



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



# ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΥΠΝΟΥ ΧΩΡΟΥ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ARDUINO

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

του/της

**ΚΑΡΑΚΩΣΤΑ ΕΛΕΝΗ ΜΑΡΙΑ**

**Επιβλέπων:** Κολλάτου Θεοφάνώ

Ε.ΔΙ.Π.

ΚΟΖΑΝΗ/ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ/2023





HELLENIC DEMOCRACY  
UNIVERSITY OF WESTERN MACEDONIA

FUCULTY OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL &  
COMPUTER ENGINEERING



# STUDY AND DESIGN OF A SMART PARKING SPACE USING ARDUINO

THESIS

---

**KARAKOSTA ELENI MARIA**

**SUPERVISOR:** Kollatou Theofano

KOZANI/OCTOBER/2023





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

## ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο “ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΥΠΝΟΥ ΧΩΡΟΥ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ARDUINO ” καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Κολλάτου Θεοφανώ αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Ονοματεπώνυμο Φοιτητή & Επιβλέποντα, Έτος, Πόλη

Copyright (C) Καρακώστα Ελένη Μαρία, Κολλάτου Θεοφανώ, 2023, Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή:



# Περίληψη

---

Τις τελευταίες δεκαετίες η μεταφορά των ανθρώπων στις αστικές περιοχές έχει οδηγήσει σε σημαντική αύξηση του αριθμού των οχημάτων στους δρόμους. Αυτή η αύξηση των οχημάτων αποτελεί κύριο παράγοντα στο πρόβλημα της έλλειψης χώρων στάθμευσης, ιδίως στις μεγαλουπόλεις. Κατ' επέκταση το πρόβλημα αυτό έχει οδηγήσει σε αύξηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και του χρόνου που ξοδεύουν οι οδηγοί αναζητώντας διαθέσιμες θέσεις. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, παρουσιάζεται η έννοια της "έξυπνης" στάθμευσης. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός ενός smart parking system με τη χρήση του Arduino, το οποίο μπορεί να παρέχει αποτελεσματικές λύσεις για το πρόβλημα της στάθμευσης σε αστικές περιοχές αλλά και πιο συγκεκριμένα στα πανεπιστήμια των περιοχών αυτών που αντιμετωπίζουν την ίδια ανεπάρκεια. Το προτεινόμενο σύστημα βασίζεται σε έναν μικροελεγκτή Arduino, ο οποίος είναι ικανός να συλλέγει δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες που τοποθετούνται στο χώρο στάθμευσης. Τα δεδομένα που συλλέγονται θα μεταδίδονται ασύρματα σε μια κεντρική βάση δεδομένων και οι οδηγοί/χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες από τα κινητά τους τηλέφωνα ή οθόνες πληροφοριών κοντά στον χώρο και να βρίσκουν διαθέσιμες θέσεις γρήγορα και εύκολα. Το έργο αυτό αποσκοπεί στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των χώρων πάρκινγκ, μειώνοντας την κυκλοφοριακή συμφόρηση, τον χρόνο αναζήτησης θέσεων και τη ρύπανση λόγω των εκπομπών που προκαλούνται από τα οχήματα και προορίζεται να λειτουργήσει ως μια οικονομικά αποδοτική λύση σε σύγκριση με τις υπάρχουσες.

## Λέξεις Κλειδιά:

Έξυπνο Σύστημα Στάθμευσης, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Έξυπνο Πανεπιστήμιο, Arduino, RFID.





# Abstract

---

*In the past decades, the movement of people to urban areas has led to a significant increase in the number of vehicles on the roads. This increase in the number of vehicles is a major factor in the problem of lack of parking spaces, particularly in large cities. As a result, this problem has led to an increase in traffic congestion, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions and the time spent by drivers looking for available spaces. To address this issue, the concept of "smart" parking is presented. The aim of this thesis is to design a smart parking system using Arduino, which can provide effective solutions to the parking problem in urban areas and more specifically in the universities of these areas that face the same inefficiency. The proposed system is based on an Arduino microcontroller, which can collect data from multiple sensors placed in the parking lot. The collected data will be wirelessly transmitted to a central database and drivers/users can access this information from their mobile phones or information screens near the lot and find available spaces quickly and easily. This project aims to improve the efficiency of parking spaces by reducing traffic congestion, search time and pollution due to vehicle emissions and is expected to act as a cost-effective solution compared to existing solutions.*

## **Keywords:**

Smart Parking System, Internet of Things, Smart University, Arduino, RFID.



