

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

« Σχεδίαση και ανάπτυξη πλακέτας Arduino για τη διαχείριση έξυπνων σπιτιών με φωνητικές εντολές»



Του φοιτητή  
Λεκίδη Παναγιώτη  
Αρ. Μητρώου:514077

Επιβλέπων  
Άγγελος Γιακουμής  
Βαθμίδα: Λέκτορας

Ημερομηνία: 15-6-2021

Τίτλος Δ.Ε.:

Σχεδίαση και ανάπτυξη πλακέτας Arduino για τη διαχείριση έξυπνων σπιτιών με φωνητικές εντολές.

Κωδικός Δ.Ε. : 19135

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Παναγιώτης Λεκίδης

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Άγγελος Γιακουμής

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.: 27-03-2019

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.: 25-03-2021

*Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.*

*Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Παναγιώτη Λεκίδη που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιοδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.*

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

## Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία στο τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε ορισμένους ανθρώπους που με στήριξαν με τον δικό τους τρόπο.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για τη συμπαράσταση που μου έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια που είμαι φοιτητής, τον επιβλέπων καθηγητή κ.Αγγελο Γιακουμή για τη βοήθεια του και την επίβλεψη της εργασίας αυτής.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους καθηγητές του τμήματος και του Διεθνους αλλά και του πρώην τμήματος Ηλεκτρονικής που μου έμαθαν πράγματα που με βοήθησαν και θα συνεχίσουν να με βοηθούν στο μέλλον και στη διάρκεια της ζωής μου στον τομέα της Ηλεκτρονικής αλλά και τις Πληροφορικής.

Παναγιώτης Λεκίδης



## Πρόλογος

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό να αναλύσει το Smart Home και την επιρροή που έχει στο παρόν αλλά και στο μέλλον. Ήδη έχει γίνει μια μεγάλη εξέλιξη στον τομέα αυτό και σίγουρα θα υπάρξει και μεγαλύτερη με την πάροδο του χρόνου καθώς όσο εξελίσσεται η τεχνολογία θα αναπτύσσονται και οι smart λειτουργίες στην καθημερινότητα μας. Οπότε θα δούμε αναλυτικά όλες αυτές τις επιρροές και να συμπεράνουμε με τα κατάλληλα επιχειρήματα αν αυτές μας οφελούν ή όχι στη ζωή μας. Τέλος θα υλοποιήσουμε ένα κύκλωμα με Arduino και φωνητική εντολή για να δώσουμε ένα παράδειγμα πως μπορεί να είναι ένα αληθινό έξυπνο σπίτι.

## Περίληψη

Η εργασία ξεκινάει με μια εισαγωγή στην οικιακή τεχνολογία και στη συνέχεια γνωρίζουμε το Arduino καθώς και την χρήση του αλλά και τα χαρακτηριστικά του. Κατόπιν, παρουσιάζονται όλα τα οφέλη και τα μειονεκτήματα που έχει ένα έξυπνο σπίτι και επιπλέον τις τυπολογίες και τις κατηγορίες που χωρίζονται αυτά. Επιπρόσθετα, αναλύεται η χρήση που έχει το Arduino στο Smart Home με ένα πρακτικό παράδειγμα το οποίο έχει υλοποιηθεί με λάμπες που θα μπορούσαν να είναι διάφορες έξυπνες οικιακές συσκευές. Το Arduino λοιπόν έχει προγραμματιστεί με κώδικα για να δέχεται εντολές μέσω μιας Android εφαρμογής και με τη βοήθεια της Google. Τέλος, μέσα από όλα αυτά καταλήγουμε σε συμπεράσματα δικά μας αλλά και διαφόρων μελετών για το αν τελικά μας επηρεάζουν οι έξυπνες συσκευές και αν ναι θετικά ή αρνητικά.

«Smart Home Arduino with Voice Command»

«Panagiotis Lekidis»

## **Abstract**

The project begins with an introduction to home technology and then we learn about Arduino as well as its use and features. Then, all the advantages and disadvantages of a smart home are presented, as well as the types and categories that separate them. In addition, the use of the Arduino in Smart Home is analyzed with a practical example that has been implemented with lamps that could be various smart home appliances. So the Arduino is programmed with code to accept commands through an Android application and with the help of Google. Finally, through all this we come to our own conclusions and various studies on whether it influence our smart devices and if so positively or negatively.



# Περιεχόμενα

## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα .....	9
<b>1 Εισαγωγή.....</b>	<b>10</b>
<b>2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....</b>	<b>12</b>
2.1 Arduino .....	12
2.1.1 Ορισμός .....	12
2.1.2 Χρήσεις.....	14
2.1.3 Χαρακτηριστικά.....	15
2.2 Έξυπνο Σπίτι .....	17
2.2.1 Ορισμός .....	17
2.2.2 Δυνατότητες.....	22
2.2.3 Οφέλη και Μειονεκτήματα.....	25
2.2.4 Οφέλη .....	26
2.2.5 Εμπόδια & Μειονεκτήματα .....	35
2.3 Εφαρμογή Χρήσης Arduino στο Έξυπνο Σπίτι.....	40
<b>3 Υλοποίηση Εργασίας.....</b>	<b>42</b>
3.1 Απαιτούμενα Στοιχεία.....	42
3.2 Μεθοδολογία.....	43
3.3 Κώδικας.....	46
<b>4 Εφαρμογή Έξυπνου Σπιτιού με Φωνητική Εντολή μέσω Χρήσης Arduino.....</b>	<b>49</b>
<b>5 Συμπεράσματα .....</b>	<b>56</b>
Βιβλιογραφία.....	59

## 1 Εισαγωγή

Η έξυπνη οικιακή τεχνολογία έχει εξερευνηθεί εδώ και πολύ καιρό, από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 όταν χρησιμοποιήθηκε η έννοια «έξυπνο κτίριο». Η ιδέα πρότεινε μια έξυπνη εφαρμογή ηλεκτρονικών συσκευών καταναλωτών, ηλεκτρικού εξοπλισμού και συσκευών ασφαλείας. Στόχευε στην αυτοματοποίηση οικιακών εργασιών, στην εύκολη επικοινωνία και στον φιλικό προς τον άνθρωπο έλεγχο, καθώς και στην ασφάλεια. Ορισμένα έξυπνα συστήματα σπιτιού επιτρέπουν τον οικιακό έλεγχο μέσω LAN (Local Area Network) και WAN (Wide Area Network). Αυτός ο τύπος συστήματος οικιακού ελέγχου επιτρέπει ταυτόχρονα τον έλεγχο των συσκευών μέσω υπολογιστών και έξυπνων τηλεφώνων Android. Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες μέθοδοι για τον έλεγχο ηλεκτρικών συσκευών στο σπίτι. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος είναι με τη χρήση ηλεκτρονικού τηλεχειριστηρίου. Οι οικιακές συσκευές μπορούν επίσης να ελεγχθούν μέσω φωνητικού ελέγχου ή μπορούν επίσης να εφαρμόσουν οικιακό αυτοματισμό με βάση προκαθορισμένα προφίλ χρήστη ή ανεξάρτητους αισθητήρες (Jensen et. al., 2018).

Η μέθοδος φωνητικού ελέγχου προσφέρει μια πιο διαδραστική προσέγγιση στο χρήστη κατά την παράδοση εντολών ελέγχου. Εφαρμόζοντας ένα σύστημα αναγνώρισης ομιλίας, ένα σύστημα μπορεί να αναπτυχθεί για να βοηθήσει τους χρήστες να ελέγχουν τις συσκευές από απόσταση. Το σύστημα φωνητικού ελέγχου για οικιακό αυτοματισμό που βασίζεται στο ZigBee έχει εισαχθεί στο περιοδικό του “Zig Bee με βάση το φωνητικό ελεγχόμενο ασύρματο οικιακό σύστημα”. Χρησιμοποιήθηκαν ανεξάρτητα ηχεία αυτόματης τεχνικής αναγνώρισης ομιλίας. Σε αυτό το σύστημα, το δίκτυο Zig Bee λαμβάνει φωνητική εντολή ως είσοδο σε έναν ελεγκτή ARM9, ο οποίος μετατρέπει τα δεδομένα σε μια απαιτούμενη μορφή που θα χρησιμοποιηθεί στον μικροελεγκτή. Τέλος, το σύστημα δημιουργεί ορισμένους χαρακτήρες ελέγχου με ενεργοποίηση ON / OFF στις οικιακές συσκευές (Hasan et. al., 2015).

Υπάρχουν δύο τύποι συστήματος αναγνώρισης ομιλίας. Είναι ένα σύστημα που εξαρτάται από τα ηχεία και ένα σύστημα που δεν εξαρτάται από τα ηχεία. Το σύστημα που εξαρτάται από ηχεία έχει σχεδιαστεί για ειδικά ηχεία που λειτουργούν μαθαίνοντας τα μοναδικά χαρακτηριστικά της φωνής ενός ατόμου. Είναι επίσης γνωστό ως αναγνώριση φωνής. Οι νέοι χρήστες πρέπει πρώτα να «εκπαιδεύσουν» το λογισμικό μιλώντας σε αυτό, οπότε ο υπολογιστής θα αναλύσει πώς μιλάει το άτομο. Αυτό το σύστημα είναι χρήσιμο ως το σύστημα ασφαλείας. Ομιλητής από τη μία πλευρά-ανεξάρτητα συστήματα από την άλλη πλευρά, δεν απαιτούν καμία φάση της κατάρτισης με τα δεδομένα των χρηστών, και είναι επιθυμητή σε πολλές εφαρμογές όπου η εκπαίδευση είναι δύσκολο να εφαρμοστεί (Desai et. al., 2013).

Το Arduino UNO είναι ένας πίνακας μικροελεγκτών πολλαπλών χρήσεων που βασίζεται στο ATmega328P. Διαθέτει 14 ψηφιακούς ακροδέκτες εισόδου / εξόδου και 6 αναλογικές εισόδους. Κάθε μία από τις 14 ψηφιακές ακίδες στο Uno μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως είσοδος ή έξοδος. Μια πλακέτα Arduino Uno μπορεί να τροφοδοτηθεί είτε μέσω σύνδεσης USB είτε με εξωτερική τροφοδοσία (προσαρμογέας AC-to-DC ή μπαταρία). Μολύβια από μια μπαταρία μπορούν επίσης να εισαχθούν στις κεφαλίδες Gnd και Vin του συνδέσμου τροφοδοσίας. Η πλακέτα μπορεί να λειτουργεί με εξωτερική τροφοδοσία 6 έως 20 βολτ. Το Arduino Uno μπορεί να επικοινωνήσει με άλλες συσκευές, όπως έναν υπολογιστή, μια άλλη πλακέτα Arduino ή με άλλους τύπους μικροελεγκτών. Η σειριακή βιβλιοθήκη λογισμικού επιτρέπει σειριακή επικοινωνία σε οποιαδήποτε από τις ψηφιακές καρφίτσες του Uno (Badamasi, 2014)

## 2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

### 2.1 Arduino

#### 2.1.1 Ορισμός

Το Arduino είναι ένας πίνακας ανάπτυξης που ενσωματώνει έναν μικροελεγκτή και το κύκλωμα υποστήριξής του με ψηφιακές και αναλογικές εισόδους και εξόδους. Διαθέτει πλατφόρμα ανάπτυξης υπολογιστών ανοιχτού κώδικα που βασίζεται σε ένα περιβάλλον για τη δημιουργία προγραμμάτων.

Οι πίνακες Arduino δημιουργήθηκαν αρχικά το 2005 από τον Massimo Benzi του Ινστιτούτου IVRAE για την ανάγκη εκμάθησης των ηλεκτρονικών από τους φοιτητές. Μέχρι τότε η απόκτηση πλακέτας μικροελεγκτή ήταν ακριβή και δεν προσέφερε επαρκή υποστήριξη, αντ' αυτού αποκτά ως αποτέλεσμα έναν πίνακα ανοιχτού λογισμικού με πολλές δυνατότητες και, επιπλέον, με πολύ οικονομικό κόστος. Χρόνια αργότερα γίνεται μια τεχνολογία DIY (Do It Yourself), με μεγάλη υποστηρικτική δυνατότητα για τους μαθητές (Zlatanov, 2017).

Αργότερα άλλοι φοιτητές εντάχθηκαν στο έργο, πρώτος ο Hernando Barragán, ένας φοιτητής του Πανεπιστημίου της Κολομβίας που συμβάλλει με τον David Mellis, άλλο συμμαθητή του Ινστιτούτου IVRAE, στην ανάπτυξη ενός περιβάλλοντος για τον προγραμματισμό του επεξεργαστή αυτού του διοικητικού συμβουλίου. Με την πάροδο του χρόνου ενσωματώθηκαν στο "Arduino Team" ο David Curtielles, ο οποίος βοήθησε στην αποδυνάμωση της διεπαφής υλικού προσθέτοντας τους απαραίτητους μικροελεγκτές για να ενσωματώσει την υποστήριξη και τη μνήμη στη γλώσσα προγραμματισμού για να χειριστεί εύκολα την πλατφόρμα, και ο Tom Igoe που έκανε την επιτροπή πιο ισχυρή με την προσθήκη θυρών USB για σύνδεση σε υπολογιστές (McRoberts, 2011).

Ξεκίνησαν τη δωρεάν διανομή στις σχολές ηλεκτρονικών, υπολογιστών και σχεδιασμού του ίδιου ινστιτούτου. Αργότερα ο δημοσιογράφος Gianluca Martino τους βοήθησε να προαχθούν έως ότου ο Natan Sadle προσφέρθηκε να παρουσιάσει στα διοικητικά συμβούλια τη μαζική

παραγωγή. Οι πίνακες Arduino έχουν τοποθετήσει επιτέλους στο νούμερο ένα εργαλείων εκμάθησης για την ανάπτυξη αυτόματων συστημάτων (Merino Herreros, 2017).

### 2.1.2 Χρήσεις

Ενεργή κοινότητα χρηστών: Μια ομάδα ατόμων που χρησιμοποιούν ένα παρόμοιο προϊόν μπορεί να πραγματοποιήσει συνομιλίες μέσω μηνύματος και να μοιραστεί τις εμπειρίες της ή να λύσει τα προβλήματα των άλλων χρηστών στις κοινότητες με τις δικές τους εμπειρίες.

Ανάπτυξη του Arduino: Το Arduino αναπτύχθηκε με σκοπό να παρέχει έναν οικονομικό και χωρίς προβλήματα τρόπο για τους χομπίστες, τους μαθητές και τους επαγγελματίες να κατασκευάζουν συσκευές που αλληλεπιδρούν με την κατάστασή τους χρησιμοποιώντας αισθητήρες και ενεργοποιητές. Αυτό το καθιστά ιδανικό για τους νεοεισερχόμενους να ξεκινήσουν γρήγορα.

Φθινό υλικό: Δεδομένου ότι το Arduino είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα, το λογισμικό δεν αγοράζεται και μόνο το κόστος αγοράς της πλακέτας ή των ανταλλακτικών του προκύπτει, καθιστώντας το έτσι πολύ φθινό. Τα σχέδια υλικού είναι επίσης διαθέσιμα στο διαδίκτυο δωρεάν από τον επίσημο ιστότοπό του (Louis, 2016).

