδιαστικές αλυσίδες. Στην Κίνα, εταιρίες κολοσσοί όπως η Alibaba έχουν επιχειρήσει παρόμοια πρότζεκτ.

### ***Τεχνολογίες των έξυπνων μεταφορών***

#### *Έξυπνα Συμβόλαια [29]*

Ο όρος “έξυπνο συμβόλαιο” επινοήθηκε το 1996 από τον Nick Szabo. Σύμφωνα με αυτόν, ένα έξυπνο συμβόλαιο είναι μια σειρά από υποσχέσεις, σε ψηφιακή μορφή, το οποίο περιλαμβάνει πρωτόκολλα με τα οποία τα συμβαλλόμενα μέρη εκτελούν τις υποσχέσεις τους. Ο κύριος στόχος είναι η ψηφιοποίηση της διαδικασίας που απαιτεί ένα συμβόλαιο, δηλαδή την συμφωνία από τους συμμετέχοντες όσον αφορά τους όρους και τις συνθήκες που θα περιλαμβάνει. Το έξυπνο συμβόλαιο προτείνει κάποιους προμηθευτές στον αγοραστή και ενεργοποιεί την διαδικασία της διαπραγμάτευσης. Μόλις συμφωνηθούν οι όροι και από τους δυο, δημιουργείται αυτόματα μια εντολή αγοράς. Όλα τα βήματα από την διαπραγμάτευση και την επιλογή συνεργάτη μέχρι την επίλυση διαφορών σε περίπτωση παραβίασης του συμβολαίου αυτοματοποιούνται με την χρήση του Blockchain.



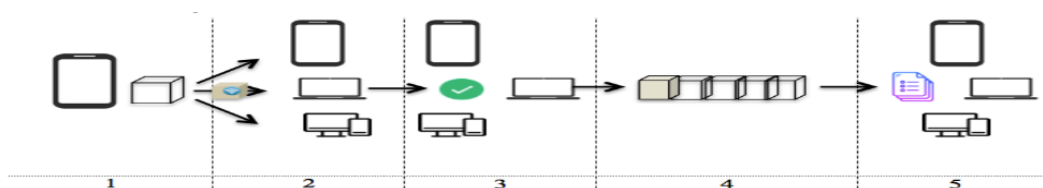
Εικόνα 15: Η διαδικασία ενός έξυπνου συμβολαίου

Πηγή: Issaoui, Y., Khiat, A., Bahnasse, A., & Ouajji, H. (2020). Smart Logistics: Blockchain trends and applications. *Journal of Ubiquitous Systems & Pervasive Networks*, 12(2), Art. 2. <https://doi.org/10.5383/JUSPN.12.02.002>

Τα συμβαλλόμενα μέρη συμφωνούν για τους όρους του έξυπνου συμβολαίου και αυτό εκτελείται βάσει των συμφωνηθέντων όρων.

### Blockchain [27]

Δεδομένου των εξαιρετικά ευαίσθητων πληροφοριών που προκύπτουν σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον, η χρήση του Blockchain είναι απαραίτητη. Το Blockchain επιτρέπει την αποθήκευση και την μεταφορά της πληροφορίας με πιο ασφαλή, διαφανή και αποκεντρωμένο τρόπο. Με λίγα λόγια, αποτελεί μια διαμοιρασμένη βάση δεδομένων. Όλες οι συναλλαγές που πραγματοποιούνται αποθηκεύονται με την μορφή “κουτιών”. Αυτές περιλαμβάνουν τις πληροφορίες που αποστέλλονται από τους χρήστες και διασφαλίζονται με κρυπτογραφικούς αλγόριθμους. Για την εισαγωγή ενός νέου κουτιού στην αλυσίδα απαιτούνται 5 βήματα, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 16: Η διαδικασία δημιουργίας νέων Block

Πηγή: Issaoui, Y., Khiat, A., Bahnasse, A., & Ouajji, H. (2020). Smart Logistics: Blockchain trends and applications. *Journal of Ubiquitous Systems & Pervasive Networks*, 12(2), Art. 2. <https://doi.org/10.5383/JUSPN.12.02.002>

Ουσιαστικά ο χρήστης αποστέλλει την συναλλαγή και το “κουτί” που αντιστοιχεί σε αυτήν (βήμα 1,2) και αφού εγκριθεί από τους περισσότερους κόμβους, ενσωματώνεται στην

αλυσίδα.(βήμα 3,4) Τέλος, αποθηκεύεται ένα αντίγραφο που περιλαμβάνει όλα τα “κουτιά” στο υπάρχον δίκτυο(βήμα 5)

Το Blockchain συμβάλλει σε διάφορους τομείς των μεταφορών [27]. Ένας από αυτούς είναι η διαχείριση των πληροφοριών. Με την χρήση Blockchain, όλα τα δεδομένα σχετικά με τις μεταφορές, όπως παράβολα, αποδείξεις αγοράς, πιστοποιήσεις, πινακίδες, κ.α ασφαρίζονται, καθιστώντας τα παράλληλα πιο εύκολα στην παρακολούθηση τους. Η διαχείριση των πληροφοριών είναι κρίσιμη καθώς βάσει αυτών παίρνονται σημαντικές αποφάσεις και πραγματοποιείται ο μελλοντικός σχεδιασμός. Εταιρίες όπως η Microsoft, αλλά και μικρότερες start-up(Fintech, Quantoz) κάνουν χρήση Blockchain σε αυτόν τον τομέα.

Στο κομμάτι της εφοδιαστικής αλυσίδας προς τον τελικό καταναλωτή, το Blockchain μπορεί να περιορίσει περιπτώσεις απάτης, περιττή γραφειοκρατία, καθυστερήσεις και να συμβάλλει στην ανίχνευση προβλημάτων γρηγορότερα. Η Walmart έχει την άδεια πατέντας για να συνδέσει drones με το Blockchain, ώστε να βελτιώσει το κομμάτι του last-mile delivery.

Στις συναλλαγές, το Blockchain επιτρέπει την πραγματοποίηση πληρωμών και εμβασμάτων χωρίς την παρέμβαση τρίτου, όπως μια τράπεζα, απλουστεύοντας τις διαδικασίες αγοράς προϊόντων και υπηρεσιών. Εκτός από συναλλαγές μπορούν να ανταλλάσσονται και μηνύματα μέσω του Blockchain, όπου το κάθε μήνυμα χαρακτηρίζεται ως συναλλαγή.