## ***Ευχαριστίες***

---

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς την καθηγήτριά μου, Δρ. Κολλάτου Θεοφανώ, για την πολύτιμη καθοδήγηση και ένα θερμό ευχαριστώ σε όσους συνέβαλαν άμεσα ή έμμεσα στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.



# Περιεχόμενα

---

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	- 1 -
ABSTRACT	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	11
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΉ	13
1.1 Αντικείμενο της εργασίας	13
1.2 Στόχος εργασίας	13
1.3 Οργάνωση του τόμου	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ	15
2.1 Εισαγωγή στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων	15
2.1.1 Ιστορική αναδρομή	16
2.1.2 Σημαντικά γεγονότα	16
2.2 Εφαρμογές IoT	17
2.2.1 Έξυπνες Πόλεις - Smart Cities	17
2.2.2 Έξυπνα Πανεπιστήμια - Smart Universities	18
2.2.3 Έξυπνα Συστήματα Στάθμευσης - Smart Parking Systems	20
2.3 Πλεονεκτήματα	20
2.4 Προκλήσεις	21
2.5 Αρχιτεκτονική	22

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΈΞΥΠΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ</b>	<b>23</b>
3.1 Εισαγωγή	23
3.2 Ο ρόλος του RFID	24
3.3 Αισθητήρες και ανίχνευση	24
3.3.1 Αισθητήρες υπερήχων	24
3.3.2 Αισθητήρες υπέρυθρων	25
3.3.3 Αισθητήρες επαγωγικού βρόγχου	25
3.3.4 Μαγνητικοί αισθητήρες	26
3.3.5 Σύγκριση	26
3.4 Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων	27
3.5 Επικοινωνία	27
3.5.1 Wi-Fi (Wireless Fidelity)	27
3.5.2 LoRa (Long Range)	27
3.5.3 NB-IoT (Narrowband Internet of Things)	28
3.5.4 Σύγκριση	28
3.6 Εφαρμογές για κινητά	29
3.7 Ενεργειακή απόδοση και βιωσιμότητα	30
3.8 Μελέτες περιπτώσεων έξυπνης στάθμευσης	30
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ARDUINO</b>	<b>31</b>
4.1 Γενικότερες πληροφορίες Arduino	31
4.2 Εξαρτήματα και Υλικά	32
4.2.1 Πλακέτα Arduino UNO R3	32
4.2.2 IR Sensors	33
4.2.3 RFID	33
4.2.4 Οθόνη I2C LCD	34
4.2.5 Servomotor	35
4.3 Arduino IDE	36
4.4 Περιγραφή της διαδικασίας Υλοποίησης	36
4.4.1 Περιγραφή Κώδικα 1	37
4.4.2 Περιγραφή Κώδικα 2	39
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ</b>	<b>41</b>
5.1 Σχολιασμός Ερωτηματολογίου	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΠΙΛΟΓΟΣ	47
6.1 Συμπεράσματα	47
6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις	48
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΚΩΔΙΚΑΣ 1	49
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΚΩΔΙΚΑΣ 2	51
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	58
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ - ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ - ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	61
ΑΠΟΔΟΣΗ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΩΝ ΌΡΩΝ	62

## Κατάλογος Εικόνων

---

Εικόνα 1: Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων [1].....	15
Εικόνα 2 : Το δίκτυο του IoT [5] .....	17
Εικόνα 3 : Έξυπνη Πόλη [10] .....	18
Εικόνα 4 : Έξυπνη Πανεπιστημιούπολη [17] .....	19
Εικόνα 5 : Έξυπνος χώρος στάθμευσης [18] .....	20
Εικόνα 6 : Ανίχνευση οχημάτων με υπέρηχο αισθητήρα [26] .....	24
Εικόνα 7 : Ανίχνευση οχημάτων με αισθητήρα υπέρυθρων [28] .....	25
Εικόνα 8 : Ανίχνευση οχημάτων επαγωγικού βρόχου [30] .....	25
Εικόνα 9 :Ανίχνευση οχημάτων με μαγνητικό αισθητήρα [32] .....	26
Εικόνα 10 : Πλακέτα Arduino UNO R3 [44] .....	32
Εικόνα 11 : Αισθητήρας Υπέρυθρων [46] .....	33
Εικόνα 12 : RFID-RC522 Αισθητήρας Ανάγνωσης [48] .....	34
Εικόνα 13 : Οθόνη I2C LCD 12x6 [50].....	34
Εικόνα 14 : Σερβοκινητήρας SG90 [52] .....	35
Εικόνα 15 : Θέσεις χεριού Σερβοκινητήρα [53] .....	35
Εικόνα 16 : Συνδεσμολογία κυκλώματος .....	36
Εικόνα 17 : Απεικόνιση μακέτας .....	37
Εικόνα 18 : Λογικό διάγραμμα εισόδου κώδικα 1.....	38
Εικόνα 19 : Λογικό διάγραμμα εξόδου.....	39
Εικόνα 20 : Λογικό διάγραμμα εισόδου RFID .....	40
Εικόνα 21 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 1.....	41
Εικόνα 22 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 5.....	44
Εικόνα 23 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 6.....	44
Εικόνα 24 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 11.....	45
Εικόνα 25 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 8.....	45
Εικόνα 26 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 12.....	46
Εικόνα 27 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 13.....	46