Arduino Board ως προγραμματιστής: Για να διευκολυνθεί η λειτουργία της πλακέτας Arduino και επίσης να την διατίθεται παντού, αυτές οι πλακέτες διαθέτουν καλώδιο USB για απαιτήσεις ισχύος καθώς επίσης λειτουργούν ως προγραμματιστές.

Περιβάλλον πολλαπλών πλατφορμών: Το Arduino IDE είναι σε θέση να λειτουργεί σε διάφορες πλατφόρμες, συμπεριλαμβανομένων των Microsoft, Linux και Mac OS X, καθιστώντας την κοινότητα των χρηστών ακόμη μεγαλύτερη.

### 2.1.3 Χαρακτηριστικά

Τα στοιχεία ενός πίνακα Arduino μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- Σκεύη, εξαρτήματα
- Λογισμικό

Το Arduino Development Board αποτελείται από πολλά στοιχεία που μαζί το κάνουν να λειτουργεί. Εδώ είναι μερικά από αυτά τα βασικά τμήματα που βοηθούν στη λειτουργία του:

**Μικροελεγκτής:** Αυτή είναι η καρδιά της πλακέτας ανάπτυξης, η οποία λειτουργεί ως μίνι υπολογιστής και μπορεί να λαμβάνει καθώς και να στέλνει πληροφορίες ή εντολές στις περιφερειακές συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε αυτόν. Ο μικροελεγκτής που χρησιμοποιείται διαφέρει από πλακέτα σε πλακέτα. έχει επίσης τις δικές του διάφορες προδιαγραφές (Trevendor, 2012).

**Προδιαγραφές:**

**Εξωτερικό τροφοδοτικό:** Αυτό το τροφοδοτικό χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία της πλακέτας ανάπτυξης Arduino με ρυθμιζόμενη τάση που κυμαίνεται από 9 - 12 βολτ.

**Βύσμα USB:** Αυτό το βύσμα είναι μια πολύ σημαντική θύρα σε αυτόν τον πίνακα. Χρησιμοποιείται για την αποστολή (εγγραφή) προγράμματος στον μικροελεγκτή χρησιμοποιώντας καλώδιο USB. Έχει επίσης ρυθμιζόμενη ισχύ 5V η οποία τροφοδοτεί επίσης την πλακέτα Arduino σε περιπτώσεις που απουσιάζει το εξωτερικό τροφοδοτικό.

**Εσωτερικός προγραμματιστής:** Ο προγραμματισμένος κώδικας λογισμικού μπορεί να φορτωθεί στο μικροελεγκτή μέσω θύρας USB, χωρίς εξωτερικό προγραμματιστή.

**Κουμπί επαναφοράς:** Αυτό το κουμπί υπάρχει στον πίνακα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επαναφορά του μικροελεγκτή Arduino.

## Κεφάλαιο 2

Αναλογικοί ακροδέκτες: Υπάρχουν ορισμένοι αναλογικοί ακροδέκτες εισόδου που κυμαίνονται από A0 - A7 (τυπικός). Αυτές οι ακίδες χρησιμοποιούνται για την αναλογική είσοδο / έξοδο. Το όχι. των αναλογικών καρφίτσών ποικίλλει επίσης από πλακέτα σε πλακέτα.

Ψηφιακές καρφίτσες εισόδου / εξόδου: Υπάρχουν και ορισμένες ακίδες ψηφιακής εισόδου που κυμαίνονται από 2 έως 16 (τυπικές). Αυτές οι ακίδες χρησιμοποιούνται για την ψηφιακή είσοδο / έξοδο. Αυτές οι ψηφιακές καρφίτσες ποικίλουν επίσης από χαρτόνι σε πλακέτα (Louis, 2016).

Ισχύς και ακροδέκτες GND: Υπάρχουν καρφίτσες στον πίνακα ανάπτυξης που παρέχουν 3,3, 5 βολτ και γείωση μέσω αυτών

Λογισμικό: Ο κωδικός προγράμματος που γράφτηκε για το Arduino είναι γνωστός ως σκίτσο. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη τέτοιων σκίτσων για ένα Arduino είναι συνήθως γνωστό ως το Arduino IDE. Αυτό το IDE περιέχει τα ακόλουθα μέρη σε αυτό:

Πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου: Εδώ μπορεί να γραφτεί ο απλοποιημένος κώδικας χρησιμοποιώντας μια απλοποιημένη έκδοση της γλώσσας προγραμματισμού C ++.

Περιοχή μηνυμάτων: Εμφανίζει σφάλμα και δίνει επίσης σχόλια σχετικά με την αποθήκευση και εξαγωγή του κώδικα.

- Κείμενο: Η κονσόλα εμφανίζει έξοδο κειμένου από το περιβάλλον Arduino, συμπεριλαμβανομένων πλήρων μηνυμάτων σφάλματος και άλλων πληροφοριών.

Γραμμή εργαλείων κονσόλας: Αυτή η γραμμή εργαλείων περιέχει διάφορα κουμπιά όπως Επαλήθευση, Μεταφόρτωση, Νέο, Άνοιγμα, Αποθήκευση και Σειριακή οθόνη. Στην κάτω δεξιά γωνία του παραθύρου εμφανίζεται η πλακέτα ανάπτυξης και η σειριακή θύρα που χρησιμοποιούνται.

## 2.2 Έξυπνο Σπίτι

### 2.2.1 Ορισμός

Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι ορισμοί για τον σχεδιασμό και τον ορισμό των έξυπνων σπιτιών. Μεταξύ των διαφορετικών προσεγγίσεων, οι ορισμοί των Aldrich και Lutolf κάλυψαν τη φύση των έξυπνων σπιτιών με διεισδυτικό τρόπο. Ο Aldrich καθόρισε ένα έξυπνο σπίτι ως «μια κατοικία εξοπλισμένη με υπολογιστές και τεχνολογία πληροφοριών, η οποία προβλέπει και ανταποκρίνεται στις ανάγκες των επιβατών, εργαζόμενοι για την προώθηση της άνεσης, της ευκολίας, της ασφάλειας και της ψυχαγωγίας τους μέσω της διαχείρισης της τεχνολογίας εντός του σπιτιού και των συνδέσεων με κόσμος πέρα». Ο ορισμός τους αγκάλιασε την τεχνολογική συνιστώσα του φαινομένου, τις υπηρεσίες και τις λειτουργίες που παρέχει και τα είδη των αναγκών των χρηστών που έξυπνα σπίτια ως στόχο να ανταποκριθεί (Marikyan et. al., 2019).

Μια παρόμοια προσέγγιση ακολουθήθηκε από τον ορισμό του Lutolf, ο οποίος περιέγραψε τα έξυπνα σπίτια ως «την ενσωμάτωση διαφορετικών υπηρεσιών μέσα σε ένα σπίτι χρησιμοποιώντας ένα κοινό σύστημα επικοινωνίας. Εξασφαλίζει μια οικονομική, ασφαλή και άνετη λειτουργία του σπιτιού και περιλαμβάνει υψηλό βαθμό ευφυούς λειτουργικότητας και ευελιξίας». Αν και οι δύο ορισμοί μοιράζονται παρόμοιες αρχές, διαφέρουν στις υπηρεσίες που παρέχει η τεχνολογία και τους τύπους χρηστών που πρέπει να ικανοποιήσει (Alam et. al., 2012). Γενικότερα, η πλειονότητα των μελετητών αναφέρεται σε τεχνολογικά χαρακτηριστικά κατά τον ορισμό των έξυπνων σπιτιών (Balta- Ozkan et al., 2013). Ο ορισμός αναφέρει ότι «το έξυπνο σπίτι είναι μια κατοικία εξοπλισμένη με δίκτυο υψηλής τεχνολογίας, που συνδέει αισθητήρες και οικιακές συσκευές, συσκευές και δυνατότητες που μπορούν να παρακολουθούνται, να έχουν πρόσβαση ή να ελέγχονται από απόσταση, και παρέχουν υπηρεσίες που ανταποκρίνονται στις ανάγκες των κατοίκων της».

Οι De Silva και άλλοι μελετητές ακολούθησαν μια παρόμοια προσέγγιση χωρίς να προσδιορίσει τα τεχνολογικά στοιχεία των έξυπνων σπιτιών. Οι συγγραφείς δήλωσαν ότι είναι «ένα οικιακό

## Κεφάλαιο 2

περιβάλλον που διαθέτει περιβαλλοντική νοημοσύνη και αυτόματο έλεγχο, το οποίο του επιτρέπει να ανταποκρίνεται στη συμπεριφορά των κατοίκων και να τους παρέχει διάφορες εγκαταστάσεις». Η τεχνολογική προοπτική υποστηρίχθηκε επίσης από τον Diegel και τους συνεργάτες του, οι οποίοι το περιέγραψαν ως σύστημα, βελτιωμένο με τέσσερα επίπεδα ευφυΐας, δηλαδή έξυπνες συσκευές, έξυπνο έλεγχο, έξυπνη διαχείριση και έξυπνους αισθητήρες. Η ολοκλήρωση και η συνεργασία αυτών των τεσσάρων επιπέδων εξυπνάδα δημιουργεί ένα περιβάλλον διαβίωσης στο σπίτι (De Silva et. al., 2012).

Ο ορισμός βάσει υπηρεσίας / περιβάλλοντος είναι μια άλλη προσέγγιση για τον ορισμό του έξυπνου σπιτιού. Από τις προοπτικές των Reinisch και Scott, η κύρια υπηρεσία που προσφέρει ένα έξυπνο σπίτι είναι η διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας. Το όραμα των Reinisch και συνεργατών είναι ότι ένα έξυπνο σπίτι είναι εξοπλισμένο με πολλές συσκευές που συνεργάζονται μεταξύ τους ως ένα ομοιογενές σύστημα για την παρακολούθηση ηλεκτρονικών συσκευών, την προώθηση της αποτελεσματικής διαχείρισης της ενέργειας και της βιωσιμότητας. Ο Scott διευκρίνισε ότι η υπηρεσία ενεργοποιείται με την ενσωμάτωση τεχνολογικών χαρακτηριστικών, όπως η έξυπνη θέρμανση και οι έξυπνοι μετρητές. Αυτή η ομάδα ορισμών δίνει μεγαλύτερη έμφαση στη βιωσιμότητα και την κατανάλωση ενέργειας και προωθεί τις δυνατότητες των έξυπνων οικιακών υπηρεσιών για τη βελτίωση της άνεσης των χρηστών. Εστιάζοντας σε διαφορετικό πλαίσιο, ο Chan τόνισε τις ανάγκες υγειονομικής περίθαλψης από την προοπτική των ηλικιωμένων χρηστών. Αυτός ο ορισμός αναφέρει ότι «το έξυπνο σπίτι είναι ένα σπίτι, το οποίο υπόσχεται να παρέχει οικονομικά αποδοτική φροντίδα στο σπίτι για τον γηράσκοντα πληθυσμό και τους ευάλωτους χρήστες». Υπάρχουν πολλές άλλες εννοιολογικές εξηγήσεις που υποστηρίζουν την έννοια της τεχνολογίας έξυπνου σπιτιού για την κάλυψη των αναγκών των ηλικιωμένων, την ενίσχυση της ποιότητας ζωής και την προώθηση της ανεξάρτητης διαβίωσης για τους κατοίκους. Η τηλεκατευθυνόμενη υποστηρικτική τεχνολογία επέτρεψε να προτείνει τις υπηρεσίες που θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις ενός ηλικιωμένου πληθυσμού (Yang et. al., 2018)

Υπάρχει σημαντική αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των προαναφερθέντων ορισμών, οι οποίοι μοιράζονται τρία κοινά χαρακτηριστικά: τεχνολογία, υπηρεσίες και ικανότητα ικανοποίησης των αναγκών των χρηστών. Ο πυρήνας του έξυπνου σπιτιού είναι η τεχνολογία, η οποία αποτελείται από στοιχεία υλικού και λογισμικού, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων και οικιακών συσκευών. Ως αντικείμενα ή ηλεκτρονικές συσκευές, οι αισθητήρες είναι ικανοί να ανιχνεύουν αλλαγές στην ανθρώπινη συμπεριφορά και άλλα ερεθίσματα από το περιβάλλον.

Οι αισθητήρες ενσωματώνονται στις οικιακές συσκευές μέσω ασύρματων και ενσύρματων συστημάτων που καθιστούν δυνατή την παρακολούθηση των κατοίκων όταν παρακολουθούν τηλεόραση, μαγείρεμα, ύπνο, καθαρισμό και κάνουν μια σειρά από άλλες δραστηριότητες. Το σύστημα αντιπροσωπεύει παραστάσεις συσκευών και αισθητήρων που παράγουν μια μεταβλητότητα λειτουργιών και υπηρεσιών, προσαρμοσμένων στις ανάγκες των κατοίκων (Alemdar & Ersoy, 2010).

Με άλλα λόγια, η αρχιτεκτονική της τεχνολογίας καθορίζει τις υπηρεσίες και τα οφέλη που ταιριάζουν στο έξυπνο σπίτι που προσφέρει. Όσον αφορά την υποστήριξη τρόπου ζωής, ένα έξυπνο σπίτι αντιπροσωπεύει ένα σπίτι με αισθητήρες και οικιακές συσκευές, που συνδέονται μέσω ενός δικτύου επικοινωνίας. Δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να ελέγχουν από απόσταση οικιακές συσκευές και να μειώνουν το βάρος των καθημερινών οικιακών δραστηριοτήτων.

Οι συνδεδεμένες συσκευές παρέχουν την ευκαιρία στους έξυπνους κατοίκους του σπιτιού να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τη χρήση ενέργειας, βελτιώνοντας παράλληλα την άνεση στην καθημερινή τους ρουτίνα. Οι πλήρως αυτοματοποιημένες συσκευές έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής και να ενθαρρύνουν την ανεξάρτητη διαβίωση των κατοίκων, ειδικά για έναν γηράσκοντα πληθυσμό μέσω συνεχούς διαχείρισης της υγείας, και παρέχουν ακόμη και εικονική ιατρική βοήθεια σε περιπτώσεις ανάγκης. Το έξυπνο σπίτι αντιπροσωπεύει έξυπνες συσκευές και αισθητήρες που είναι ενσωματωμένοι σε ένα ευφυές σύστημα, προσφέροντας υπηρεσίες διαχείρισης, παρακολούθησης, υποστήριξης και απόκρισης

## Κεφάλαιο 2

και καλύπτουν μια σειρά από οικονομικά, κοινωνικά, συναφή με την υγεία, συναισθηματικά, βιώσιμα και οφέλη ασφαλείας.

### 2.2.2 Δυνατότητες

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει τις δύο κύριες τυπολογίες των τεχνολογιών έξυπνου σπιτιού που προτείνουν οι De Silva και Bowes, οι οποίοι κατασκεύασαν τρεις τύπους έξυπνων σπιτιών, ταξινομώντας τους βάσει των τύπων υπηρεσιών που προωθούν. Η πρώτη κατηγορία έξυπνων σπιτιών παρέχει βοήθεια στους κατοίκους αναγνωρίζοντας τις ενέργειές τους. Αυτός ο τύπος σπιτιού προάγει την ευημερία των κατοίκων μέσα στο σπίτι. Οι υπηρεσίες που αυτά τα έξυπνα σπίτια παρέχουν χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: Τα σπίτια που παρέχουν φροντίδα για τη γήρανση του πληθυσμού, βοηθώντας στη φροντίδα των παιδιών και τη γενική φροντίδα υγείας (Kim et al., 2010).