### *Big Data [26]*

Τα Big Data αποτελούν ένα σύνολο πληροφοριών τις οποίες είναι αδύνατον να τις αντιληφθούμε, να τις αποθηκεύσουμε και να τις επεξεργαστούμε με την χρήση παραδοσιακών μέσων. Ειδικότερα, τα Big Data χαρακτηρίζονται από το μέγεθος τους, το εύρος και την ταχύτητα. Με το IoT και άλλες τεχνολογίες όπως το Data Mining, οι πηγές των Big Data αυξάνονται συνεχώς οδηγώντας σε νέους τρόπους διαχείρισης τους. Αυτοί είναι:

#### → Διαχείριση Big Data

Οι πληροφορίες περνούν από διάφορα στάδια, όπως αποθήκευση, αρχική και τελική επεξεργασία πριν παρθούν τελικές αποφάσεις βασισμένες σε αυτές

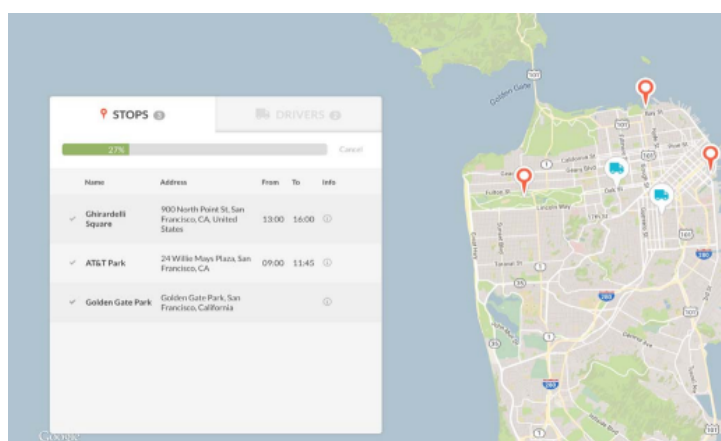
#### → Τεχνολογίες Big Data

Οι Big Data τεχνολογίες περιλαμβάνουν πλατφόρμες είτε εμπορικές είτε ανοιχτού λογισμικού που βοηθούν στην διαχείριση τους.<sup>6</sup>

### → Τεχνολογίες Ανάλυσης Big Data

Οι τεχνολογίες ανάλυσης Big Data επιτρέπουν την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών από ένα πλήθος ετερογενών δεδομένων. Βασικό ρόλο διαδραματίζουν εδώ οι Data Mining τεχνικές.

Η χρήση τεχνολογιών ανάλυσης Big Data διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην βελτίωση και αυτοματοποίηση των μεταφορών. Πιο συγκεκριμένα, ο σχεδιασμός και η οργάνωση των διαδρομών και των ενδιάμεσων σταθμών μπορούν να γίνονται αυτόματα με τα Big Data Analytics χρησιμοποιώντας πληροφορίες που συλλέγονται από αισθητήρες και πελάτες. Το Routific(βλ. διάγραμμα) αποτελεί λογισμικό που βοηθάει στην βελτιστοποίηση του last-mile delivery ανιχνεύοντας την τοποθεσία των αγαθών.



Εικόνα 17: Το Routific

Πηγή: Borgi, T., Zoghiami, N., & Abed, M. (2017). Big data for transport and logistics: A review (σ. 49). <https://doi.org/10.1109/ASET.2017.7983742>

Τα Analytics, συνεισφέρουν επίσης σημαντικά στο κομμάτι μέτρησης της ικανοποίησης των πελατών και της διατήρησης τους. Ενοποιώντας ένα πλήθος πηγών, οι εταιρίες μπορούν να αποκτήσουν πληροφορίες για ολόκληρη την καταναλωτική τους βάση. Τέλος, χάρη στις τεχνικές analytics, οι εταιρίες δύναται να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα για την ικανοποίηση των πελατών τους και να μην αντιδρούν μόνο σε ενδεχόμενες ατασθαλίες ή παράπονα.

### **Προτεινόμενο Μοντέλο [31]**

<sup>6</sup> Hadoop, Apache Spark

Το προτεινόμενο μοντέλο αποτελείται από 5 επίπεδα: το επίπεδο πρόσβασης, το επίπεδο επεξεργασίας των δεδομένων, το επίπεδο πλατφόρμας, το επίπεδο εφαρμογής και το επίπεδο εμπειρίας. Για την υλοποίηση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν τεχνολογίες IoT, νέφους και έξυπνων μεταφορών σε συνδυασμό με έναν αριθμό επικοινωνιακών τεχνολογιών.

#### *Επίπεδο πρόσβασης*

Το επίπεδο πρόσβασης είναι υπεύθυνο για την συλλογή δεδομένων σχετικά με την κατάσταση των μεταφορικών μέσων και των αγαθών σε πραγματικό χρόνο. Στόχος είναι η συλλογή ολοένα και περισσότερων δεδομένων ώστε να εξαχθούν πολύτιμα συμπεράσματα με την χρήση του data mining. Ρόλο-κλειδί σε αυτό το επίπεδο διαδραματίζει το IoT π.χ, με την εφαρμογή αισθητήρων.

#### *Επίπεδο επεξεργασίας των δεδομένων*

Στο επίπεδο επεξεργασίας αποστέλλονται τα δεδομένα από το επίπεδο πρόσβασης για να επεξεργαστούν και να κατηγοριοποιηθούν σε βάσεις δεδομένων. Επιπλέον, το επίπεδο επεξεργασίας μπορεί να χρησιμοποιήσει πληροφορίες από τρίτους, όπως τράπεζες και ασφαλιστικές και να ανταλλάξει δεδομένα, επιτυγχάνοντας την επιθυμητή συσσώρευση δεδομένων. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιούνται τεχνολογίες νέφους.