## **Κατάλογος Πινάκων**

---

Πίνακας 1 : Σύγκριση αισθητήρων ανίχνευσης οχημάτων.....	26
Πίνακας 2 : Σύγκριση πρωτοκόλλων επικοινωνίας.....	28
Πίνακας 3 : Κακή / Πολύ Κακή διαθεσιμότητα .....	42
Πίνακας 4 : Χρόνος ψάχνοντας για θέση στάθμευσης .....	43

## Πρόλογος

---

Καθώς ο αριθμός των οχημάτων που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά στα πανεπιστήμια συνεχίζει να αυξάνεται, γίνεται όλο και πιο εμφανές ότι υπάρχει έλλειψη διαθέσιμων χώρων στάθμευσης. Αυτή η έλλειψη επαρκών χώρων στάθμευσης μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες, όπως η αδυναμία των φοιτητών να παρακολουθήσουν μαθήματα λόγω καθυστερημένης άφιξης τους ή η δυσκολία του διδακτικού και γενικότερα προσωπικού να βρουν κατάλληλες θέσεις για να σταθμεύσουν τα αυτοκίνητά τους. Επιπλέον, το ζήτημα αυτό μπορεί να οδηγήσει ορισμένα άτομα με αναπηρίες και άλλες κινητικές δυσκολίες να αισθάνονται αποξενωμένα από τις δραστηριότητες της πανεπιστημιούπολης, εάν δεν μπορούν να έχουν πρόσβαση σε διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης με ευκολία. Εν ολίγοις, είναι μεγάλη ανάγκη για τα πανεπιστήμια παγκοσμίως να αναζητήσουν βιώσιμες λύσεις με στόχο την άμεση αντιμετώπιση αυτού του συχνού προβλήματος. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, μπορεί να αναπτυχθεί ένα σύστημα έξυπνης στάθμευσης που βασίζεται σε Arduino ειδικά για πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ένα καινοτόμο μοντέλο IoT που περιλαμβάνει τη χρήση αισθητήρων IR συνδεδεμένους με Arduino, επιτρέποντας την παρακολούθηση των χώρων στάθμευσης σε πραγματικό χρόνο. Με την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας, το προσωπικό διαχείρισης χώρων στάθμευσης των πανεπιστημίων θα αποκτήσει πρόσβαση σε χρήσιμα δεδομένα σχετικά με τα επίπεδα πληρότητας των διαφόρων χώρων στάθμευσης. Αυτό θα τους επιτρέψει να παρακολουθούν καλύτερα τη χρήση των χώρων, να εντοπίζουν μοτίβα και διακυμάνσεις στη ζήτηση, καθώς και να εντοπίζουν πιθανά προβλήματα. Επίσης, το σύστημα αυτό μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για τους επισκέπτες και το προσωπικό της πανεπιστημιούπολης για τον εντοπισμό κενών θέσεων στάθμευσης μέσω μιας εφαρμογής για smartphone ή ψηφιακών οθονών στο χώρο του πανεπιστημίου. Ακόμα, ένα σύστημα έξυπνης στάθμευσης βασισμένο σε Arduino έχει τη δυνατότητα να βελτιστοποιήσει τη συνολική χρήση των χώρων στάθμευσης και να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, διασφαλίζοντας ότι τα οχήματα κατευθύνονται μόνο σε διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης. Με την εφαρμογή αυτής της καινοτόμου τεχνολογίας, τα πανεπιστήμια μπορούν να δείξουν ότι δεσμεύονται για τη βελτίωση της εμπειρίας των φοιτητών και των καθηγητών, προωθώντας παράλληλα βιώσιμες πρακτικές μεταφορών. Τέλος, καθώς τα πανεπιστήμια προσπαθούν να δημιουργήσουν ένα περιβάλλον χωρίς αποκλεισμούς για άτομα με αναπηρίες και άλλες κινητικές προκλήσεις, η υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην προώθηση της προσβασιμότητας και στη διασφάλιση ότι όλοι έχουν ίση πρόσβαση στις εγκαταστάσεις στάθμευσης στην πανεπιστημιούπολη. Η εφαρμογή ενός συστήματος έξυπνης στάθμευσης βασισμένο σε Arduino είναι μια εξαιρετικά καινοτόμος και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς πέρα από τις πανεπιστημιούπολεις όπου η έλλειψη χώρων στάθμευσης αποτελεί επίσης ζήτημα, όπως εμπορικά κέντρα και αεροδρόμια.

# Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

---

## 1.1 Αντικείμενο της εργασίας

Η έννοια της έξυπνης στάθμευσης είναι μια καινοτόμος προσέγγιση που επιδιώκει να μειώσει τη συμφόρηση που συχνά παρατηρείται στις αστικές περιοχές κατά τις ώρες αιχμής. Το πρόβλημα αυτό είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο και στα πανεπιστήμια μεγάλων πόλεων, όπου οι φοιτητές και οι καθηγητές δυσκολεύονται να σταθμεύσουν τα οχήματά τους κατά τις εργάσιμες ώρες. Τα Έξυπνα Συστήματα Στάθμευσης βασίζονται σε τεχνολογίες όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων για τον εντοπισμό των διαθέσιμων θέσεων και την καθοδήγηση των αυτοκινήτων σε αυτές. Στο παρελθόν, η εύρεση μιας θέσης πάρκινγκ σε μια πολυσύχναστη περιοχή σήμαινε συχνά οδήγηση για μεγάλα χρονικά διαστήματα και κατά συνέπεια κατανάλωση περισσότερων καυσίμων, ατμοσφαιρική ρύπανση και αυξημένη κυκλοφορία. Ωστόσο, με την εμφάνιση των Smart Parking Systems, οι οδηγοί μπορούν εύκολα να εντοπίζουν και να δεσμεύουν θέσεις στάθμευσης εκ των προτέρων, με αποτέλεσμα τη μείωση της συμφόρησης και τη βελτίωση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

## 1.2 Στόχος εργασίας

Η παρούσα εργασία επιδιώκει να διερευνήσει την ανάπτυξη ενός έξυπνου συστήματος στάθμευσης και να το υλοποιήσει χρησιμοποιώντας έναν μικροελεγκτή Arduino, με κύριο στόχο να παρακολουθεί τη διαθεσιμότητα των θέσεων στάθμευσης και να παρέχει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο στους οδηγούς. Έχουν προταθεί δύο συστήματα που παρέχουν μια βέλτιστη λύση στο πρόβλημα της στάθμευσης. Τα δύο αυτά συστήματα έχουν αναπτυχθεί με παρόμοιο τρόπο, χωρίζοντας τα για αρχή σε ένα σύστημα που αποτελείται από αισθητήρες, κινητήρα και οθόνη όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για Smart Cities όσο και για Smart Universities και σε ένα σύστημα που χρησιμοποιεί την τεχνολογία RFID ώστε η είσοδος στον χώρο πάρκινγκ των Πανεπιστημίων να γίνεται με την χρήση της ακαδημαϊκής ταυτότητας.