Ο δεύτερος τύπος στοχεύει στον εντοπισμό και τη συλλογή πληροφοριών πολυμέσων με τη μορφή βίντεο και φωτογραφιών της ζωής των επιβατών. Αυτός ο τύπος έξυπνου σπιτιού μπορεί να εγείρει ανησυχίες σχετικά με την προστασία της ιδιωτικής ζωής και την αίσθηση της εισβολής.

Ο τρίτος τύπος είναι το «σπίτι επιτήρησης». Αυτό στοχεύει στην επεξεργασία δεδομένων για πρόβλεψη και ειδοποίηση των κατοίκων σε περίπτωση επερχόμενων φυσικών καταστροφών ή παρεμβάσεων ασφαλείας. Η λειτουργία αυτών των έξυπνων σπιτιών είναι να συλλαμβάνει τα δεδομένα από το περιβάλλον για να εντοπίζει και να ενημερώνει τους ανθρώπους για απειλές διάρρηξης. Σχεδόν κάθε έργο έχει καταφέρει να συνδυάζει όλες τις υπηρεσίες που το σπίτι επιτήρησης έχει ως στόχο να προσφέρει (Marikyan et al., 2019).

Η τυπολογία των έξυπνων σπιτιών που παρέχονται από τους De Silva και τους συνεργάτες μπορεί ενδεχομένως να επεκταθεί με μια επιπλέον κατηγορία. Ορισμένοι μελετητές αναγνώρισαν ότι η αναδυόμενη ώθηση για οικολογική ευαισθητοποίηση οδήγησε σε έναν ειδικό τύπο έξυπνου σπιτιού. Αυτά τα έξυπνα σπίτια στοχεύουν στην προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, επιτρέποντας στους κατοίκους να παρακολουθούν και να ελέγχουν την ενεργειακή τους

## Κεφάλαιο 2

προσφορά έναντι της ζήτησης. Η βιβλιογραφία παρουσιάζει το έξυπνο σπίτι ως μια νέα και βαθιά λύση για τη μείωση της χρήσης ενέργειας και την προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

Ειδικοί αισθητήρες και συστήματα αυτόματης παρακολούθησης σε έξυπνα σπίτια καθιστούν δυνατή την επίτευξη μείωσης της χρήσης ενέργειας χωρίς εισβολή στη ζωή των κατοίκων και την ανάγκη αλλαγής συμπεριφοράς.

Ακολουθώντας τις μελέτες που ανέπτυξαν οι Doughty, Brownsell, Bradley και Bowes ταξινόμησαν την έξυπνη οικιακή τεχνολογία και τα συστήματα τηλεπικοινωνιών σε τέσσερις γενιές με βάση το επίπεδο τεχνολογικής πολυπλοκότητας. Η κατηγοριοποίηση επέτρεψε να δούμε την εξέλιξη της έξυπνης τεχνολογίας στο σπίτι και των υπηρεσιών τηλεφροντίδας (Marikyan et. al., 2019).

Τα συστήματα έξυπνου σπιτιού πρώτης γενιάς αντιπροσώπευαν τις τεχνολογίες που δεν είναι ενσωματωμένες στην τεχνητή νοημοσύνη (AI), αλλά οι οποίες ενεργοποιήθηκαν από τις κινήσεις των κατοίκων.

Η οικιακή τεχνολογία δεύτερης γενιάς χρησιμοποίησε στοιχειώδεις μορφές συσκευών που βασίζονται σε τεχνολογία AI. Έχουν σχεδιαστεί για την ανίχνευση αλλαγών στο περιβάλλον μέσω αισθητήρων, για την παρακολούθηση των συνθηκών υγείας και την ανίχνευση ασυνέπειας του σώματος μέσω φορητών συσκευών και για βοήθεια σε καθημερινές εργασίες μέσω εσωτερικών συσκευών με ενσωματωμένα προγράμματα λειτουργίας.

Ενώ η οικιακή τεχνολογία δεύτερης γενιάς είχε αυτόνομες συσκευές, η τρίτη γενιά σηματοδότησε την εποχή της διαλειτουργικότητας και της πολυλειτουργικότητας της τεχνολογίας. Αυτό ήταν δυνατό λόγω της εισαγωγής του φωνητικού ενεργοποιημένου ελέγχου και της συνδεσιμότητας με άλλες συσκευές που κατέστησαν δυνατή τη λήψη, την επεξεργασία και τη μετάδοση δεδομένων εντός του δικτύου συσκευών (Dias et al., 2012).

Η τέταρτη γενιά έξυπνων οικιακών τεχνολογιών προβλέπεται να τεθεί σε ισχύ έως το 2020 και θα αντικαταστήσει τους υπάρχοντες αισθητήρες από εκείνους που είναι ενσωματωμένοι κάτω

από το δέρμα. Αυτοί οι αισθητήρες έχουν μεγάλες δυνατότητες για απομακρυσμένη παρακολούθηση και διαχείριση της υγείας.

Οι έξυπνες οικιακές υπηρεσίες μπορούν να προστεθούν στα σπίτια σταδιακά, δημιουργώντας αποτελεσματικά ένα φάσμα πέρα από ένα «παραδοσιακό σπίτι» και ένα «πλήρως έξυπνο» σπίτι. Έχοντας αυτό κατά νου, ακαδημαϊκοί ερευνητές και πάροχοι έξυπνων οικιακών υπηρεσιών προσπάθησαν να παρατηρήσουν και να εξετάσουν τις δραστηριότητες των επιβατών σε παραδοσιακά σπίτια. Μέσα από την πρακτική αυτή των ερευνητικών μελετών και του σχεδιασμού έξυπνων σπιτιών, οι μελετητές παρέχουν κατευθυντήριες γραμμές για την ανάπτυξη των τεχνολογιών των έξυπνων σπιτιών που θα παράγουν διαφορετικές υπηρεσίες, για τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων ( Marikyan et. al., 2019).

Για τους σκοπούς της συστηματοποίησης των έξυπνων οικιακών υπηρεσιών, η σχετική βιβλιογραφία αναλύθηκε προσδιορίζοντας τα κοινώς επαναλαμβανόμενα μοτίβα. Ο προσδιορισμός κοινών προτύπων κατέστησε δυνατή την ταξινόμηση των υπηρεσιών με βάση τις έξυπνες συσκευές και τις λειτουργίες που παρέχουν.

Ορισμένες ερευνητικές μελέτες προσπάθησαν να κατανοήσουν πρακτικά την τεχνική πλευρά του έξυπνου σπιτιού. Με την πάροδο των ετών, σημειώθηκε σταδιακή μετάβαση από την εξέταση της τεχνικής πλευράς των έξυπνων σπιτιών προς την προοπτική του χρήστη (Solaimani et al., 2015).

### 2.2.3 Οφέλη και Μειονεκτήματα

Η βιβλιογραφία συζητά τα πιθανά και αντιληπτά οφέλη των έξυπνων σπιτιών από την άποψη των άμεσων πλεονεκτημάτων που τα έξυπνα σπίτια θα μπορούσαν να προσφέρουν στους χρήστες και τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις τους στη ζωή των χρηστών και στο περιβάλλον. Τα έγγραφα με επικέντρωση στα πιθανά οφέλη που θεωρούν πιθανή θετική έκβαση της έξυπνης τεχνολογίας στο σπίτι αξιοποίηση από τους χρήστες. Οι μελέτες σχετικά με αναμενόμενα οφέλη εξετάσει τις αντιλήψεις των χρηστών της έξυπνης τεχνολογίας στο σπίτι και την κινητήρια επίδραση της αντίληψης για την αποδοχή της τεχνολογίας ( Birchley et . Al., 2017).

Η αντιπαραβολή των αντιληπτών πλεονεκτημάτων έναντι των πιθανών αποδεικνύει τις αποκλίσεις και τις αλληλεπικαλύψεις μεταξύ των δύο προοπτικών. Η προοπτική του χρήστη καθιστά δυνατή την κατανόηση των παραγόντων που υποστηρίζουν την προώθηση έξυπνων σπιτιών στην αγορά.

## 2.2.4 Οφέλη

### **Οφέλη που σχετίζονται με την υγεία:**

Η έξυπνη τεχνολογία στο σπίτι μπορεί να υποστηρίξει τη γήρανση του πληθυσμού, τα ευάλωτα άτομα και τα άτομα με χρόνιες παθήσεις τόσο εντός όσο και εκτός του σπιτιού. Τα οφέλη που σχετίζονται με την υγεία μπορούν να επιτευχθούν όταν η τεχνολογία παρέχει τις υπηρεσίες λειτουργικής αποτελεσματικότητας (άνεση), παρακολούθησης και διαχείρισης και παροχής συμβουλών. Τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας για άτομα με προβλήματα υγείας είναι οι λειτουργικές λειτουργίες, η προσβασιμότητα και η διαθεσιμότητα της φροντίδας και η ασφάλεια των χρηστών, με αποτέλεσμα ποιοτική υγειονομική περίθαλψη.

Η δεύτερη λειτουργία του έξυπνου σπιτιού όσον αφορά την υγεία των χρηστών είναι η παρακολούθηση και η διαχείριση των ασθενειών. Η γνωστική κατάσταση των ηλικιωμένων μπορεί να παρακολουθείται μέσω έξυπνων οικιακών συσκευών, οι οποίες μπορούν να προειδοποιούν τους χρήστες σε περίπτωση ασυνέπειας στην υγεία. Αυτές οι καινοτόμες δράσεις που επιτρέπουν στους επαγγελματίες να παρακολουθούν την υγεία από απόσταση, τον εντοπισμό απειλητικών για τη ζωή αλλαγές σε πρώιμο στάδιο και να παρέχουν ακόμη μακρινή ιατρική περίθαλψη όταν είναι απαραίτητο (Talal et. al., 2019).

Κατά την παρακολούθηση χρόνιων παθήσεων, η χρήση αρχείων ηλεκτρονικής υγείας, απομακρυσμένης διαχείρισης και ηλεκτρονικών συνταγών βελτιστοποιεί τα δεδομένα και

## Κεφάλαιο 2

συμβάλλει στην τήρηση μητρώου, ενδεχομένως οδηγώντας σε μείωση των ιατρικών σφαλμάτων. Τέλος, η συμβουλευτική λειτουργία έξυπνων οικιακών εφαρμογών που υλοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των εικονικών ιατρικών επισκέψεων στοχεύει στην προώθηση της ευημερίας ενός γηράσκοντος πληθυσμού μέσω της αντικατάστασης των φυσικών επισκέψεων σε κλινικές και νοσοκομεία με απομακρυσμένη ιατρική θεραπεία ή διαβούλευση (Farid, 2019).

Από την οπτική γωνία των χρηστών, οι υπηρεσίες άνεσης, εξ αποστάσεως συμβουλευτικής και παρακολούθησης που σχετίζονται με την υγεία δεν θεωρούνται πάντοτε οφέλη και επηρεάζουν αμφίσημα τις προθέσεις χρήσης έξυπνης τεχνολογίας στο σπίτι. Από τη μία πλευρά, εμπειρικές μελέτες έχουν αναφέρει ότι οι ερωτηθέντες ήταν γενικά θετικοί απέναντι στην τεχνολογία έξυπνων σπιτιών, περιγράφοντας ορισμένα οφέλη.

Μεταξύ των πλεονεκτημάτων που προτιμούσαν περισσότερο οι συμμετέχοντες ήταν ο χρόνος και η αποδοτικότητα κόστους που μπορεί να προσφέρει η τηλεπικοινωνία σε σύγκριση με τις φυσικές επισκέψεις σε νοσοκομεία.

Η μελέτη του Kerbler, από την άλλη πλευρά, αποκάλυψε ότι οι ηλικιωμένοι χρήστες είναι δύσπιστοι για τα οφέλη που μπορεί να αποφέρει η έξυπνη οικιακή τεχνολογία. Η διαφορά στα αποτελέσματα της έρευνας του Kerbler μπορεί να εξηγηθεί από τη γεωγραφική θέση στην οποία πραγματοποιήθηκε η έρευνα, η οποία μπορεί να αντικατοπτρίζει την ποικιλία του επιπέδου τεχνολογικής ευαισθητοποίησης. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί ενδεχομένως να μετριάσει την ποικιλία των αντιλήψεων σχετικά με την υποστηρικτική τεχνολογία σε έξυπνα σπίτια σε όλες τις χώρες (Marikyan et. al., 2019).

### **Περιβαλλοντικά οφέλη:**

Τα έξυπνα σπίτια έχουν γίνει η πλέον σύγχρονη τεχνολογία στη μείωση και παρακολούθηση της χρήσης ενέργειας σε ένα οικιστικό περιβάλλον. Οι αναδυόμενες απειλές, όπως η κλιματική αλλαγή, η υπερθέρμανση του πλανήτη και η αστάθεια στις τιμές της ενέργειας, πυροδότησαν το ενδιαφέρον για έξυπνα συστήματα. Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών συσκευών και καινοτόμων τεχνολογιών κατέστησε δυνατή τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης και χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Το όφελος της ενεργειακής απόδοσης κατέστη δυνατή μέσω της εφαρμογής τεσσάρων υπηρεσιών:

- 1) παρακολούθηση των πληροφοριών σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας,
- 2) έλεγχος των προτύπων κατανάλωσης μέσω απομακρυσμένων συσκευών και άμεσος έλεγχος,
- 3) διαχείριση της υπηρεσίας, με στόχο την επίτευξη αποδοτικότητας και βελτιστοποίησης και
- 4) παροχή συμβουλών.

Σε εθνική κλίμακα, ο μεγαλύτερος έλεγχος της χρήσης ενέργειας μπορεί να εξαλείψει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και να οδηγήσει στη μετατροπή των παραδοσιακών ενεργειακών συστημάτων σε ανανεώσιμες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ερευνητική προσπάθεια έχει ήδη επενδυθεί στη μελέτη της εφαρμογής της αιολικής, της ηλιακής, της βιομάζας και της γεωθερμικής ενέργειας στα έξυπνα οικιακά συστήματα ενέργειας. Η εμπέδωση των ανανεώσιμων συστημάτων σε έξυπνα σπίτια θα μπορούσε να επιταχύνει την έκβαση των σοφών της ηλεκτρικής ενέργειας και της διαχείρισης της ζήτησης (Aman et. al., 2013).

Παρά τη συνεχιζόμενη συζήτηση σχετικά με το ρόλο της έξυπνης τεχνολογίας στο σπίτι στην οικολογική βιωσιμότητα, ορισμένες μελέτες υιοθετούν την προοπτική του χρήστη διαφοροποιώντας τα αντιληπτά οφέλη από τα πιθανά.