#### *Επίπεδο πλατφόρμας*

Το επίπεδο πλατφόρμας σε συνεργασία με το επίπεδο επεξεργασίας βοηθάει στην ολοκλήρωση της ανάλυσης των δεδομένων. Επίσης, είναι επιφορτισμένο με την συντήρηση του συστήματος, την κρυπτογράφηση των πληροφοριών και την συνολική ασφάλεια.

#### *Επίπεδο εφαρμογής*

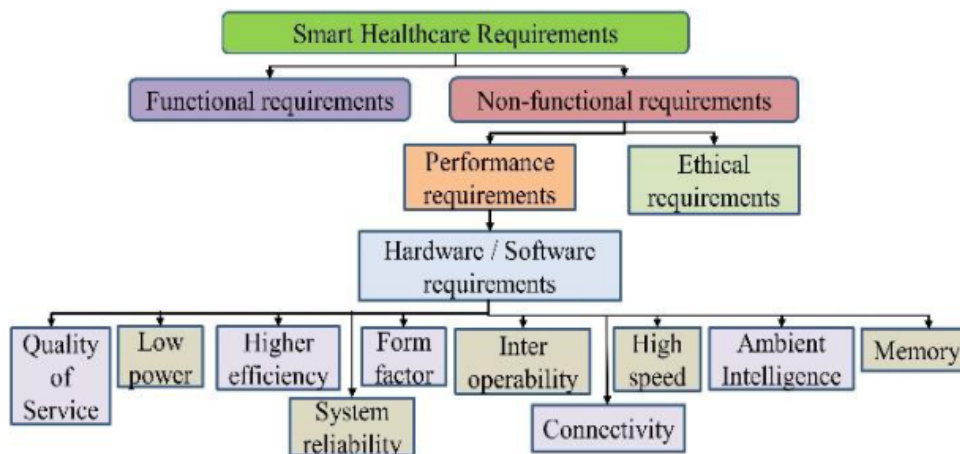
Το επίπεδο εφαρμογής αφορά τον χρήστη και υποστηρίζεται από τα συλλεγόμενα δεδομένα και την ανάλυση τους που έχουν πραγματοποιηθεί από τα πρώτα 3 επίπεδα.

#### *Επίπεδο εμπειρίας*

Στο επίπεδο εμπειρίας ο χρήστης έχει πρόσβαση στις έξυπνες υπηρεσίες που προσφέρει το μοντέλο μέσω ιστοσελίδων, κινητών εφαρμογών κ.ο.κ.

### 3.5 ΕΞΥΠΝΗ ΥΓΕΙΑ

Τα συστήματα υγείας παγκοσμίως πιέζονται ολοένα και περισσότερο από τον γερασμένο πληθυσμό και τις χρόνιες παθήσεις. Σύμφωνα με τον ΠΟΥ<sup>7</sup>, ο αριθμός των ηλικιωμένων ανθρώπων προβλέπεται πως θα αυξηθεί στο 1,5 δισ. μέχρι το 2050. Τα συστήματα υγείας πρέπει να βρουν τρόπους να ανταπεξέλθουν σε αυτήν την αύξηση και να παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες υγείας σε όλους όσους τις χρειάζονται. Το IoT και οι δυνατότητες του μπορούν να συνδράμουν προς αυτή την κατεύθυνση. Για να καταστεί ένα σύστημα υγείας “έξυπνο” οφείλει να πληροί κάποιες προϋποθέσεις και χαρακτηριστικά.(βλ. διαγράμματα)

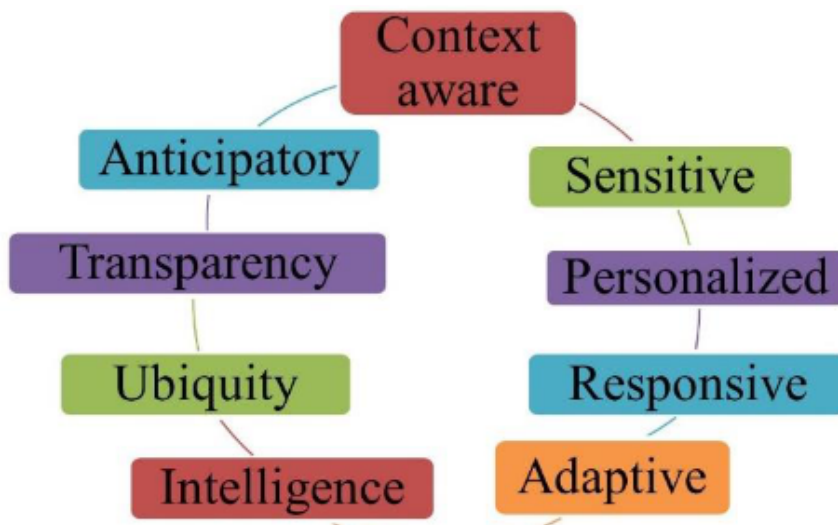


Γράφημα 13: Οι προϋποθέσεις της έξυπνης υγείας

Πηγή: Sundaravadivel, P., Kougianos, E., Mohanty, S. P., & Ganapathiraju, M. (χ.χ.). Everything You Wanted to Know about Smart Healthcare. 10.

Όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα, οι προϋποθέσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τις λειτουργικές και τις μη-λειτουργικές. Οι λειτουργικές προϋποθέσεις είναι συγκεκριμένες και αφορούν τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος που ενδεχομένως έχει εφαρμοστεί(συχνότητα, απόσταση κάλυψης). Οι μη-λειτουργικές είναι πιο διευρυμένες και γι'αυτό τον λόγο χωρίζονται σε ξεχωριστές υποκατηγορίες. Ειδικότερα, οι μη λειτουργικές έχουν να κάνουν με την απόδοση και την ηθική, π.χ προσωπικά δεδομένα. Ο βαθμός απόδοσης εξαρτάται από το υλικό και το λογισμικό που χρησιμοποιείται, τα οποία με την σειρά τους πρέπει να διασφαλίζουν ποιοτικές υπηρεσίες, χαμηλή κατανάλωση, υψηλή αποτελεσματικότητα και ταχύτητα, επαρκής μνήμη, εξασφάλιση ομοιογένειας, κ.ο.κ

<sup>7</sup> Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας



Γράφημα 14: Χαρακτηριστικά Έξυπνης Υγείας

Πηγή: Sundaravadivel, P., Kougianos, E., Mohanty, S. P., & Ganapathiraju, M. (χ.χ.). Everything You Wanted to Know about Smart Healthcare. 10.