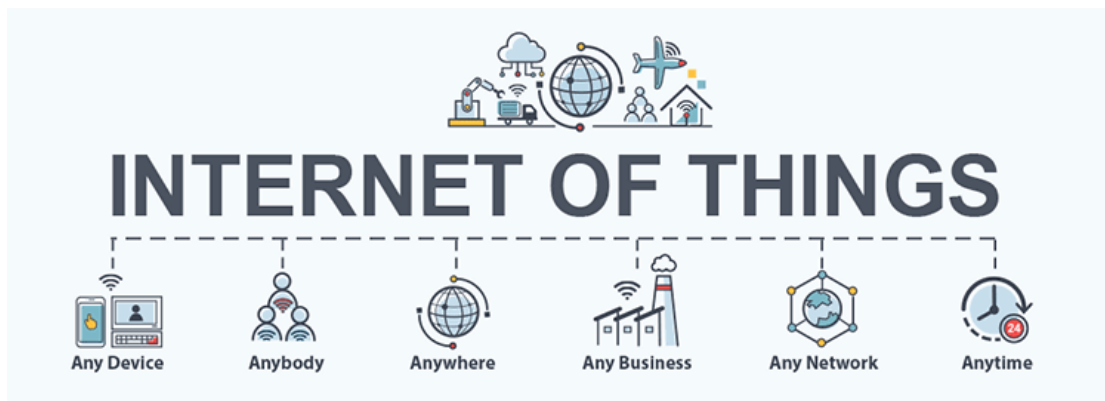
## 1.3 Οργάνωση του τόμου

Η παρούσα εργασία είναι οργανωμένη σε έξι κεφάλαια, καθένα από τα οποία ασχολείται με μια συγκεκριμένη πτυχή του ερευνητικού προβλήματος για την καλύτερη κατανόηση των συστημάτων έξυπνης στάθμευσης. Το πρώτο κεφάλαιο παρέχει μια εισαγωγή στη μελέτη, περιγράφοντας τους ερευνητικούς στόχους και τη μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί. Το δεύτερο κεφάλαιο επικεντρώνεται στο θεωρητικό υπόβαθρο και το εννοιολογικό πλαίσιο της μελέτης, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των σχετικών θεωριών και εννοιών όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων με σκοπό την προετοιμασία για καλύτερη κατανόηση του κύριου θέματος. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το κύριο θέμα της εργασίας, Smart Parking Systems. Το τέταρτο κεφάλαιο παρέχει ολοκληρωμένα πληροφορίες για τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν, την συνδεσμολογία τους και τον κώδικα που χρειάστηκε να γραφτεί για την υλοποίηση της κατασκευής. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου. Τέλος, το έκτο κεφάλαιο παρέχει τα συμπεράσματα, συνοψίζοντας τα βασικά πορίσματα της μελέτης, παρέχοντας προτάσεις προς βελτίωση των συστημάτων έξυπνων χώρων στάθμευσης. Αυτή η οργανωτική δομή προσπαθεί να διασφαλίσει ότι το θέμα παρουσιάζεται με συνεκτικό τρόπο, επιτρέποντας στους αναγνώστες να παρακολουθήσουν την ερευνητική διαδικασία και να κατανοήσουν πιο εύκολα την χρησιμότητα των Smart Parking Systems.

# Κεφάλαιο 2: Διαδίκτυο των Πραγμάτων

## 2.1 Εισαγωγή στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) αναφέρεται στη διασύνδεση μιας σειράς συσκευών, οχημάτων και άλλων αντικειμένων, τα οποία έχουν ενσωματωθεί με αισθητήρες και λογισμικό στο δίκτυο. Αυτές οι συσκευές συλλέγουν και ανταλλάσσουν δεδομένα τόσο μεταξύ τους όσο και με άλλα συστήματα, προκειμένου να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα, την ευκολία και την ασφάλεια διαφόρων πτυχών της καθημερινότητας. Επίσης, το IoT διευκολύνει την αυτοματοποίηση των επιχειρήσεων, καθώς και την παρακολούθηση και διαχείριση κρίσιμων δεδομένων ενισχύοντας επιπλέον την επικοινωνία, τη λήψη αποφάσεων και τις δυνατότητες επίλυσης προβλημάτων. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων κερδίζει ταχύτητα δημοτικότητα στη σημερινή ψηφιακή εποχή και έχει γίνει απαραίτητο εργαλείο για ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών. Αν και η ευρεία χρήση του συνοδεύεται από μια σειρά προκλήσεων και ανησυχιών που σχετίζονται με την ασφάλεια και την προστασία του ιδιωτικού απορρήτου, η ανάπτυξη του προβλέπεται να συνεχιστεί με την επέκταση των δικτύων 5G και την πρόοδο της τεχνολογίας.



Εικόνα 1: Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων [1]