Μια συγκριτική μελέτη αποκάλυψε ότι μεταξύ των χρηστών από διαφορετικές χώρες, οι αγροτικές και αστικές περιοχές έχουν διαφορετικές στάσεις απέναντι στο περιβαλλοντικό όφελος. Κατά

## Κεφάλαιο 2

συνέπεια, η επιρροή αυτού του παράγοντα στην πρόθεση να στραφεί σε έξυπνη τεχνολογία στο σπίτι ποικίλλει. Η μελέτη αποκάλυψε ότι η περιβαλλοντική βιωσιμότητα έχει ενδιαφέρον για έξυπνα συστήματα. Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών συσκευών και καινοτόμων τεχνολογιών κατέστησε δυνατή τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης και χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Το όφελος της ενεργειακής απόδοσης κατέστη δυνατή μέσω της εφαρμογής τεσσάρων υπηρεσιών:

- 1) παρακολούθηση των πληροφοριών σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας,
- 2) έλεγχος των προτύπων κατανάλωσης μέσω απομακρυσμένων συσκευών και άμεσος έλεγχος,
- 3) διαχείριση της υπηρεσίας, με στόχο την επίτευξη αποδοτικότητας και βελτιστοποίησης και
- 4) παροχή συμβουλών.

Σε εθνική κλίμακα, ο μεγαλύτερος έλεγχος της χρήσης ενέργειας μπορεί να εξαλείψει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και να οδηγήσει στη μετατροπή των παραδοσιακών ενεργειακών συστημάτων σε ανανεώσιμες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ερευνητική προσπάθεια έχει ήδη επενδυθεί στη μελέτη της εφαρμογής της αιολικής, της ηλιακής, της βιομάζας και της γεωθερμικής ενέργειας στα έξυπνα οικιακά συστήματα ενέργειας. Η εμπέδωση των ανανεώσιμων συστημάτων σε έξυπνα σπίτια θα μπορούσε να επιταχύνει την έκβαση των σοφών της ηλεκτρικής ενέργειας και της διαχείρισης της ζήτησης (Aman et. al., 2013).

Παρά τη συνεχιζόμενη συζήτηση σχετικά με το ρόλο της έξυπνης τεχνολογίας στο σπίτι στην οικολογική βιωσιμότητα, ορισμένες μελέτες υιοθετούν την προοπτική του χρήστη διαφοροποιώντας τα αντιληπτά οφέλη από τα πιθανά.

Μια συγκριτική μελέτη αποκάλυψε ότι μεταξύ των χρηστών από διαφορετικές χώρες, οι αγροτικές και αστικές περιοχές έχουν διαφορετικές στάσεις απέναντι στο περιβαλλοντικό όφελος. Κατά συνέπεια, η επιρροή αυτού του παράγοντα στην πρόθεση να στραφεί σε έξυπνη τεχνολογία στο σπίτι ποικίλλει. Η μελέτη αποκάλυψε ότι η περιβαλλοντική βιωσιμότητα έχει

## Κεφάλαιο 2

καταστεί ένας πιο σημαντικός παράγοντας για τους χρήστες στις αγροτικές περιοχές. Αυτό το αποτέλεσμα εξηγείται από τον ισχυρότερο ρόλο του οικονομικού οφέλους για τους πολίτες των πόλεων, ο οποίος υπερτερεί της περιβαλλοντικής ανησυχίας. Η ποικιλία των προτύπων κατανάλωσης, στάσεις και αξίες θα μπορούσαν ενδεχομένως να εξηγηθεί από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων του τύπου περιβλήματος, τη διαθεσιμότητα των υπηρεσιών, των κοινωνικών επαφών μεταξύ άλλων (Irfan et. al., 2020).



### **Οικονομικό όφελος:**

Τα οικονομικά οφέλη των έξυπνων σπιτιών συνδέονται συνήθως με τα οφέλη που σχετίζονται με το περιβάλλον και την υγεία. Ενώ, μακροπρόθεσμα, η χρήση συσκευών εξοικονόμησης ενέργειας οδηγεί σε περιβαλλοντική βιωσιμότητα, το άμεσο όφελος της αποτελεσματικής διαχείρισης της κατανάλωσης ενέργειας είναι η μείωση των δαπανών ηλεκτρικής ενέργειας. Τα οικονομικά οφέλη μπορούν να πραγματοποιηθούν με δύο τρόπους. Πρώτον, η χρήση έξυπνων ηλεκτρικών συσκευών και έξυπνων μετρητών οδηγεί σε μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση σχετικά με τις συνήθειες κατανάλωσης, με τακτική παρακολούθηση της χρήσης ενέργειας. Δεύτερον, η διαφάνεια της κατανάλωσης ενέργειας καθιστά δυνατή τη σύγκριση των τιμολογίων με άλλους παρόχους ενέργειας. Σε αντίθεση με τα πιθανά οφέλη, τα αντιληπτά οικονομικά οφέλη έχουν μελετηθεί ως μια ξεχωριστή ομάδα παραγόντων που υποστηρίζουν το κίνητρο και την πρόθεση των χρηστών να στραφούν από τις παραδοσιακές οικιακές συσκευές σε έξυπνες. Παρά τα συχνά αναφερόμενα οικονομικά οφέλη από τη χρήση έξυπνων σπιτιών, οι μελέτες καταναλωτών δεν επιβεβαίωσαν αυτήν την υπόθεση. Για παράδειγμα, λόγω του αντιληπτού κόστους συντήρησης και των σχετικά χαμηλών κερδών, οι χρήστες δεν θεωρούν οικονομικά οφέλη λόγω υιοθέτησης (Schieweck et al., 2018).

Μια άλλη εμπειρική μελέτη σχετικά με τα αντιληπτά εμπόδια και τους οδηγούς των έξυπνων σπιτιών αποκάλυψε ότι οι χρήστες ενδιαφέρονται γενικά για την απόκτηση τεχνολογίας έξυπνων σπιτιών, λόγω της ικανότητάς του να μειώνει τα έξοδα κατανάλωσης ενέργειας. Ωστόσο, η

## Κεφάλαιο 2

άποψη ότι η επένδυση σε τέτοιες τεχνολογίες δεν οδηγεί στην αναμενόμενη απόδοση επένδυσης υπογραμμίζει την απροθυμία των χρηστών να υιοθετήσουν έξυπνες οικιακές τεχνολογίες. Επιπλέον, η ισχύς της κινητήριας δύναμης του οικονομικού οφέλους εξαρτάται από τις δύο προϋποθέσεις που πρέπει να εξεταστούν κατά την ανάλυση της αντίληψης για τα οικονομικά οφέλη των έξυπνων σπιτιών: τη θέση στην οποία εφαρμόζεται η τεχνολογία και τη σχετική σημασία άλλων κινήτρων. Οι γεωγραφικές διαφορές των χρηστών μπορεί να έχουν θετική σχέση με την κοινωνικοοικονομική κατάσταση, συνεπώς, με αποτέλεσμα διαφορετικές αντιλήψεις για τον παράγοντα κόστους. Για παράδειγμα, οι χρήστες από χώρες με υψηλότερη χρηστική νοοτροπία και μη αστικές περιοχές θα μπορούσαν να είναι πιο ευαίσθητοι στο όφελος της τεχνολογίας που εξοικονομεί κόστος (Sovacool & Del Rio, 2020).

Σε σχέση με άλλα οφέλη, ο χρηματοοικονομικός παράγοντας μπορεί να διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ή δευτερεύοντα ρόλο. Η ευκολία και η συμβατότητα της τεχνολογίας σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να υπερτερούν της κυριαρχίας του οικονομικού οφέλους. Αυτοί οι παράγοντες αναφέρονται στη συνδεσιμότητα της έξυπνης οικιακής τεχνολογίας με άλλα στοιχεία του σπιτιού που αυξάνουν την αξιοπιστία της υπηρεσίας και βελτιώνουν την εμπειρία του χρήστη. Τα πιθανά οικονομικά οφέλη συνδέονται επίσης με τα οφέλη που σχετίζονται με την υγεία, σύμφωνα με τα οποία η στροφή προς το homecare μπορεί να οδηγήσει σε οικονομική εξοικονόμηση για τους χρήστες. Αναγνωρίζοντας το αυξανόμενο ενδιαφέρον και τις συζητήσεις σχετικά με την αποδοτικότητα κόστους της κατ' οίκον φροντίδας σε σύγκριση με την παραδοσιακή ιατρική περίθαλψη, οι μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αποδοτικότητα κόστους εξαρτάται από την κατάσταση της υγείας του ασθενούς και το πακέτο υπηρεσιών που πρέπει να λάβει. Αυτό το εύρημα υποδηλώνει ότι το οικονομικό όφελος είναι ένας παράγοντας που εξαρτάται από το περιβάλλον και μπορεί να επηρεάσει ή όχι να επηρεάσει την απόφαση χρήσης της τεχνολογίας

## **Ψυχολογική ευημερία και κοινωνική ένταξη:**

Τα έξυπνα σπίτια μπορούν να βελτιώσουν την κοινωνικοποίηση και ακόμη και να βοηθήσουν τους χρήστες να ξεπεράσουν το αίσθημα της απομόνωσης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή υπηρεσιών που σχετίζονται με υποστήριξη και βοήθεια. Η δυνατότητα της έξυπνης οικιακής τεχνολογίας να βοηθά και να υποστηρίζει άτομα με καθημερινές δραστηριότητες επηρεάζει την αυτοαντίληψη όσον αφορά την αυτοεκτίμηση, την προσαρμοστικότητα και την ικανότητα. Η αυτοαντίληψη ορίζεται ως ψυχοκοινωνικός αντίκτυπος και αναφέρεται στην αξιολόγηση της θέσης κάποιου στη ζωή μέσα στο πλαίσιο, τον πολιτισμό και τις αξίες και σε σχέση με τις προσδοκίες του. Ωστόσο, μελέτες σχετικά με τα αντιληπτά οφέλη σπάνια υποστηρίζουν αυτήν τη δήλωση. Για παράδειγμα, οι χρήστες ενδέχεται να μην επιθυμούν να χρησιμοποιούν υποστηρικτικές τεχνολογίες, λόγω ανησυχιών ότι θα στιγματιστούν και θα χαρακτηριστούν ως ευάλωτα άτομα. Επιπλέον, έχει αναφερθεί ότι οι έξυπνες οικιακές τεχνολογίες μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την κοινωνική τους ζωή, αντικαθιστώντας την πραγματική πρόσωπο με πρόσωπο επικοινωνία. Η απομόνωση από την κοινωνική και σωματική αλληλεπίδραση θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα της ανεξαρτησίας υποστήριξης ηλικιωμένων και ευάλωτων χρηστών που ενισχύεται από την τεχνολογία. Τα προαναφερθέντα ευρήματα υποδηλώνουν ότι ο ρόλος της τεχνολογίας στη φυσική ή λειτουργική ανεξαρτησία αντιπροσωπεύει ένα νόμισμα με δύο πλευρές.

Ο Balta-Ozkan και οι συνεργάτες του έχουν εγείρει ανησυχία σχετικά με τον αντίκτυπο του οικονομικού παράγοντα στην κοινωνικοποίηση των χρηστών. Σύμφωνα με αυτούς τους συγγραφείς υπάρχει απειλή ότι μόνο οι χρήστες με υψηλότερο εισόδημα μπορούν να επωφεληθούν από την έξυπνη οικιακή τεχνολογία και να βιώσουν την κοινωνική ένταξη στην κοινωνία των κατόχων τεχνολογίας πολυτελείας. Η τεχνολογία θα είχε διχαστικό αντίκτυπο και θα δημιουργούσε ένα κοινωνικό χάσμα μεταξύ των δικαιούχων της τεχνολογίας και των

οικονομικών τρίτων. Παρόλα αυτά, δεδομένης της ταχείας εξέλιξης της τεχνολογίας και του προσανατολισμού των παραγωγών της τεχνολογίας στην κανονική αγορά, οι έξυπνες τεχνολογίες σπíti αναμένεται να γίνει πιο προσιτή την πάροδο του χρόνου και αυτό δεν μπορεί να είναι ένα ζήτημα στο μέλλον (Wilson et. al., 2017).

### 2.2.5 Εμπόδια & Μειονεκτήματα

Παρά τα πιθανά οφέλη των έξυπνων σπιτιών, το ποσοστό υιοθέτησης και διάδοσης παραμένει χαμηλό. Είναι επομένως σημαντικό να εξεταστεί η αποδοχή και υιοθέτηση έξυπνων σπιτιών και η προοπτική των χρηστών σχετικά με τα εμπόδια που ενδέχεται να εμποδίσουν την εφαρμογή των έξυπνων σπιτιών. Η ενότητα περιγράφει τα κύρια τεχνολογικά εμπόδια που θεωρήθηκαν ως το σημαντικότερο εμπόδιο όσον αφορά την υιοθέτηση της έξυπνης οικιακής τεχνολογίας. Ελαφρώς μικρότερη έμφαση δόθηκε στις ανησυχίες που σχετίζονται με την οικονομική, ηθικά και νομικά ζητήματα και τα εμπόδια που προκαλούνται από το κενό της γνώσης και την ψυχολογική αντίσταση (Balta- Ozkan et. al., 2013).

#### **Τεχνολογικά εμπόδια:**

Η τεχνολογία είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας που πρέπει να αντιμετωπιστεί κατά την ανάπτυξη έξυπνων σπιτιών. Μπορεί να περιγραφεί ως η αντίληψη των χρηστών για τη συμβατότητα της τεχνολογίας, τη συνδεσιμότητα και την αξιοπιστία του συστήματος. Αυτοί οι τρεις παράγοντες συνδέονται στενά με την αντίληψη της χρησιμότητας της τεχνολογίας. Σύμφωνα με αυτήν την προοπτική, οι μελέτες υιοθέτησης έξυπνης οικιακής τεχνολογίας αυξάνουν σταδιακά την εστίασή τους στα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας που θα

μπορούσαν ενδεχομένως να θέσουν απειλές στους χρήστες και να επηρεάσουν την αντίληψη της τεχνολογίας.

Η αυτοματοποίηση της τεχνολογίας, η κινητικότητα και η διαλειτουργικότητα θεωρούνται ότι διευκολύνουν τους παράγοντες υιοθέτησης. Επιπλέον, το εμπόδιο χρηστικότητα, το οποίο αναφέρεται στην αξιοπιστία και την ευκολία χρήσης, αποδείχθηκε ότι διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην αποδοχή της έξυπνης οικιακής τεχνολογίας, με την οποία η πολυπλοκότητα της τεχνολογίας οδηγεί σε άρνηση να την υιοθετήσει. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετές τρέχουσες έξυπνες οικιακές συσκευές που είναι πολύπλοκες στη χρήση. Δεδομένου ότι η πλειοψηφία των έξυπνων σχεδίων σπιτιών που χρησιμοποιείται για να είναι καθαρά τεχνική, την πλευρά του χρήστη για την ευκολία της χρήσης ήταν υπό μελέτη. Ο παράγοντας αξιοπιστίας σχετίζεται με τη δυνατότητα της τεχνολογίας να εξυπηρετεί τους χρήστες για μεγάλο χρονικό διάστημα, με τις προσδοκίες του κύκλου ζωής ενός προϊόντος να είναι συνήθως τουλάχιστον 5 έως 10 χρόνια. Οι χρήστες αναμένουν από τα έξυπνα σπίτια να αναγνωρίσουν τις ανάγκες τους και να παρέχουν προσαρμοσμένη βοήθεια. Ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι οι άνθρωποι είναι γενικά σκεπτικοί σχετικά με την αξιοπιστία των έξυπνων οικιακών προϊόντων. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι τα έξυπνα σπίτια έχουν αρχίσει να κινούνται προς την μαζική αγορά, είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία, παρέχοντας ασφαλείς υπηρεσίες στους δυνητικούς χρήστες (Nilsson et al., 2018).