Ένα έξυπνο σύστημα υγείας πρέπει να έχει την ικανότητα να συλλέγει πληροφορίες από το περιβάλλον και να προσαρμόζει τις ενέργειες του κατάλληλα. Συγχρόνως, οφείλει να είναι διαφανές όσον αφορά την διαχείριση αυτών των πληροφοριών και να είναι πανταχού παρών.(ubiquitous)Τέλος, πρέπει να είναι ευαίσθητοποιημένο προς τον ασθενή και ξεχωριστά προσωποποιημένο για τον καθένα, ενώ πρέπει να είναι έτοιμο να αντιδράσει σε περίπτωση ανάγκης.

### **Τεχνολογίες της Έξυπνης Υγείας**

Η έξυπνη υγεία κάνει χρήση των ήδη υφιστάμενων τεχνολογιών που υποστηρίζουν το IoT, όπως τεχνολογίες νέφους, data mining και analytics και επικοινωνιακών πρωτοκόλλων, όπως το Bluetooth, το Wi-Fi, το ZigBee και το RFID. Αυτό που διαφοροποιεί την έξυπνη υγεία από τα άλλα πεδία είναι οι ξεχωριστοί βιο-αισθητήρες και οι φορητές συσκευές που χρησιμοποιεί.

Οι φορητές συσκευές είναι ενσωματωμένες με τους εν λόγω αισθητήρες και παρέχουν πληροφορίες για τον ασθενή σε πραγματικό χρόνο. Λειτουργούν είτε ασύρματα, είτε με την χρήση ελαφρών μπαταριών. Τα δεδομένα αποστέλλονται σε έναν φορέα υγείας ώστε να

δράσει αναλόγως. Υπάρχουν ποικίλες φορητές συσκευές και κατ'επέκταση αισθητήρες. [43,44,50]

#### → Φορητές Συσκευές

##### *Κοντινής επαφής*

Πρόκειται για συσκευές που έχουν την μορφή τατουάζ ή επιδέσμου. Η L'Oreal έχει κυκλοφορήσει μια αδιάβροχη φορητή συσκευή σε μορφή τατουάζ που ελέγχει την έκθεση του δέρματος στην ηλιακή ακτινοβολία [45]. Άλλη παρόμοια φορητή συσκευή ελέγχει το ποσοστό αλκοόλ στον ιδρώτα. [46]

##### *Πάνω από το σώμα*

Φορητές συσκευές που τοποθετούνται πάνω από το σώμα, όπως έξυπνα ρολόγια ή περικάρπια. Πολλές εταιρίες έχουν εισέλθει στον χώρο των smartwatches και smartbands, ανάμεσά τους η Xiaomi και η Apple.

##### *Ενσωματωμένες σε ύφασμα*

Σε αυτές, τα ηλεκτρονικά μέρη της φορητής συσκευής έχουν ραφτεί στο ύφασμα. Οι ενσωματωμένοι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μέτρηση διάφορων δεικτών, όπως οι αναπνοές, οι παλμοί και η θερμοκρασία του σώματος [47,48,49]

##### *Ηλεκτρονικά Υποδήματα*

Χρησιμοποιούνται για ανάλυση μοτίβων σχετικά με το περπάτημα για αποφυγή μη επιθυμητών καταστάσεων. Η κυριότερη κατηγορία συσκευών είναι οι ηλεκτρονικές κάλτσες.

#### → Αισθητήρες

Εντοπίζονται 5 βασικές κατηγορίες αισθητήρων [41]

##### *Παλμού*

Οι πιο κοινοί αισθητήρες που μετρούν τους παλμούς τοποθετούνται σε περικάρπια ή ρολόγια. Υπολογίζουν τους παλμούς χρησιμοποιώντας την πίεση, το φως ή ραδιοκύματα.

##### *Ρυθμού Αναπνοής*

Υπάρχουν πολλών ειδών αισθητήρες που υπολογίζουν τον ρυθμό αναπνοής με διαφορετικές μεθόδους, όπως με βάση την θερμοκρασία,(ο αέρας που αποβάλλουμε είναι θερμότερος) με



την χρήση μικροφώνων, αν και όχι τόσο αποτελεσματικό, ή οπτικής ίνας, με βάση την πίεση, κ.α

### *Θερμοκρασίας*

Οι περισσότεροι αισθητήρες που υπολογίζουν την θερμοκρασία του σώματος είναι τύπου-θερμίστορ

### *Πίεσης*

Αν και η πίεση του αίματος δεν αποτελεί ζωτικό σημάδι αυτό καθ'αυτό, αποτελεί σημαντικό δείκτη για μια σειρά από παθήσεις, Αν και δεν υπάρχουν ακόμα ευρέως διαθέσιμοι αισθητήρες για την παρακολούθηση της πίεσης, έχουν γίνει προσπάθειες για την δημιουργία εύχρηστων αισθητήρων.

### *Οξυγόνου*

Και σε αυτήν την περίπτωση το επίπεδο του οξυγόνου δεν αποτελεί ζωτικό σημάδι, ωστόσο και εδώ αποτελεί δείκτη για κάποιες ασθένειες. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος υπολογισμού του οξυγόνου είναι με την χρήση φωτός. Έχουν πραγματοποιηθεί εγχειρήματα για την δημιουργία πιο βολικών συσκευών με αισθητήρες οξυγόνου, π.χ περικάρπια

### ***Εφαρμογές της Έξυπνης Υγείας***

Στην παρακάτω εικόνα συνοψίζονται μερικές από τις εφαρμογές της έξυπνης υγείας



*Εικόνα 18: Εφαρμογές της έξυπνης υγείας*

Πηγή: Sundaravadivel, P., Kougianos, E., Mohanty, S. P., & Ganapathiraju, M. (χ.χ.). Everything You Wanted to Know about Smart Healthcare. 10.