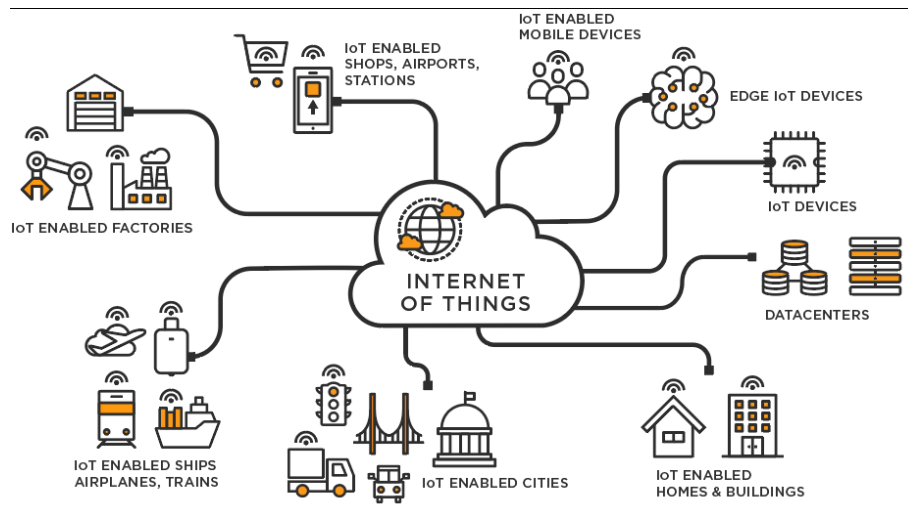
### 2.1.1 Ιστορική αναδρομή

Το Internet of Things μπορεί να εντοπιστεί στα μέσα της δεκαετίας του 1980, όταν ένας ερευνητής ονόματι Mark Weiser επινόησε τον όρο "πανταχού παρούσα πληροφορική" (ubiquitous computing) [2]. Από τότε, αρκετοί ερευνητές και τεχνολόγοι προσπάθησαν να αναπτύξουν ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων συσκευών που θα μπορούσαν να επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς καμία ανθρώπινη παρέμβαση. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, άρχισαν να εμφανίζονται οι πρώτες συσκευές που ήταν συνδεδεμένες στο διαδίκτυο. Το 1991, μια ομάδα ερευνητών συνέδεσε πειραματικά μια τοστιέρα στο διαδίκτυο. Αργότερα, το 1999, ο Kevin Ashton, συνιδρυτής του Auto-ID Center στο MIT, επινόησε τον όρο "Διαδίκτυο των Πραγμάτων", ενώ ταυτόχρονα εργαζόταν στην αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (RFID) που χρησιμοποιούνταν τότε για τη διαχείριση των αλυσίδων εφοδιασμού [3]. Με την έλευση των ασύρματων τεχνολογιών όπως το Bluetooth, το Wi-Fi και τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, ο τομέας του IoT άρχισε να αναπτύσσεται ακόμη περισσότερο και σήμερα το διαδίκτυο των πραγμάτων είναι ένας αρκετά σημαντικός τομέας με πολλαπλές εφαρμογές.

### 2.1.2 Σημαντικά γεγονότα

Η εμφάνιση του Διαδικτύου των Πραγμάτων έφερε την επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο αλληλοεπιδρούμε με την τεχνολογία. Ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματά του ήταν η εισαγωγή της αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (RFID), η οποία έκανε δυνατή την αναγνώριση και την παρακολούθηση αντικειμένων χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης. Επιπλέον, συνέβαλε στην ανάπτυξη της ασύρματης συνδεσιμότητας, η οποία επέτρεψε στις συσκευές να επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς την ανάγκη φυσικής σύνδεσης. Έτσι άνοιξε ο δρόμος για την υλοποίηση των έξυπνων σπιτιών, όπου οι οικιακές συσκευές μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως. Η εξάπλωση του cloud έπαιξε επίσης καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του IoT, καθώς διευκόλυνε τη συλλογή και ανάλυση του πολύ μεγάλου όγκου δεδομένων που παράγεται συνεχώς. Ως εκ τούτου, το IoT έχει γίνει αναπόσπαστο μέρος της σύγχρονης ζωής, υποσχόμενο να επηρεάσει θετικά διάφορους τομείς, όπως την υγειονομική περίθαλψη, τις μεταφορές, τη γεωργία και άλλα. Δεν θα μπορούσε να παραλειφθεί επίσης η σημαντική συνεισφορά του Διαδικτύου των πραγμάτων στην αποτελεσματικότητα των βιομηχανιών και των επιχειρήσεων, καθώς με τη χρήση συνδεδεμένων συσκευών και την ανάλυση δεδομένων, οι εταιρείες μπορούν να αποκτήσουν πολύτιμες πληροφορίες για τη λειτουργία τους. Επομένως, όσο ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών συνεχίζει να αυξάνεται, οι δυνατότητες για αυξημένη αποδοτικότητα και βιωσιμότητα θα συνεχίσουν να διευρύνονται.