### **Οικονομικά, ηθικά και νομικά ζητήματα:**

Η δεύτερη ομάδα εμποδίων περιλαμβάνει οικονομικά, ηθικά και νομικά ζητήματα. Οι οικονομικοί παράγοντες περιλαμβάνουν την τιμή της τεχνολογίας και το κόστος εγκατάστασης, επισκευής και συντήρησης, που αποθαρρύνει τους χρήστες να υιοθετήσουν έξυπνη οικιακή τεχνολογία. Μερικοί άνθρωποι εξέφρασαν έλλειψη κατανόησης για το πώς τα έξυπνα σπίτια θα μπορούσαν να τους βοηθήσουν να εξοικονομήσουν χρήματα, γεγονός που πυροδοτεί δυσπιστία απέναντι στην τεχνολογία. Η βιβλιογραφία που σχετίζεται με την υγειονομική περίθαλψη έδειξε

## Κεφάλαιο 2

ότι η εφαρμογή της τεχνολογίας στη βιομηχανία υγείας είναι δαπανηρή. Αυτό το εύρημα δεν υποστηρίζει την υπόθεση ότι οι βοηθητικές οικιακές συσκευές μπορούν να ωφελήσουν οικονομικά τόσο τους χρήστες όσο και τα νοσοκομεία, αντικαθιστώντας μια παραδοσιακή επίσκεψη με εικονική θεραπεία. Ωστόσο, ο Wells ισχυρίστηκε ότι η εφαρμογή της έννοιας «έξυπνο σπίτι» στην υγειονομική περίθαλψη θα απαιτούσε υψηλές επενδύσεις, καθώς οι χρηματοοικονομικές επενδύσεις και η εκπαίδευση του ιατρικού προσωπικού θα είναι απαραίτητες για την ασφαλή και ηθική χρήση τεχνολογιών έξυπνων σπιτιών, όπως οι τεχνολογίες ηλεκτρονικής συνταγογράφησης και EMR στο βιομηχανία υγείας (Marikyan et al., 2019).

Η ικανότητα των έξυπνων σπιτιών να συλλέγουν και να αποθηκεύουν τεράστιο αριθμό ιδιωτικών δεδομένων εγείρει ηθικούς προβληματισμούς, όπως το απόρρητο και η ασφάλεια. Σε ορισμένες χώρες, οι έξυπνες οικιακές τεχνολογίες δεν μπορούν να εφαρμοστούν στην υγειονομική περίθαλψη χωρίς τη συγκατάθεση του ασθενούς, ο οποίος θα πρέπει να είναι πλήρως ενημερωμένος σχετικά με τη διαδικασία των υπηρεσιών. Αυτό αποτελεί παράδειγμα της υπερβολικής δυσπιστίας των χρηστών που σημαίνει ότι δεν επιτρέπουν τη συλλογή προσωπικών δεδομένων. Ο κίνδυνος εισβολής της ιδιωτικής ζωής ενεργεί ως σημαντικός αναστολέας της αποδοχής και της υιοθεσίας του έξυπνου σπιτιού, κάτι που επιβεβαιώνεται από διάφορες μελέτες. Μια παραβίαση του απορρήτου των χρηστών μπορεί να συμβεί ως αποτέλεσμα της απροθυμίας αποκάλυψης πληροφοριών και της αδυναμίας ελέγχου της παρέμβασης συστημάτων αυτοματισμού στην ιδιωτική ζωή. Όσον αφορά την αντίληψη του απορρήτου και του κινδύνου ασφάλειας, οι απόψεις των χρηστών είναι χωρισμένες. Μερικοί άνθρωποι φάνηκαν να μπορούν να αγκαλιάσουν τα οφέλη της τεχνολογίας χωρίς να ενοχλούνται από ζητήματα απορρήτου. Άλλοι είδαν ότι ο αυτοματισμός στο σπίτι και το τηλεχειριστήριο ενδέχεται να αποτελούν απειλές για την ασφάλεια όταν αποκαλύπτονται και χρησιμοποιούνται από τρίτα μέρη. Δεδομένου ότι η λύση σε αυτή την πρόκληση, την ανάπτυξη και την εφαρμογή των

εξελιγμένων πρωτοκόλλων ασφάλειας αποσκοπεί στην εξάλειψη των κινδύνων δόλιας εισβολής και της κακής χρήσης της τεχνολογίας (Dorri et. al., 2017).

Τα νομικά ζητήματα αποτελούν εμπόδιο στην αποδοχή της τεχνολογίας έξυπνων οικιών, ειδικά σε σχέση με τις βιομηχανίες ιατρικής και κοινωνικής φροντίδας. Η τεχνολογία έξυπνου σπιτιού, συμπεριλαμβανομένης της έννοιας της ηλεκτρονικής υγείας, είναι μια σχετικά νέα πειθαρχία με την έλλειψη γραπτής νομικής συμπεριφοράς σχετικά με τη χρήση της τεχνολογίας έξυπνου σπιτιού. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ευρεία αποδοχή αυτής της τεχνολογίας, οι κυβερνήσεις πρέπει να προσαρμόσουν τους νόμους σχετικά με τις πρακτικές. Λαμβάνοντας υπόψη το κενό στη νομοθεσία, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής θα μπορούσαν να θεσπίσουν νόμους για τη ρύθμιση των συγκρούσεων μεταξύ παρόχων έξυπνων οικιακών υπηρεσιών και χρηστών σχετικά με το ληφθέν προϊόν. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής πρέπει επίσης να αντιμετωπίσουν τη νομοθεσία περί απορρήτου προκειμένου να εγγυηθούν την προστασία και την προστασία των δεδομένων των χρηστών και να αποφύγουν τυχόν σκόπιμη ή τυχαία παραβίαση του νόμου περί απορρήτου. Ωστόσο, όταν τα δεδομένα σχετικά με την υγεία των έξυπνων οικιακών χρηστών κοινοποιούνται σε νοσοκομείο ή μεμονωμένο γιατρό, η υπόθεση του απορρήτου των δεδομένων αλλάζει. Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας να καθορισθούν τα όρια μεταξύ της εισβολής της ιδιωτικής ζωής και των δεδομένων, ιδιαίτερα στον τομέα της υγείας (Vedder et. al., 2014).

### **Χάσμα γνώσης και αντίσταση στην αλλαγή:**

Το χαμηλό ποσοστό της αντιληπτής χρησιμότητας των έξυπνων σπιτιών μπορεί να εξηγηθεί από την έλλειψη γνώσης, εμπιστοσύνης και εμπειρίας για να αγκαλιάσει τα οφέλη της τεχνολογίας. Καθώς οι έξυπνες οικιακές τεχνολογίες είναι αναδυόμενες τεχνολογίες, οι άνθρωποι δεν γνωρίζουν πλήρως τις λειτουργίες τους, τους πιθανούς κινδύνους και τα οφέλη τους. Η έλλειψη γνώσεων σχετικά με τις έξυπνες οικιακές τεχνολογίες εμποδίζει την ευρύτερη εφαρμογή των έξυπνων σπιτιών στη μαζική αγορά. Για παράδειγμα, μια μελέτη που εξέτασε την

## Κεφάλαιο 2

αντίληψη των έξυπνων μετρητών έδειξε ότι οι άνθρωποι είναι συνηθισμένοι σε παραδοσιακές σταθερές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας και ότι υπάρχει έλλειψη γνώσης σχετικά με τα οφέλη που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν οι έξυπνες τεχνολογίες. Επίσης, η αντίληψη των αναδυόμενων τεχνολογιών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ανατροφοδότηση όσων υιοθετούν τις εν λόγω τεχνολογίες, οι οποίες μπορεί να μην είναι πάντα θετικές. Έτσι, η έλλειψη ευαισθητοποίησης των χρηστών μπορεί να διαδραματίσει αρνητικό ρόλο στην αποδοχή της τεχνολογίας έξυπνων οικιών από πιθανούς χρήστες.

Οι Mani & Chouk προσπάθησαν να διερευνήσουν τις προκλήσεις της αποδοχής της έξυπνης τεχνολογίας μέσω της θεωρίας της αντίστασης στην καινοτομία που προτάθηκε αρχικά από τον Ram & Sheth. Τα ευρήματα της προαναφερθείσας μελέτης δείχνουν ότι η αντιληπτή καινοτομία και χρησιμότητα έχει σημαντική αρνητική επίδραση στην αντίσταση των καταναλωτών στην αποδοχή έξυπνων προϊόντων. Σύμφωνα με αυτό το εύρημα, η μελέτη επιβεβαίωσε ότι ένα καινοτόμο προϊόν που δεν ταιριάζει με το προϋπάρχον περιβάλλον και απαιτεί αλλαγή στον τρόπο ζωής και τη συμπεριφορά των χρηστών ενδέχεται να αποτύχει να εισέλθει στη μαζική αγορά. Οι χρήστες είναι πιο αφοσιωμένοι στις ήδη καθιερωμένες συνήθειες και αντιστέκονται έντονα στην αλλαγή της συμπεριφοράς και του τρόπου ζωής τους για να αποδεχθούν την έξυπνη τεχνολογία στο σπίτι. Για να ξεπεραστεί το ψυχολογικό εμπόδιο και το κενό γνώσεων, ο σχεδιασμός της τεχνολογίας μπορεί να αντιμετωπίσει τον τρόπο ζωής και τους κανόνες των χρηστών. Η χαμηλή αντίληψη της χρησιμότητας οδηγεί σε αίσθημα απώλειας ελέγχου της τεχνολογίας, η οποία προκαλεί αντίσταση στην αποδοχή της τεχνολογίας. Για να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο των έξυπνων προϊόντων στο σπίτι θα μπορούσαν να διατεθούν συστήματα λογισμικού που είναι ρυθμιζόμενα και ευέλικτα βάσει των αναγκών των χρηστών (Talwar et. al., 2020).

Η ιδέα της απομόνωσης και της έλλειψης ανθρώπινης αλληλεπίδρασης θα μπορούσε να αποτελέσει πρόκληση για την έξυπνη αποδοχή στο σπίτι. Ο κοινωνικός αποκλεισμός μπορεί να οδηγήσει σε δύο σενάρια. Στην πρώτη, η τεχνολογία αντικαθιστά την ανθρώπινη αλληλεπίδραση

με εικονική επικοινωνία, αποκλείοντας σταδιακά τους χρήστες από την κοινωνία εντός του φυσικού περιβάλλοντος. Στη δεύτερη, η υιοθέτηση της τεχνολογίας από ένα σύμπλεγμα πλούσιων χρηστών θα άφηνε τους μη χρήστες αποκλεισμένους και στιγματισμένους από την κοινωνικοοικονομική κατάσταση (Hepp, 2020).

### 2.3 Εφαρμογή Χρήσης Arduino στο Έξυπνο Σπίτι

Το σύστημα αποτελείται από δύο μέρη:

Πρώτον, το τμήμα Ethernet, το οποίο είναι υπεύθυνο για την παροχή εντολών ελέγχου σε οικιακές συσκευές και τη λήψη αποκρίσεων από τους αισθητήρες.

Το δεύτερο μέρος είναι η μονάδα μικροελεγκτή Arduino Mega board, η οποία είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο των συσκευών που συνδέονται με ρελέ και αισθητήρες. Ο Μικροελεγκτής είναι η κεφαλή του συστήματος που ελέγχει και χειρίζεται όλες τις πληροφορίες στο σύστημα.

Από αυτό το μπλοκ, υπάρχουν δύο βασικά σημαντικά μέρη: η πλακέτα μικροελεγκτή και το Ethernet Shield Module. Το τμήμα θωράκισης Ethernet που συνδέεται με έξι αισθητήρες και πλακέτα ρελέ οκτώ καναλιών. Ο αισθητήρας DHT11 είναι αισθητήρας θερμοκρασίας & υγρασίας στο σύστημα. ο αισθητήρας κίνησης είναι ένας ανιχνευτής κίνησης που χρησιμοποιεί έναν παθητικό αισθητήρα υπέρυθρων. ο αισθητήρας βροχής είναι μια μονάδα YL-83. Το Arduino Electronics DIY Parts Photoresistor είναι ένας αισθητήρας φωτός. Ο αισθητήρας φλόγας είναι ανιχνευτής πυρκαγιάς, και ο αισθητήρας MQ5 είναι ανιχνευτής αερίου, επίσης βομβητής συναγερμού πυρκαγιάς και βομβητής αερίου. Τα δεδομένα από όλους αυτούς τους αισθητήρες και το ρελέ επεξεργάζονται συνεχώς από τον μικροελεγκτή και δίνεται μια κατάσταση στα προγράμματα περιήγησης ιστού και στην οικιακή εφαρμογή εάν υπάρχει κάποιο συμβάν στο σπίτι, ενεργοποιώντας / απενεργοποιώντας τα ρελέ. Επίσης, μπορεί να δει ή να ελέγξει κάθε συμβάν και κατάσταση από προγράμματα περιήγησης ιστού ή οικιακή εφαρμογή

## Κεφάλαιο 2

Αυτές οι μονάδες είναι υπεύθυνες για τη διαχείριση και παρέχουν έναν έξυπνο οικιακό αυτοματισμό. Ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την κατάσταση του ρελέ και να ενεργοποιήσει / απενεργοποιήσει εξ αποστάσεως το φως και τις συσκευές του σπιτιού. Στην πραγματικότητα, το Ethernet Shield είναι η διεπαφή μεταξύ του μικροελεγκτή και του προγράμματος περιήγησης στο web χρησιμοποιώντας το διαδίκτυο. Κατά τη διάρκεια αυτής της λειτουργίας, η μεταφορά πληροφοριών από τον μικροελεγκτή στο πρόγραμμα περιήγησης ιστού. Οι εντολές που στέλνει ο χρήστης από ένα πρόγραμμα περιήγησης στο Web εκτελούνται από τον μικροελεγκτή. Αυτό το σύστημα λειτουργεί σε ένα έξυπνο σύστημα αυτοματισμού σπιτιού που παρέχει εγγύηση και ένα σύστημα απομακρυσμένης διαχείρισης (σε αυτήν την περίπτωση, ομιλία) για όλες τις συσκευές μέσα στο σπίτι (Bista, 2017).

## 3 Υλοποίηση Εργασίας

Στο κεφάλαιο αυτό μέσω ενός μικρού πειράματος θα παρουσιάσουμε τον τρόπο που το Arduino μπορεί να λειτουργήσει με το έξυπνο σπίτι με τη βοήθεια της φωνητικής εντολής.