Οι εφαρμογές χωρίζονται σε 3 κατηγορίες: Στον υγιεινό τρόπο ζωής, στην φροντίδα στο σπίτι, και στην νοσοκομειακή περίθαλψη. Η πρώτη κατηγορία εστιάζει στην πρόληψη και την άσκηση. Η δεύτερη κατηγορία συνδράμει τον ασθενή με απομακρυσμένες υπηρεσίες υγείας και βοήθεια στο σπίτι. Τέλος η τρίτη κατηγορία αφορά τις υπηρεσίες που παρέχονται στις δομές υγείας.

### ***Προτεινόμενο Μοντέλο [41]***

Το προτεινόμενο μοντέλο για ένα έξυπνο σύστημα υγείας θα αποτελείται από:

#### *Αισθητήρες*

Οι αισθητήρες είναι επιφορτισμένοι για την μέτρηση δεικτών του σώματος (οξυγόνο, πίεση, θερμοκρασία, κ.α) Πιο εξειδικευμένοι αισθητήρες, όπως γλυκόζης και εντοπισμού πτώσης θα μπορούσαν να τοποθετηθούν για προσωποποιημένους ασθενείς.

#### *Κεντρικός κόμβος*

Ο κεντρικός κόμβος λαμβάνει τις πληροφορίες από τους αισθητήρες και τις επεξεργάζεται. Κεντρικό κόμβο μπορεί να αποτελέσει ένα κινητό ή ένα έξυπνο ρολόι. Για να εξασφαλιστεί επικοινωνία ανάμεσα στους αισθητήρες και τον κεντρικό κόμβο, πρέπει να εφαρμοστεί κάποιο πρωτόκολλο επικοινωνίας, όπως το Bluetooth.

Με την σειρά τους, οι πληροφορίες από τον κεντρικό κόμβο αποστέλλονται σε μια βάση δεδομένων στην οποία έχει πρόσβαση το ιατρικό προσωπικό. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα απομακρυσμένης επικοινωνίας, όπως το LPWAN.

#### *Νέφος*

Για να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα, πρέπει να συγκεντρωθεί μεγάλη ποσότητα πληροφορίας. Η αποθήκευση στο νέφος αποτελεί την αποτελεσματικότερη μέθοδο

#### *Data Mining*

Οι τεχνικές του data mining θα συμβάλλουν στην εύρεση ενδεχόμενων μοτίβων στα δεδομένα, παρέχοντας παράλληλα βοήθεια στο ιατρικό προσωπικό.

Το παραπάνω μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί για άτομα με κινητικά προβλήματα, υψηλή πίεση, τραυματισμούς στο γόνατο αλλά και παρακολούθηση της γενικότερης υγείας με συνεχή παρακολούθηση των ζωτικών σημαδιών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

### **4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με την χρήση λέξεων-κλειδιών. Συγκεκριμένα, οι λέξεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι: IoT, IIoT, smart, devices, wearables, technologies, applications, systems, architectures, sensors, actuators, history, smart homes, smart cities, smart agriculture, smart healthcare, smart industry, Industry 4.0, smart logistics και Logistics 4.0. Η αναζήτηση πηγών έγινε μονάχα σε ξενόγλωσση βιβλιογραφία και κυρίως σε επιστημονικά άρθρα. Για τον σκοπό αυτό έγινε χρήση της μηχανή αναζήτησης της Google Scholar και η διασταύρωση πηγών πραγματοποιήθηκε μέσω του IEEE Xplore και του Academia.edu.

Πριν το κυρίως μέρος της εργασίας, σύντομη αναφορά έγινε στο ιστορικό, τα οφέλη και τις προκλήσεις του IoT καθώς και στις τεχνολογίες που βασίζεται και χρησιμοποιούνται εκτενώς στα πραγματικά περιβάλλοντα.

Για την ανάλυση των εφαρμογών του IoT σε πραγματικά περιβάλλοντα, επεξηγήθηκαν ξεχωριστά για το κάθε πεδίο ενδιαφέροντος οι διαφορετικές λειτουργίες, οι τεχνολογίες που επιστρατεύτηκαν, όπως αισθητήρες και έξυπνες συσκευές, οι πρακτικές εφαρμογές, τα χαρακτηριστικά και η δομή τους ενώ πραγματοποιήθηκε ανάλυση ενός μοντέλου ή αρχιτεκτονικής βασιζόμενο στα παραπάνω Στην περίπτωση των έξυπνων πόλεων αναφέρθηκαν περιληπτικά μερικές μελέτες περιπτώσεων.. Τέλος, έγινε ευρεία χρήση εικόνων για την καλύτερη κατανόηση των περιγραφόμενων.

## 4.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επιστημονική κοινότητα επιχειρούσε από τις αρχές του Διαδικτύου να συνδέσει όχι μόνο τον άνθρωπο, αλλά και τον φυσικό κόσμο και να δημιουργήσει γέφυρες επικοινωνίας μεταξύ τους. Το αρχικότερο εγχείρημα με την τοστιέρα(βλ. υποκεφ. 1.2) έδειξε πόσο απλο θα μπορούσε να ήταν αλλά ταυτόχρονα και πόσο πολύπλοκο, αναλόγως των χρήσεων που θα επιθυμούσε ο χρήστης. Διαφαίνεται πως από την αρχή, κίνητρο αποτέλεσε η διευκόλυνση του ανθρώπου και η αύξηση της παραγωγικότητας στον εργασιακό χώρο. Αυτό προκύπτει από το εγχείρημα του Πανεπιστημίου του Cambridge, στο οποίο είχε συνδεθεί η πρώτη κάμερα στο διαδίκτυο, η οποία παρείχε ζωντανή εικόνα από την καφετέρια ώστε να γνωρίζει το προσωπικό την ποσότητα καφέ που περιείχε. Όπως και αναφέρθηκε, σκοπός της προσπάθειας ήταν η εξοικονόμηση χρόνου από άσκοπες μετακινήσεις και κατ επέκταση η διευκόλυνση του προσωπικού. Η δημοφιλία των εν λόγω εγχειρημάτων και η δημιουργία της RFID τεχνολογίας οδήγησε στην περαιτέρω ενίσχυση των προσπαθειών να συνδεθούν συσκευές στο Διαδίκτυο και στην δημιουργία ολοένα περισσότερων τεχνολογιών και πρωτοκόλλων με απώτερο σκοπό να καταστεί η ενασχόληση με το IoT και τις εφαρμογές του προσβάσιμη και διαχειρίσιμη σε όλους. Ανοιχτού λογισμικού πλατφόρμες όπως το Arduino δημιουργήθηκαν γι' αυτόν ακριβώς τον σκοπό.