[3] [4]



Εικόνα 2 : Το δίκτυο του IoT [5]

## 2.2 Εφαρμογές IoT

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) έχει εξελιχθεί σε μια τεχνολογία που συνεχώς μεταβάλλεται με ποικίλες και άπειρες εφαρμογές σε όλους τους τομείς. Έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τον τρόπο με τον οποίο αλληλοεπιδρούμε με τον κόσμο δημιουργώντας συνδεδεμένα οικοσυστήματα καθιστώντας το πιο έξυπνο και αποτελεσματικό. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται μερικές από τις αμέτρητες εφαρμογές του IoT, αναδεικνύοντας τον σημαντικό ρόλο του στη διαμόρφωση του μέλλοντος. Πιο συγκεκριμένα στις επόμενες υποενότητες θα αναφερθούν οι έξυπνες πόλεις, τα έξυπνα πανεπιστήμια και το επίκεντρο της παρούσας εργασίας, τα έξυπνα συστήματα στάθμευσης.

### 2.2.1 Έξυπνες Πόλεις - Smart Cities

Το IoT αποτέλεσε κατευθυντήρια γραμμή για την υλοποίηση των έξυπνων πόλεων, αξιοποιώντας τις διασυνδεδεμένες τεχνολογίες για τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης. Με την χρήση αισθητήρων και συσκευών IoT αλλά και με την ανάλυση δεδομένων, οι πόλεις μπόρεσαν να βελτιστοποιήσουν τη διαχείριση των υποδομών καθώς και τις δημόσιες υπηρεσίες.

**Μερικά από τα χαρακτηριστικά των έξυπνων πόλεων είναι τα εξής [6]:**

- Έξυπνη Οικονομία
- Έξυπνοι Άνθρωποι
- Έξυπνη Διακυβέρνηση
- Έξυπνη Κινητικότητα
- Έξυπνο Περιβάλλον
- Έξυπνη Διαβίωση

Η αναζήτηση της πρώτης έξυπνης πόλης είναι πολύπλοκη μιας που έννοια της έξυπνης πόλης μεταβάλλεται συνεχώς. Κάποιες από πόλεις που χαρακτηρίζονται έξυπνες είναι η Βαρκελώνη με το eGovernment Barcelona για την εξυπηρέτηση των πολιτών [7], το Χονγκ Κονγκ που έχει εντάξει το RFID στα αεροδρόμια [8] και τα Τρίκαλα, που χαρακτηρίζονται ως η πρωτοποριακή έξυπνη πόλη της Ελλάδας καθώς έχει εφαρμόσει διάφορες τεχνολογίες για τη διαχείριση της κυκλοφορίας, τη συλλογή απορριμμάτων και ψηφιακές πλατφόρμες με σκοπό τη βελτίωση και τη διευκόλυνση της εμπειρίας των πολιτών [9].

Από την αποτελεσματική διαχείριση αποβλήτων, τα έξυπνα συστήματα φωτισμού έως και έξυπνη διαχείριση της κυκλοφορίας, οι έξυπνες πόλεις με τη χρήση του IoT μπορούν να οδηγήσουν σε μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, συμβάλλοντας σε ένα πιο βιώσιμο αστικό περιβάλλον.



Εικόνα 3 : Έξυπνη Πόλη [10]

## 2.2.2 Έξυπνα Πανεπιστήμια - Smart Universities

Με την αξιοποίηση του Διαδικτύου των Πραγμάτων τα Πανεπιστήμια έχουν την δυνατότητα να εξελίξουν προς το καλύτερο τόσο τον χώρο της Πανεπιστημιούπολης όσο και την ίδια εκπαίδευση. Όσον αφορά στην εκπαίδευση, η εφαρμογή τέτοιων τεχνολογιών επιτρέπει εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες προσαρμοσμένες στις ατομικές ανάγκες των φοιτητών. Οι διαδραστικές ψηφιακές πλατφόρμες και τα διαδικτυακά εργαλεία προωθούν τη συμμετοχή των φοιτητών στις διαλέξεις και τις λοιπές δραστηριότητες του Πανεπιστημίου. Επιπλέον, οι έξυπνες αίθουσες διδασκαλίας που είναι εξοπλισμένες με συσκευές διασυνδεδεμένες στο Διαδίκτυο διευκολύνουν την απρόσκοπτη επικοινωνία, διασφαλίζοντας ότι οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί μπορούν εύκολα να μοιράζονται απόψεις και να συμμετέχουν σε συζητήσεις σε πραγματικό χρόνο, ανεξάρτητα από τη τοποθεσία τους, διευκολύνοντας ειδικά τους μεταπτυχιακούς φοιτητές λόγω των απαιτητικών τους ωραρίων.