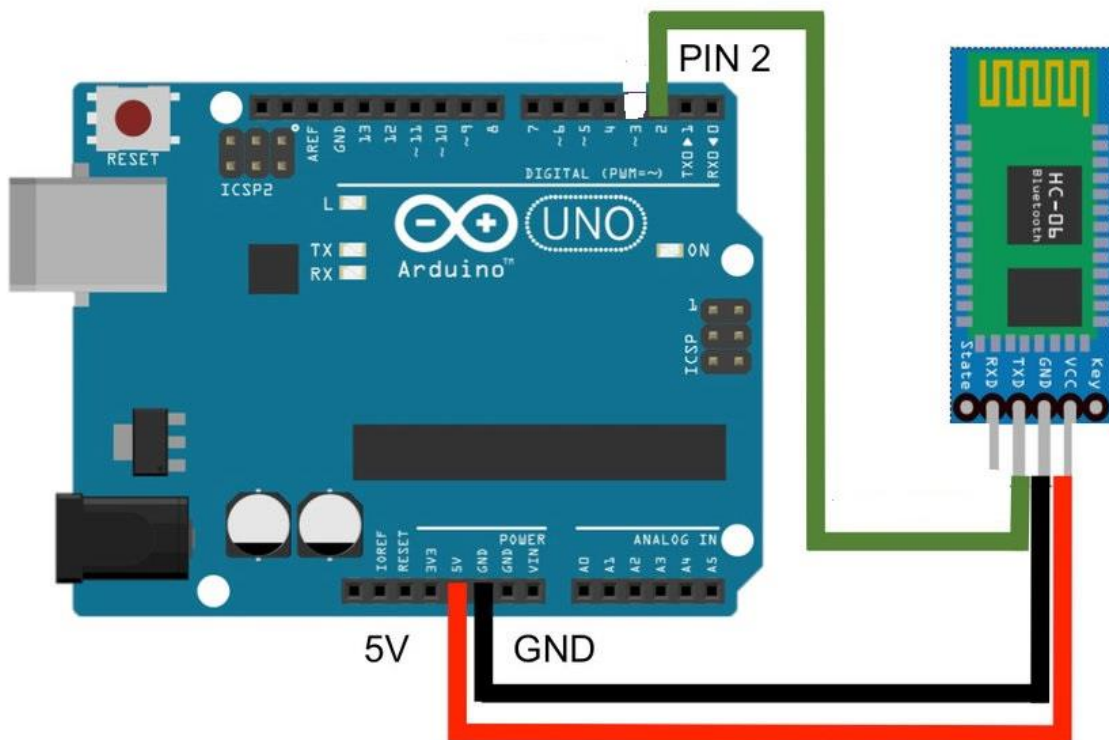
### 3.1 Απαιτούμενα Στοιχεία

Τα υλικά που θα χρειαστούμε για το συγκεκριμένο πείραμα είναι τα παρακάτω:

- i. Πλακέτα Arduino Uno x1
- ii. HC-05 Bluetooth Module x1
- iii. 5V Relay Module 4 Channels x1
- iv. Ντουί Ρεύματος x4
- v. Λάμπες LED x4
- vi. Καλώδιο Τροφοδοσίας 1.5m x1
- vii. Καλώδιο USB Type A σε Type B M/M 1.8m x1
- viii. Breadboard x1
- ix. Jumper Wires
- x. Android Smartphone x1

### 3.2 Μεθοδολογία

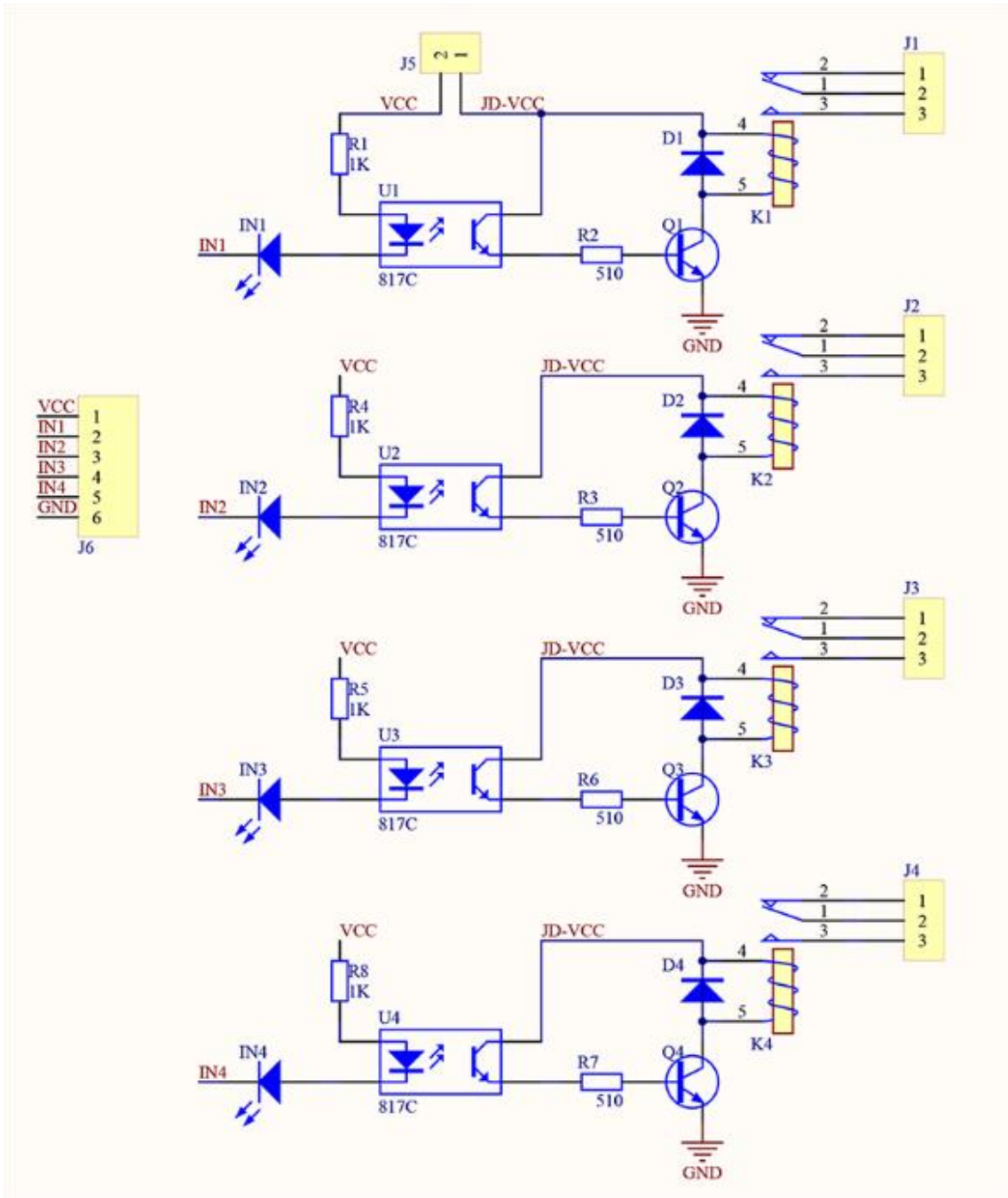
Στην ενότητα αυτή θα αναλύσουμε την υλοποίηση του πειράματός μας. Αρχικά συνδέουμε το Arduino Uno με το Bluetooth Module όπως βλέπουμε στη παρακάτω εικόνα.



Στη συνέχεια συνδέουμε το ρελέ με το Arduino με τον εξής τρόπο:

- GND → -
- VCC → +
- IN1 → 4
- IN2 → 5
- IN3 → 6
- IN4 → 7

Παρακάτω παρατίθεται το σχηματικό του ρελέ:



Μετέπειτα έχουμε τη σύνδεση του ρελέ με τα ντουί:

- Συνδέουμε όπως μας δείχνει το σχηματικό τα καλώδια για τις διόδους.
- Το K1 στο πρώτο ντουί το οποίο θα έχει άσπρη λάμπα.
- Το K2 στο δεύτερο ντουί το οποίο θα έχει πράσινη λάμπα.
- Το K3 στο τρίτο ντουί το οποίο θα έχει κίτρινη λάμπα.
- Το K4 στο τέταρτο ντουί το οποίο θα έχει μπλε λάμπα.

Τέλος, συνδέουμε το καλώδιο USB στην έξοδο του Arduino και περνάμε ένα καλώδιο απ' όλα τα ντουί μαζί το οποίο θα καταλήγει στη τροφοδοσία μας για να πάρουν ρεύμα οι λάμπες.

### 3.3 Κώδικας

```
1  #include <SoftwareSerial.h>
2  const int rxPin = 2;
3  const int txPin = 3;
4  SoftwareSerial mySerial(rxPin, txPin);
5  int white=4;
6  int green=5;
7  int yellow=6;
8  int blue=7;
9  String data;
10
11 void setup()
12 {
13     pinMode(white, OUTPUT);
14     pinMode(green, OUTPUT);
15     pinMode(yellow, OUTPUT);
16     pinMode(blue, OUTPUT);
17
18     digitalWrite(white, HIGH);
19     digitalWrite(green, HIGH);
20     digitalWrite(yellow, HIGH);
21     digitalWrite(blue, HIGH);
22
23     mySerial.begin(9600);
24     Serial.begin(9600)
25 }
26
27 void loop()
28 {
29     int i=0;
30     char ch=0;
31     data="";
32     while(1)
33     {
34         while(mySerial.available()<=0);
35         ch = mySerial.read();
36         if(ch=='#')
37             break;
38         data+=ch;
39     }
40     Serial.println(data);
41
42     if(data=="*open white")
43     {
44         digitalWrite(white,LOW);
45         Serial.println("white on");
46     }
47     else if(data=="*turn off white")
48     {
```

```
49     digitalWrite(white,HIGH);
50     Serial.println("white off");
51 }
52 else if(data=="*open Green")
53 {
54     digitalWrite(green,LOW);
55     Serial.println("green on");
56 }
57 else if(data=="*turn off Green")
58 {
59     digitalWrite(green,HIGH);
60     Serial.println("green off");
61 }
62 else if(data=="*open yellow")
63 {
64     digitalWrite(yellow,LOW);
65     Serial.println("yellow on");
66 }
67 else if(data=="*turn off yellow")
68 {
69     digitalWrite(yellow,HIGH);
70     Serial.println("yellow off");
71 }
72 else if(data=="*open blue")
73 {
74     digitalWrite(blue,LOW);
75     Serial.println("blue on");
76 }
77 else if(data=="*turn off blue")
78 {
79     digitalWrite(blue,HIGH);
80     Serial.println("blue off");
81 }
82 else if(data=="*open all")
83 {
84     digitalWrite(white,LOW);
85     digitalWrite(green,LOW);
86     digitalWrite(yellow,LOW);
87     digitalWrite(blue,LOW);
88     Serial.println("all on");
89 }
90 else if(data=="*turn off all")
91 {
92     digitalWrite(white,HIGH);
93     digitalWrite(green,HIGH);
94     digitalWrite(yellow,HIGH);
95     digitalWrite(blue,HIGH);
96     Serial.println("all off");
97 }
98 }
99
100 }
```

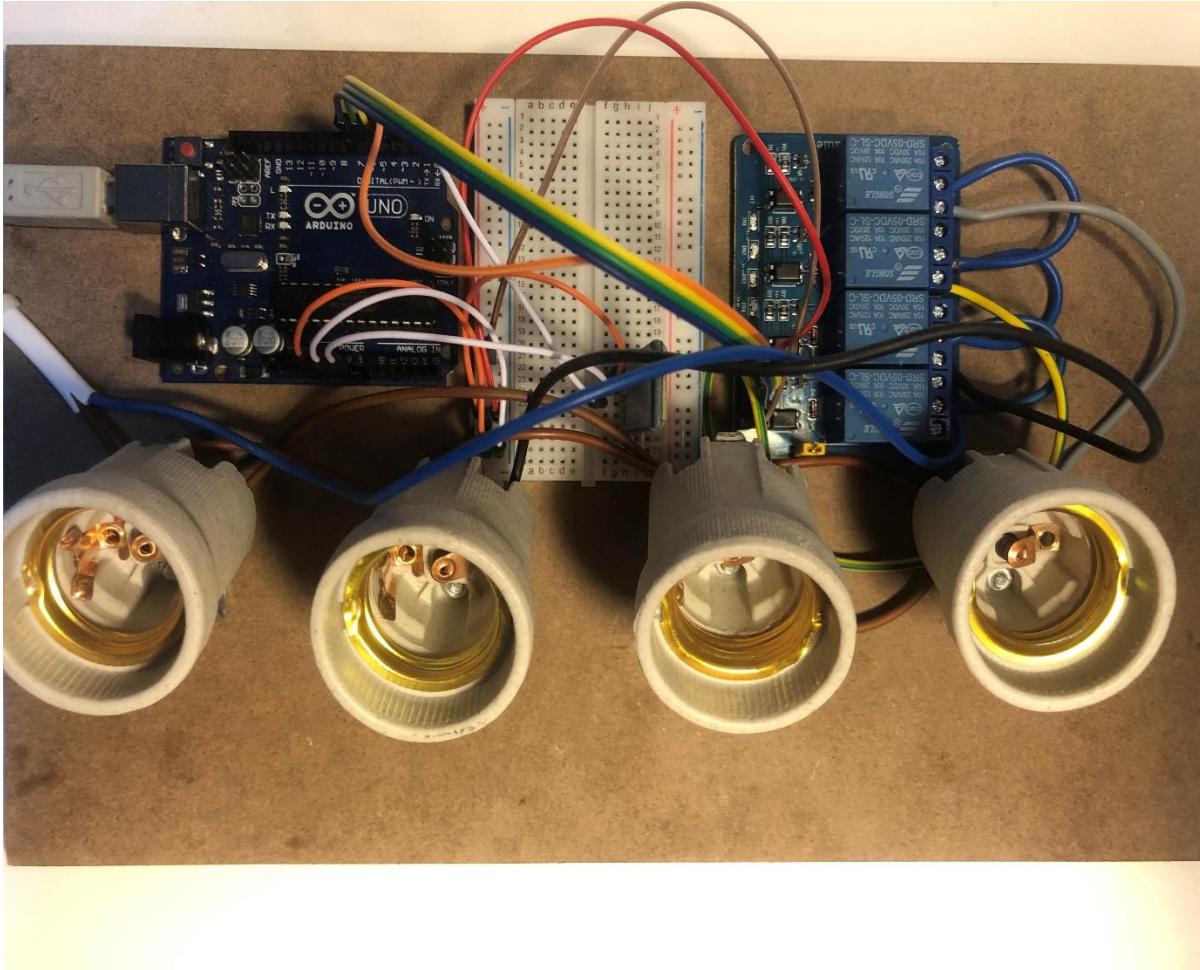
Έτσι λοιπόν έχουμε:

- Στη γραμμή 2 το RX ίσο με το Pin2 και το TX ίσο με το Pin3 αντίστοιχα.
  - Στις γραμμές 5-9 κάνουμε τις δηλώσεις για τα δεδομένα που θα χρειαστούμε στη συνέχεια.
  - Στις γραμμές 13-16 δηλώνουμε τις εξόδους μας και τα ονόματα που θα έχουν οι συσκευές μας.
  - Στις γραμμές 18-21 δηλώνουμε ότι όταν το Arduino τροφοδοτείται τα Pins του ρελέ αλλά και οι συσκευές μας να παραμένουν κλειστές.
  - Στις γραμμές 23,24 καλούμε την Serial.begin() την οποία μπορούμε να την καλέσουμε λόγω της βιβλιοθήκης SoftwareSerial που έχουμε κάνει include στη 1<sup>η</sup> γραμμή. Αυτή λοιπόν, μας επιτρέπει να μεταφέρουμε πληροφορίες απ το Arduino στον υπολογιστή μας που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι συνδεδεμένο με το USB καλώδιο. Στο setup λοιπόν η Serial.begin() τρέχει μια φορά γι' αυτό την τοποθετούμε εκεί.  
Όσο αναφορά τον αριθμό δηλαδή το 9600 είναι ρυθμός baud με τον οποίο οι δύο συσκευές σας θα επικοινωνούν μέσω σειριακού.
  - Στις γραμμές 27-39 δημιουργούμε ένα βρόγχο επανάληψης και μέσα σε αυτόν δηλώνουμε την είσοδο που θα δέχεται το Android App όταν χρησιμοποιούμε τη φωνητική εντολή.
  - Στις γραμμές 42-98 δημιουργούμε ένα if με πολλαπλά else if για να καλύψουμε όλες τις περιπτώσεις που έχουμε διαθέσιμες. Δηλαδή:
    - 1) Για την άσπρη λάμπα δίνουμε την εντολή open white και το led στο ρελέ όπως και η λάμπα μας ανάβουν. Αντίστροφα, δίνουμε την εντολή turn off white και το led στο ρελέ όπως και η λάμπα μας σβήνουν.
    - 2) Για τη πράσινη λάμπα δίνουμε την εντολή open Green και το led στο ρελέ όπως και η λάμπα μας ανάβουν. Αντίστροφα, δίνουμε την εντολή turn off Green και το led στο ρελέ όπως και η λάμπα μας σβήνουν.
    - 3) Για τη κίτρινη λάμπα δίνουμε την εντολή open yellow και το led στο ρελέ όπως και η λάμπα μας ανάβουν. Αντίστροφα, δίνουμε την εντολή turn off yellow και το led στο ρελέ όπως και η λάμπα μας σβήνουν.
    - 4) Για τη μπλε λαμπα δίνουμε την εντολή open blue και το led στο ρελέ όπως και η λάμπα μας ανάβουν. Αντίστροφα, δίνουμε την εντολή turn off blue και το led στο ρελέ όπως και η λάμπα μας σβήνουν.
- Έχουμε όμως άλλες δύο περιπτώσεις στις οποίες μπορούμε να ανάψουμε όλα τα leds στο ρελέ και τις λάμπες αντίστοιχα και προφανώς να τις σβήσουμε.
- 5) Με την εντολή στη γραμμή 82 (open all) ενεργοποιούμε όλες τις λάμπες μας.
  - 6) Με την εντολή στη γραμμή 90 (turn off all) απενεργοποιούμε όλες τις λάμπες μας.