Η πολυπλοκότητα του IoT φαίνεται από τα ποικίλα μοντέλα επικοινωνίας και τις αρχιτεκτονικές που υπάρχουν. Ειδικότερα για τις αρχιτεκτονικές και την δόμηση του IoT υπάρχει ασυμφωνία μεταξύ της ακαδημαϊκής κοινότητας με τις δομές και τις λειτουργίες να διαφοροποιούνται έντονα. Ωστόσο, έως έναν βαθμό παρατηρείται κοινή προσέγγιση σχετικά με τα επίπεδα λειτουργίας του IoT(αισθητικό, εφαρμογής, κ.ο.κ) με μικρές διαφοροποιήσεις στον αριθμό τους.

Προχωρώντας στις εφαρμογές του IoT στα πραγματικά περιβάλλοντα παρατηρούνται διαφορές στον βαθμό υιοθέτησης από τους χρήστες και το επίπεδο πολυπλοκότητας. Προηγουμένως επισημάνθηκε πως ένα IoT σύστημα μπορεί να είναι όσο απλό ή όσο πολύπλοκο χρειάζεται. Για παράδειγμα, στο επίπεδο ενός σπιτιού οι έξυπνες λειτουργίες περιορίζονται σε απλές διαδικασίες, όπως να ειδοποιούν τον χρήστη σε περίπτωση π.χ κάποιας διαρροής αερίου, να κλειδώνουν τα παράθυρα εάν εντοπιστεί παραβίαση η να χαμηλώνουν τον φωτισμό για εξοικονόμηση ενέργειας. Σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα

πρέπει ο ίδιος ο χρήστης να παρέμβει για να ολοκληρωθεί η διαδικασία ή να ρυθμίσει καταλλήλως τις συσκευές, υποδεικνύοντας την χαμηλότερη νοημοσύνη ενός έξυπνου σπιτιού σε σχέση με άλλα συστήματα. Από την άλλη, η απλότητα ενός τέτοιου συστήματος έχει οδηγήσει και στην αυξημένη υιοθέτηση από τους χρήστες με την χρήση έξυπνου φωτισμού, αισθητήρων αερίου ή καπνού και άλλων συσκευών όπως έξυπνα ψυγεία. Σε αυτό οφείλεται και η αυξημένη χρήση έξυπνων κινητών και ρολογιών ή περικαρπίων τα οποία και επικοινωνούν με τις έξυπνες συσκευές.

Στην περίπτωση των έξυπνων πόλεων ένα ολοκληρωμένο σύστημα IoT απαιτεί πολλές περισσότερες συσκευές και πόρους για την υλοποίησή του. Οι υπηρεσίες που προσφέρει μια πόλη εκτείνονται από την καθαριότητα και τον φωτισμό μέχρι την αντιμετώπιση της εγκληματικότητας και την διαχείριση του συστήματος υδροδότησης. Συνολικά, η πολυπλοκότητα μιας έξυπνης πόλης είναι εκ διαμέτρου μεγαλύτερη από αυτή ενός έξυπνου σπιτιού. Η υιοθέτηση του IoT από τις δημοτικές αρχές παραμένει σε αρχικό στάδιο και περιορίζεται σε μερικές πόλεις ανά την υφήλιο και σίγουρα όχι σε μαζική κλίμακα, που είναι και το επιθυμητό. Επίσης, βασικές λειτουργίες (έξυπνος φωτισμός, έξυπνη αποκομιδή απορριμμάτων) δεν συνιστούν ένα έξυπνο σύστημα πόλης υψηλής νοημοσύνης.

Η έξυπνη γεωργία χαρακτηρίζεται από μια μεγάλη γκάμα αισθητήρων που μπορεί να επιστρατεύσει ο αγρότης. Η γεωργική διαδικασία αποτελεί από μόνη της μια άκρως πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί την τήρηση πολλών παραμέτρων και λεπτομερειών και συνεπώς ένα έξυπνο χωράφι οφείλει να ανταπεξέλθει σε αυτά. Αν και οι αισθητήρες και οι συσκευές υπάρχουν, η χρήση τους στο χωράφι βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο και το κόστος για πολλούς αγρότες είναι απαγορευτικό. Εδώ, τεχνικές σαν το Data Mining αναλύουν τα δεδομένα και συμβουλεύουν τον χρήστη για τις απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να ακολουθήσει, ανεβάζοντας αισθητά το επίπεδο νοημοσύνης

Η έξυπνη βιομηχανία ή αλλιώς Βιομηχανία 4.0 αποτελεί υποσύστημα του IoT, το IIoT. Μοιράζονται τις ίδιες τεχνολογίες, με μερικές εξαιρέσεις, με διαφορετική αρχιτεκτονική λειτουργίας, στην οποία ο χρήστης δεν παρεμβαίνει σχεδόν καθόλου. Η νοημοσύνη και το κόστος είναι ασύγκριτα με αυτά του καταναλωτικού IoT. Στόχος εδώ είναι η πλήρης αυτοματοποίηση των διαδικασιών και η αύξηση της παραγωγικότητας. Σε συνδυασμό με τις έξυπνες μεταφορές η Βιομηχανία 4.0 θα αποτελέσει την επόμενη βιομηχανική επανάσταση. Μιας και τα κίνητρα είναι κυρίως οικονομικά και οι εταιρίες που επενδύουν στο IIoT και τα

smart logistics διαθέτουν τεράστια κεφάλαια, η υιοθέτηση του αναμένεται να είναι μεγαλύτερη από τους προαναφερθέντες τομείς.