## 4 Εφαρμογή Έξυπνου Σπιτιού με Φωνητική Εντολή μέσω Χρήσης Arduino

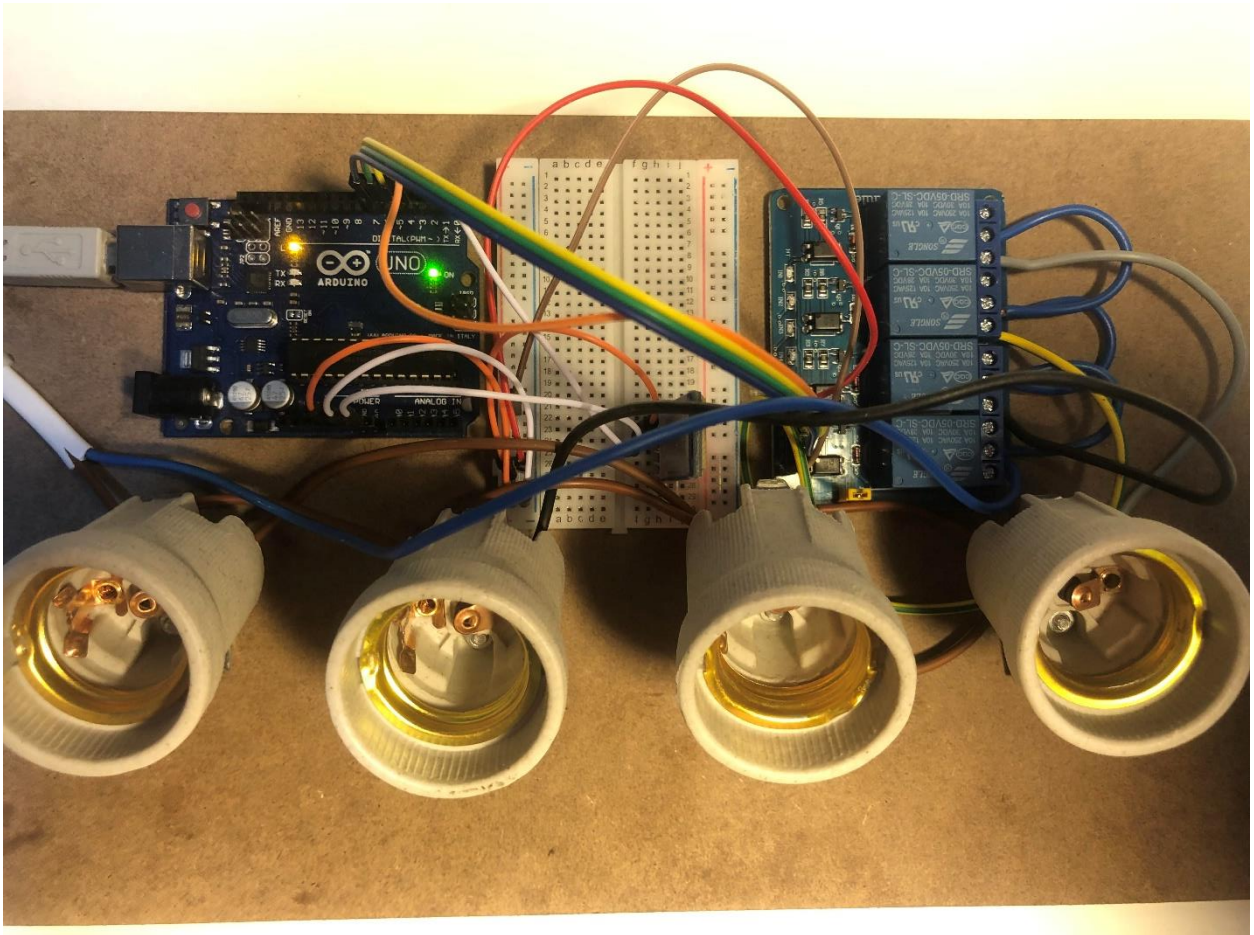
Έχοντας λοιπόν τελειώσει με τον προγραμματισμό του κώδικα μας προχωράμε στην υλοποίηση του πειράματός μας

Ξεκινάμε με μια φωτογραφία για να δείξουμε το κύκλωμα μας όπως υλοποιήθηκε:



## Εφαρμογή Έξυπνου Σπιτιού με Φωνητική Εντολή μέσω Χρήσης Arduino

Συνεχίζουμε με φωτογραφία του κυκλώματος μας μόλις συνδέσουμε το USB απ το Arduino στον υπολογιστή μας:



Εδώ βλέπουμε ότι το Arduino μας έχει ενεργοποιηθεί κανονικά καθώς και το Bluetooth Module αναβοσβήνει περιμένοντας να κάνει σύζευξη με κάποια συσκευή.

## Κεφάλαιο 4

Στη συνέχεια τοποθετούμε τις LED λάμπες μας για να προχωρήσουμε με το πείραμά μας.



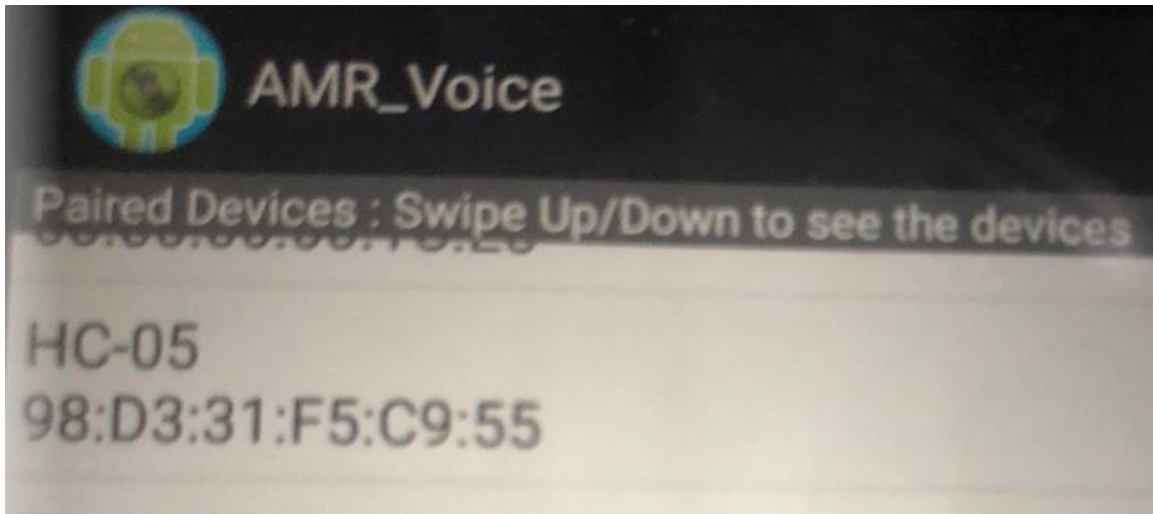
Έτσι λοιπόν τοποθετήσαμε τις λάμπες μας στα ντουί και το μόνο που μένει είναι να τις συνδέσουμε στη τροφοδοσία και να ανοίξουμε την Android εφαρμογή.

## Κεφάλαιο 4

Η εφαρμογή αυτή ονομάζεται BT Voice Control for Arduino και μπορούμε να τη βρούμε στις Android συσκευές μας μέσω του Play Store.

Αφού τη κατεβάσουμε ανοίγουμε τις ρυθμίσεις πάνω δεξιά και επιλέγουμε το Connect Robot.

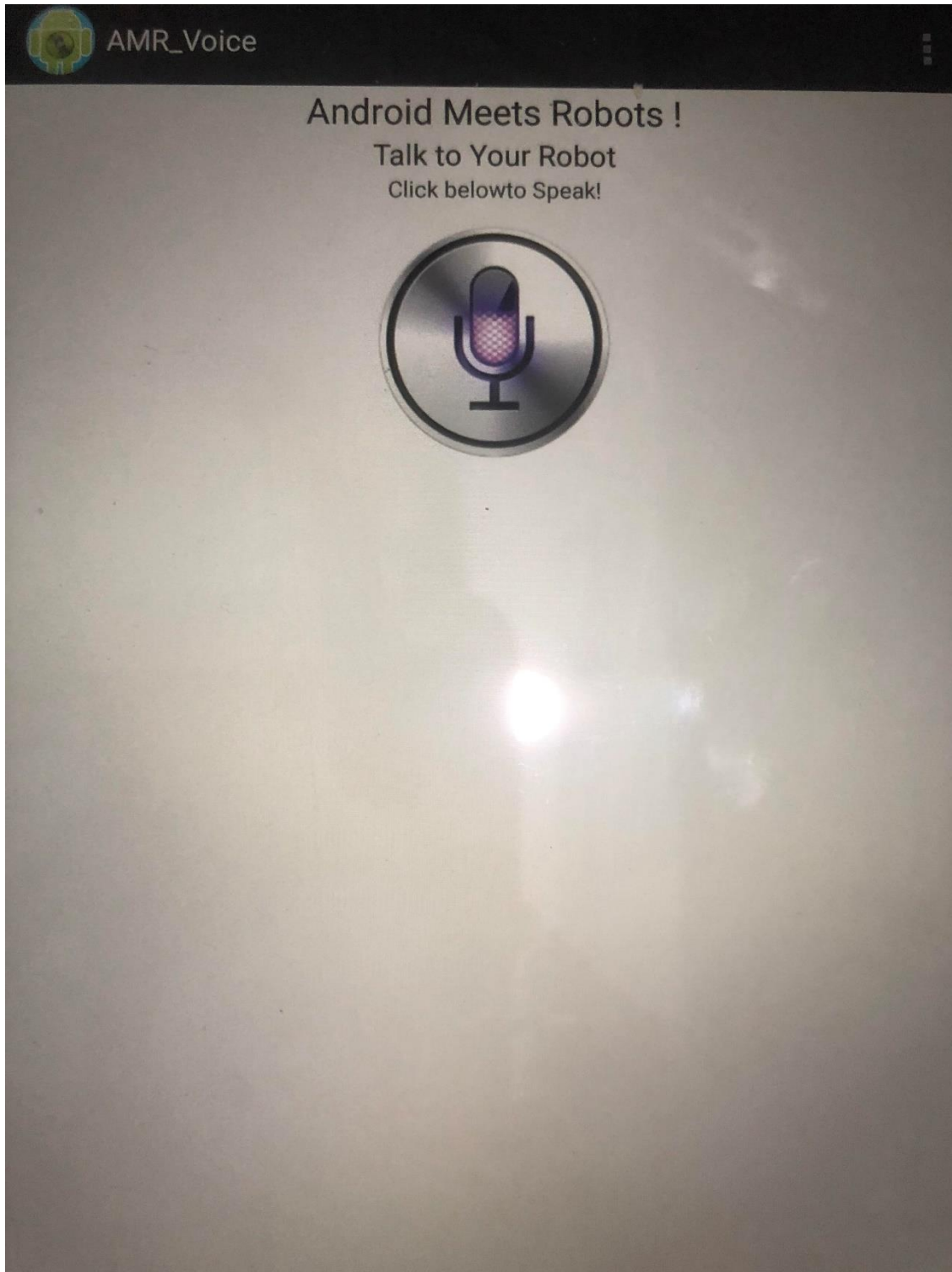
Μετά από μια αναζήτηση θα πρέπει να μας εμφανίζεται το HC-05.