Τέλος, η έξυπνη υγεία διαφέρει σε πολυπλοκότητα και βαθμό υιοθέτησης ανάλογα τους στόχους και τις λειτουργίες του κάθε συστήματος. Για παράδειγμα, η παρακολούθηση των θερμίδων που καταναλώνει ένα άτομο μέσα στην ημέρα ή των παλμών του μέσω ενός έξυπνου ρολογιού είναι άκρως διαδεδομένη στις μέρες μας, αλλά επιτελεί απλοϊκές έξυπνες λειτουργίες. Συγχρόνως, ένα ολοκληρωμένο σύστημα έξυπνης υγείας που αποτελείται από αισθητήρες, πρωτόκολλα επικοινωνίας, ένα κινητό ή έξυπνο ρολόι και στο οποίο εφαρμόζονται τεχνικές data mining και συγκεντρώνεται μεγάλος όγκος δεδομένων και συμμετέχει το ιατρικό προσωπικό, να μεν διαφέρει εκ διαμέτρου σε πολυπλοκότητα και νοημοσύνη, ωστόσο διαφέρει σημαντικά σε βαθμό εφαρμογής.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Group, S. M. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, Group, I. R. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, Group, I. T. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, & India. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 03(05), Art. 05. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>
2. Ray, P. P. (2017). Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(4), Article 4. <https://doi.org/10.3233/AIS-170440>
3. Friha, O., Ferrag, M. A., Shu, L., Maglaras, L., & Wang, X. (2021). Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 8(4), Article 4. <https://doi.org/10.1109/JAS.2021.1003925>
4. Salam, A., & Shah, S. (2019). Internet of Things in Smart Agriculture: Enabling Technologies. 2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), 692–695. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2019.8767306>
5. Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E.-H. M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk. *IEEE Access*, 7, 129551–129583. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932609>

6. Sinha, B. B., & Dhanalakshmi, R. (2022). Recent advancements and challenges of Internet of Things in smart agriculture: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 126, 169–184. <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.08.006>
7. Li, C., & Niu, B. (2020). Design of smart agriculture based on big data and Internet of things. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 16(5), Article 5. <https://doi.org/10.1177/1550147720917065>
8. Channe, H., Kothari, S., & Kadam, D. (2015). Multidisciplinary Model for Smart Agriculture using Internet-of-Things (IoT), Sensors, Cloud-Computing, Mobile-Computing & Big-Data Analysis. 6, 10.
9. Uckelmann, D., Harrison, M., & Michahelles, F. (Επιμ.). (2011). *Architecting the Internet of Things*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-19157-2>
10. BeagleBone Black targets IoT applications. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 3 Μάρτιος 2023, από <https://www.electronicsspecifier.com/products/boards-and-backplanes/beaglebone-black-targets-iot-applications>
11. 18 | April | 2001 | Status-Q. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 3 Φεβρουάριος 2023, από <https://statusq.org/archives/2001/04/18/>
12. Trojan Room Coffee Pot Biography. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 3 Φεβρουάριος 2023, από <https://www.cl.cam.ac.uk/coffee/qsf/coffee.html>
13. Malik, A., Magar, T., Verma, H., Singh, M., & Sagar, P. (2020). A Detailed Study Of An Internet Of Things (Iot). *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8, 2989–2994.
14. Tzafestas, S. G. (2018). Ethics and Law in the Internet of Things World. *Smart Cities*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/smartcities1010006>
15. Malik, P., Singh, R., Gehlot, A., Tanwar, S., Sanjeevikumar, P., Holm-Nielsen, J., & Blaabjerg, F. (2019). Industrial Internet of Things in Industrial Revolution 4.0: A State-of-The art in Review. *Energies*.
16. Serror, M., Hack, S., Henze, M., Schuba, M., & Wehrle, K. (2021). Challenges and Opportunities in Securing the Industrial Internet of Things. <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3023507>
17. Khan, W. Z., Rehman, M. H., Zangoti, H. M., Afzal, M. K., Armi, N., & Salah, K. (2020). Industrial internet of things: Recent advances, enabling technologies and open

- challenges. *Computers & Electrical Engineering*, 81, 106522.  
<https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.106522>
18. Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry*, 101, 1–12.  
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015>
  19. Internet of Things (IoT): An Overview. (2015, Μάρτιος 23). 3rd International Conference on Advances in Engineering Sciences and Applied Mathematics (ICAESAM'2015), March 23-24, 2015 London (UK). 3rd International Conference on Advances in Engineering Sciences and Applied Mathematics.  
<https://doi.org/10.15242/IIIE.E0315045>
  20. Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (χ.χ.). *The Internet of Things: An Overview*. 54.
  21. Lueth, K. L. (χ.χ.). *IoT basics: Getting started with the Internet of Things*. 10.
  22. Hassan, Z., Ali, H., & Badawy, M. (2015). Internet of Things (IoT): Definitions, Challenges, and Recent Research Directions. *International Journal of Computer Applications*, 128, 975–8887.
  23. Irmak, E., & Bozdal, M. (2018). Internet of Things (IoT): The Most Up-To-Date Challenges, Architectures, Emerging Trends and Potential Opportunities. *International Journal of Computer Applications*, 179(40), Article 40.  
<https://doi.org/10.5120/ijca2018916946>
  24. Malche, T., & Maheshwary, P. (2017). Internet of Things (IoT) for building Smart Home System. <https://doi.org/10.1109/I-SMAC.2017.8058258>
  25. Nest Learning Thermostat—Programs Itself Then Pays for Itself—Google Store. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 8 Φεβρουάριος 2023, από  
[https://store.google.com/us/product/nest\\_learning\\_thermostat\\_3rd\\_gen?hl=en-US&GoogleNest&pli=1](https://store.google.com/us/product/nest_learning_thermostat_3rd_gen?hl=en-US&GoogleNest&pli=1)
  26. Borgi, T., Zoghلامي, N., & Abed, M. (2017). Big data for transport and logistics: A review (σ. 49). <https://doi.org/10.1109/ASET.2017.7983742>
  27. Issaoui, Y., Khiat, A., Bahnasse, A., & Ouajji, H. (2020). Smart Logistics: Blockchain trends and applications. *Journal of Ubiquitous Systems & Pervasive Networks*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.5383/JUSPN.12.02.002>