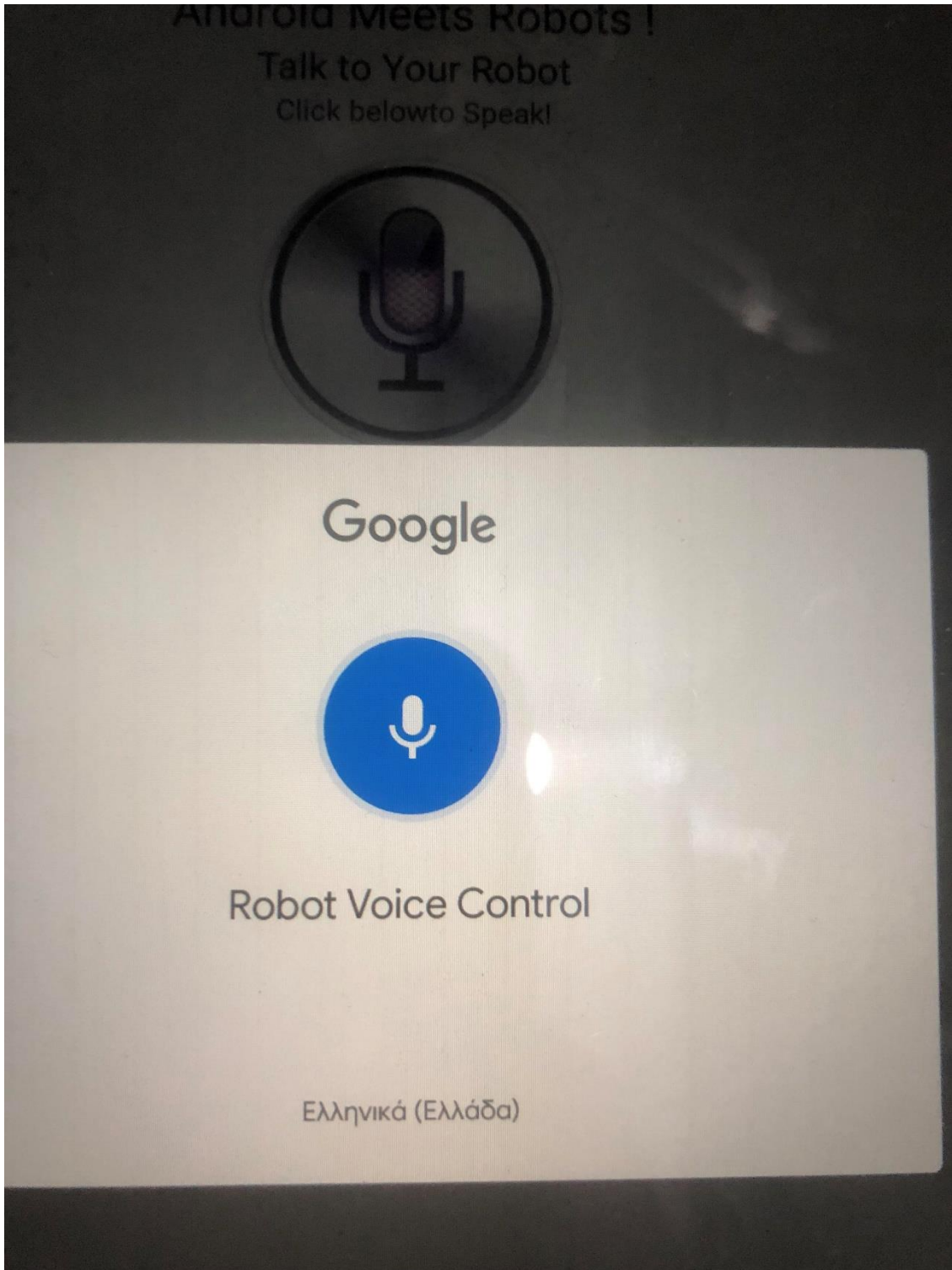
Εδώ το επιλέγουμε και όταν συνδεθεί μας βγάζει ένα μήνυμα Connected to HC-05 και τότε το Bluetooth σταματάει να αναβοσβήνει έχοντας κάνει τη σύζευξη επιτυχώς.

## Κεφάλαιο 4

Έπειτα βρισκόμαστε στην αρχική οθόνη της εφαρμογής η οποία βρίσκεται παρακάτω και το μόνο που μένει είναι να πατήσουμε το κουμπί για να ξεκινήσει η αναγνώριση φωνής απ τη Google βάζοντας τις εντολές που έχουμε στον κώδικά μας.



Τέλος πατάμε πάνω στο κουμπί και ξεκινάει η διαδικασία:



Πολύ σημαντικό είναι να πούμε ακριβώς αυτό που έχουμε βάλει στον κώδικα μας για να το αναγνωρίσει το AI της Google, γιατί αλλιώς η εντολή δεν θα πετύχει οπότε και δεν θα εκτελεστεί αντίστοιχα.

## 5 Συμπεράσματα

Παρά τα πολυάριθμα πιθανά οφέλη, υπάρχει έλλειψη έρευνας από τη σκοπιά του χρήστη. Αυτό το κενό επισημάνθηκε στις περισσότερες μελέτες. Η βιβλιογραφία επικεντρώνεται κυρίως στα τεχνικά χαρακτηριστικά των έξυπνων σπιτιών, πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχει ανάγκη για την υιοθέτηση της προοπτικής του χρήστη στην έρευνα για την ανάπτυξη τεχνολογιών. Μελέτες που χρησιμοποίησαν τις προοπτικές των χρηστών επικεντρώθηκαν στις ανάγκες ενός γηράσκοντος πληθυσμού, παραβλέποντας άλλα τμήματα χρηστών. Ωστόσο, είναι σημαντικό να διερευνήσουμε και να κατανοήσουμε το ρόλο διαφορετικών ενδιαφερομένων που θα μπορούσαν ενδεχομένως να συμμετάσχουν στην αποδοχή του έξυπνου σπιτιού. Η μετάβαση από την έρευνα που βασίζεται στην τεχνολογία σε μια προσέγγιση με επίκεντρο τον καταναλωτή θα επιτρέψει στους ερευνητές να διερευνήσουν τη δυνητική ανάπτυξη ενός ευρύτερου φάσματος υπηρεσιών για να ικανοποιήσουν ευρύτερα τμήματα χρηστών και να αγκαλιάσουν όλα τα πιθανά πλεονεκτήματα της τεχνολογίας έξυπνης οικίας. Με βάση τα παραπάνω, η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να επικεντρωθεί στις λειτουργίες και τις υπηρεσίες της έξυπνης οικιακής τεχνολογίας από τη σκοπιά των βασικών χρηστών.

Οι τρέχουσες μελέτες έχουν προσπαθήσει να εξετάσουν τις αντιλήψεις των χρηστών για συγκεκριμένη τεχνολογία και υπηρεσίες, η οποία δημιουργεί μια άλλη ευρέως συζητημένη προοπτική που θα αντιμετωπιστεί στη μελλοντική έρευνα. Για παράδειγμα, ορισμένοι μελετητές έχουν διερευνήσει τις ανάγκες των χρηστών, τη χρηστικότητα και την αντίληψη των τιμών των αυτόνομων συσκευών και όχι των πλήρως συνδεδεμένων έξυπνων σπιτιών. Η εστίαση σε μία μόνο συσκευή ενδέχεται να μην δίνει επαρκή εικόνα. Πρώτα απ' όλα, μια τέτοια προοπτική δεν ταιριάζει με το εξελικτικό στάδιο στο οποίο βρίσκεται το έξυπνο σπίτι, αντανακλώνται από τη διαλειτουργικότητα και την πολυλειτουργικότητα των συσκευών. Με φόντο την εντατικοποίηση της ανάπτυξης του IoT και την ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων ψυχαγωγίας, εταιρείες όπως η Apple και η Google έχουν θέσει τις τάσεις για τη σύγκλιση όλων των αντικειμένων (π.χ.

ρολόγια, γυαλιά, αυτοκίνητα, οικιακές συσκευές) μέσω πλατφορμών που βασίζονται σε IoT. Η σύγκλιση των προηγουμένως διαχωρισμένων συσκευών θα σβήσει τα φυσικά όρια των σπιτιών και θα επαναπροσδιορίσει την έννοια της έξυπνης οικιακής τεχνολογίας και των βιομηχανιών γενικά. Για παράδειγμα, η Apple έχει συνδέσει τις πλατφόρμες "Car Play" και "Home Kit", επιτρέποντας στους χρήστες να ελέγχουν τις οικιακές συσκευές κατά την οδήγηση. Αυτή η πρωτοβουλία σηματοδοτεί μια μεγάλη πιθανότητα να εισέλθουν εταιρείες σε διαφορετικές βιομηχανίες στην αγορά έξυπνων τεχνολογιών στο σπίτι. Ωστόσο, παρά τις εξελισσόμενες εξελίξεις, μέχρι στιγμής έχει γίνει ελάχιστη έρευνα στον τομέα των έξυπνων οικιακών οικοσυστημάτων. Δεδομένης αυτής της ταχύτατης ανάπτυξης, η έρευνα πρέπει να στραφεί από μία συσκευή σε ολοκληρωμένα συστήματα. Δεύτερον, η έρευνα σε συγκεκριμένες συσκευές άγγιξε ένα πολύ στενό πακέτο υπηρεσιών. Οι μελλοντικές μελέτες πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους τύπους των έξυπνων σπιτιών. Η διαφορά με βάση τα συμφραζόμενα μπορεί να στηρίζει τους διακριτικούς παράγοντες που πρέπει να εκτίθενται στη διαδικασία αποδοχής και υιοθέτησης.

Όσο αναφορά το πειραματικό μας κομμάτι, το οποίο είναι επιτυχές, συμπαιρένουμε ότι η πλακέτα του Arduino σε συνδυασμό με το Bluetooth είναι ικανά να μετατρέψουν το κάθε σπίτι σε έξυπνο χρησιμοποιώντας προφανώς τα κατάλληλα υλικά και αισθητήρες που χρειάζονται.

Όπως εμείς χρησιμοποιήσαμε τους λαμπήρες LED, έτσι μπορεί οποιαδήποτε συσκευή να συνδεθεί με αυτόν τον τρόπο όπως παραδείγματος χάρη μια τηλεόραση, ένα κλιματιστικό ακόμη και τα οικιακά που περιέχει ένα σπίτι. Επιπλέον, όλα αυτά μπορούμε να τα συνδέσουμε με ένα ΑΙ όπως κάναμε με αυτή την εφαρμογή Android μέσω της φωνητικής μας εντολής να τα ελέγχουμε από εκεί χωρίς να χρειαστεί να κάνουμε τίποτε άλλο.

## Βιβλιογραφία

- Alam, M. R., Reaz, M. B. I., & Ali, M. A. M. (2012). A review of smart homes—Past, present, and future. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, part C (applications and reviews)*, 42(6), 1190-1203.
- Alemdar, H., & Ersoy, C. (2010). Wireless sensor networks for healthcare: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2688-2710.
- Aman, S., Simmhan, Y., & Prasanna, V. K. (2013). Energy management systems: state of the art and emerging trends. *IEEE Communications Magazine*, 51(1), 114-119.
- Badamasi, Y. A. (2014, September). The working principle of an Arduino. In 2014 11th international conference on electronics, computer and computation (ICECCO) (pp. 1-4). IEEE.
- Balta-Ozkan, N., Davidson, R., Bicket, M., & Whitmarsh, L. (2013). Social barriers to the adoption of smart homes. *Energy Policy*, 63, 363-374.
- Birchley, G., Huxtable, R., Murtagh, M., Ter Meulen, R., Flach, P., & Gooberman-Hill, R. (2017). Smart homes, private homes? An empirical study of technology researchers' perceptions of ethical issues in developing smart-home health technologies. *BMC medical ethics*, 18(1), 1-13.
- Bista, A. (2017). Smart home using particle photon. Technical Report.
- Desai, N., Dhameliya, K., & Desai, V. (2013). Feature extraction and classification techniques for speech recognition: A review. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3(12), 367-371.
- De Silva, L. C., Morikawa, C., & Petra, I. M. (2012). State of the art of smart homes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25(7), 1313-1321.
- Dias, M. O., Junqueira, T. L., Cavalett, O., Cunha, M. P., Jesus, C. D., Rossell, C. E., ... & Bonomi, A. (2012). Integrated versus stand-alone second generation ethanol production from sugarcane bagasse and trash. *Bioresource technology*, 103(1), 152-161.
- Dorri, A., Kanhere, S. S., Jurdak, R., & Gauravaram, P. (2017, March). Blockchain for IoT security and privacy: The case study of a smart home. In 2017 IEEE international conference on pervasive computing and communications workshops (PerCom workshops) (pp. 618-623). IEEE.
- Farid, S. F. (2019). Conceptual Framework of the Impact of Health Technology on Healthcare System. *Frontiers in pharmacology*, 10, 933.
- Hasan, N. F., Rejab, M. R. M., & Sapar, N. H. (2015). Implementation of speech recognition home control system using Arduino. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10 (23), 17492-17498.
- Hepp, A. (2020). Artificial companions, social bots and work bots: Communicative robots as research objects of media and communication studies. *Media, Culture & Society*, 42(7-8), 1410-1426.

- Irfan, M., Zhao, Z. Y., Li, H., & Rehman, A. (2020). The influence of consumers' intention factors on willingness to pay for renewable energy: a structural equation modeling approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(17), 21747-21761.
- Jensen, R. H., Strengers, Y., Kjeldskov, J., Nicholls, L., & Skov, M. B. (2018, April). Designing the desirable smart home: A study of household experiences and energy consumption impacts. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-14).
- Kim, J., Choi, H. S., Wang, H., Agoulmine, N., Deerv, M. J., & Hong, J. W. K. (2010, June). POSTECH's U-Health Smart Home for elderly monitoring and support. In *2010 IEEE International Symposium on "A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks"(WoWMoM)* (pp. 1-6). IEEE.
- Louis, L. (2016). working principle of Arduino and u sing it. *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems (IJACS)*, 1(2), 21-29.
- Marikyan, D., Papagiannidis, S., & Alamanos, E. (2019). A systematic review of the smart home literature: A user perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 138, 139-154.
- McRoberts, M. (2011). *Beginning Arduino*. Apress.
- Merino Herreros, A. (2017). Home automation application based on Arduino controllable from mobile (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Nilsson, A., Wester, M., Lazarevic, D., & Brandt, N. (2018). Smart homes, home energy management systems and real-time feedback: Lessons for influencing household energy consumption from a Swedish field study. *Energy and Buildings*, 179, 15-25.
- Schieweck, A., Uhde, E., Salthammer, T., Salthammer, L. C., Morawska, L., Mazaheri, M., & Kumar, P. (2018). Smart homes and the control of indoor air quality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 705-718.
- Solaimani, S., Keijzer-Broers, W., & Bouwman, H. (2015). What we do—and don't—know about the Smart Home: an analysis of the Smart Home literature. *Indoor and Built Environment*, 24(3), 370-383.
- Sovacool, B. K., & Del Rio, D. D. F. (2020). Smart home technologies in Europe: a critical review of concepts, benefits, risks and policies. *Renewable and sustainable energy reviews*, 120, 109663.
- Talal, M., Zaidan, A. A., Zaidan, B. B., Albahri, A. S., Alamoodi, A. H., Albahri, O. S., ... & Mohammed, K. I. (2019). Smart home-based IoT for real-time and secure remote health monitoring of triage and priority system using body sensors: Multi-driven systematic review. *Journal of medical systems*, 43(3), 42.
- Talwar, S., Talwar, M., Kaur, P., & Dhir, A. (2020). Consumers' resistance to digital innovations: A systematic review and framework development. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*, 28(4), 286-299.

Trevennor, A. (2012). A Brief History of Microcontrollers. In Practical AVR Microcontrollers (pp. 3-11). Apress, Berkeley, CA.

Vedder, A., Cuijpers, C., Vantsiouri, P., & Ferrari, M. Z. (2014). The law as a ‘catalyst and facilitator’ for trust in e-health: challenges and opportunities. *Law, Innovation and Technology*, 6(2), 305-325.

Wilson, C., Hargreaves, T., & Hauxwell-Baldwin, R. (2017). Benefits and risks of smart home technologies. *Energy Policy*, 103, 72-83.

Yang, H., Lee, W., & Lee, H. (2018). IoT smart home adoption: the importance of proper level automation. *Journal of Sensors*, 2018.

Zlatanov, N. (2017). Arduino and open source computer hardware and software. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, volume, (4).

<https://www.electronicshobby.com/2018/06/voice-activated-home-automation-by-using-arduino-iot-smart-home.html>

[https://virtuino.com/images/tutorials/bluetooth\\_connection.png](https://virtuino.com/images/tutorials/bluetooth_connection.png)

[https://aptofunde.com/images/0/06/4\\_channel\\_relay\\_schematic.png](https://aptofunde.com/images/0/06/4_channel_relay_schematic.png)

<https://zarifopoulos.com/wp-content/uploads/2017/09/smarthome-45.jpg>