28. Box, P. O., & Eindhoven, M. (χ.χ.). Den Dolech 2 5612 AZ Eindhoven The Netherlands. 31.
29. Arumugam, S., Umashankar, V., Narendra, N., Badrinath, R., Mujumdar, A., Höller, J., & Hernandez Herranz, A. (2018). IOT Enabled Smart Logistics Using Smart Contracts (σ. 6). <https://doi.org/10.1109/LISS.2018.8593220>
30. Feng, B., & Ye, Q. (2021). Operations management of smart logistics: A literature review and future research. *Frontiers of Engineering Management*, 8(3), Article 3. <https://doi.org/10.1007/s42524-021-0156-2>
31. Tang, X. (2020). Research on Smart Logistics Model Based on Internet of Things Technology. *IEEE Access*, 8, 151150–151159. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3016330>
32. Cimini, C., Lagorio, A., Romero, D., Cavalieri, S., & Stahre, J. (2020). Smart Logistics and The Logistics Operator 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), Article 2. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2818>
33. Mohanty, S. P., Choppali, U., & Kougiianos, E. (χ.χ.). Everything You wanted to Know about Smart Cities. 15.
34. Douaioui, K., Fri, M., Mabrouki, C., & Semma, E. (2018). The interaction between industry 4.0 and smart logistics: Concepts and perspectives. 128–132. <https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA.2018.8428300>
35. What is RFID and how does it work? (χ.χ.). IoT Agenda. Ανακτήθηκε 4 Φεβρουάριος 2023, από <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/RFID-radio-frequency-identification>
36. Jin, J., Gubbi, J., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2014). An Information Framework for Creating a Smart City Through Internet of Things. *Internet of Things Journal*, IEEE, 1, 112–121. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2013.2296516>
37. Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>
38. Alavi, A., Jiao, P., Buttlar, W., & Lajnef, N. (2018). Internet of Things-Enabled Smart Cities: State-of-the-Art and Future Trends. *Measurement*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.07.067>

39. Mehmood, Y., Ahmad, F., Yaqoob, I., Adnane, A., Imran, M., & Guizani, S. (2017). Internet-of-Things Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges. *IEEE Communications Magazine*.
40. Samih, H. (2019). Smart cities and internet of things. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 21(1), Article 1. <https://doi.org/10.1080/15228053.2019.1587572>
41. Baker, S. B., Xiang, W., & Atkinson, I. (2017). Internet of Things for Smart Healthcare: Technologies, Challenges, and Opportunities. *IEEE Access*, 5, 26521–26544. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2775180>
42. Zeadally, S., Siddiqui, F., Baig, Z., & Ibrahim, A. (2019). Smart healthcare: Challenges and potential solutions using internet of things (IoT) and big data analytics. *PSU Research Review*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.1108/PRR-08-2019-0027>
43. John Dian, F., Vahidnia, R., & Rahmati, A. (2020). Wearables and the Internet of Things (IoT), Applications, Opportunities, and Challenges: A Survey. *IEEE Access*, 8, 69200–69211. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2986329>
44. Yetisen, A. K., Martinez-Hurtado, J. L., Ünal, B., Khademhosseini, A., & Butt, H. (2018). Wearables in Medicine. *Advanced Materials*, 30(33), Article 33. <https://doi.org/10.1002/adma.201706910>
45. D. Son, J. Lee, S. Qiao, R. Ghaffari, J. Kim, J. E. Lee, C. Song, S. J. Kim, D. J. Lee, S. W. Jun, *Nat. Nanotechnol.* 2014, 9, 397.
46. J. Kim, I. Jeerapan, S. Imani, T. N. Cho, A. Bhandodkar, S. Cinti, P. P. Mercier, J. Wang, *ACS Sens.* 2016, 1, 1011.
47. J. Soyoun, J. Taeksoo, K. V. Vijay, *Smart Mater. Struct.* 2006, 15, 1872.
48. R. Paradiso, G. Loriga, N. Taccini, *IEEE Trans Inf. Technol. Biomed.* 2005, 9, 337
49. M. Sibinski, M. Jakubowska, M. Sloma, *Sensors* 2010, 10, 7934.
50. Ray, S., Park, J., & Bhunia, S. (2016). Wearables, Implants, and Internet of Things: The Technology Needs in the Evolving Landscape. *IEEE Transactions on Multi-Scale Computing Systems*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.1109/TMSCS.2016.2553026>
51. Risteska Stojkoska, B. L., & Trivodaliev, K. V. (2017). A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1454–1464. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.006>

52. A review of smart home applications based on Internet of Things | Elsevier Enhanced Reader. (2022, Ιούλιος 21). <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.08.017>
53. Ghayvat, H., Liu, J., Alahi, M. E. E., Mukhopadhyay, S. C., & Gui, X. (2015). Internet of Things for smart homes and buildings: Opportunities and Challenges. *Australian Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 3(4), Article 4.
54. Chong, G., Zhihao, L., & Yifeng, Y. (2011). The research and implement of smart home system based on Internet of Things. 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC), 2944–2947. <https://doi.org/10.1109/ICECC.2011.6066672>
55. Ashton, K. (χ.χ.). That ‘Internet of Things’ Thing.
56. The toaster that changed the world—Article | The New Wave | BBC StoryWorks. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 3 Φεβρουάριος 2023, από <https://www.bbc.com/storyworks/future/the-new-wave/innovation>
57. Romkey, J. (2017). Toast of the IoT: The 1990 Interop Internet Toaster. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 6(1), 116–119. <https://doi.org/10.1109/MCE.2016.2614740>
58. Sundaravadivel, P., Kougianos, E., Mohanty, S. P., & Ganapathiraju, M. (χ.χ.). Everything You Wanted to Know about Smart Healthcare. 10.
59. Channe, H., Kothari, S., & Kadam, D. (2015). Multidisciplinary Model for Smart Agriculture using Internet-of-Things (IoT), Sensors, Cloud-Computing, Mobile-Computing & Big-Data Analysis. 6, 10.
60. Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E.-H. M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk. *IEEE Access*, 7, 129551–129583. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932609>
61. Group, S. M. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, Group, I. R. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, Group, I. T. A., Engineering (NITIE), N. I. of I., Lake, V., Mumbai, & India. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 03(05), Art. 05. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>

62. Tschofenig, H., Arkko, J., Thaler, D., & McPherson, D. R. (2015). *Architectural Considerations in Smart Object Networking* (Request for Comments RFC 7452). Internet Engineering Task Force. <https://doi.org/10.17487/RFC7452>

:

