Πέρα από την εκπαίδευση, τα έξυπνα πανεπιστήμια παρέχουν οφέλη και στον χώρο του campus. Η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων σε Πανεπιστήμια όχι μόνο βελτιώνει την αποδοτικότητα της



στάθμευσης, αλλά συμβάλλει επίσης στη συνολική ευφυΐα και βιωσιμότητα της πανεπιστημιούπολης. Τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης κτιρίων βελτιστοποιούν την κατανάλωση ενέργειας, τον φωτισμό και τον έλεγχο της θερμοκρασίας, δημιουργώντας βιώσιμους και άνετους χώρους. Τέλος, οι προηγμένες λύσεις στάθμευσης μειώνουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση μέσω της ενημέρωσης σε πραγματικό χρόνο για τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης, συμβάλλοντας σε μια πιο οργανωμένη και φιλική προς το περιβάλλον πανεπιστημιούπολη.

[11] [12] [13]

### Μερικά έξυπνα Πανεπιστήμια:

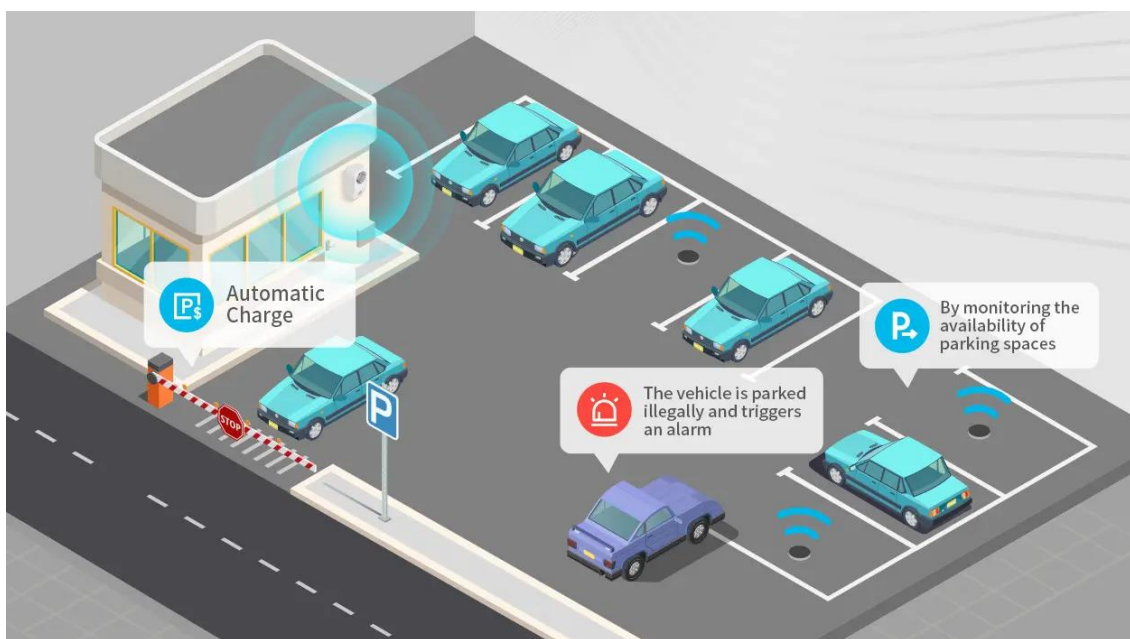
- **Πανεπιστήμιο Στάνφορντ, ΗΠΑ:** Γνωστό για την τεχνολογική του καινοτομία, το Στάνφορντ αξιοποιεί την ανάλυση δεδομένων προσφέροντας εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες. [14]
- **Πανεπιστήμιο του Τάμπερε, Φινλανδία:** Η έξυπνη πανεπιστημιούπολη του Τάμπερε ενσωματώνει τη τεχνητή νοημοσύνη για τη διαχείριση των υπηρεσιών του κτιρίου, παρέχοντας ένα βιώσιμο, ενεργειακά αποδοτικό και τεχνολογικά προηγμένο περιβάλλον. [15]
- **Εθνικό Πανεπιστήμιο της Σεούλ, Νότια Κορέα:** Με έξυπνες λύσεις στάθμευσης και διαχείριση της πανεπιστημιούπολης, το SNU εξασφαλίζει βελτιστοποιημένη διαχείριση της κυκλοφορίας και αποτελεσματική χρήση του χώρου. [16]



Εικόνα 4 : Έξυπνη Πανεπιστημιούπολη [17]

## 2.2.3 Έξυπνα Συστήματα Στάθμευσης - Smart Parking Systems

Το επίκεντρο της παρούσας εργασίας είναι τα Έξυπνα Συστήματα Στάθμευσης, ιδίως η ενσωμάτωσή τους σε πανεπιστημιούπολεις. Με την χρήση κάμερας, αισθητήρων και ανάλυση δεδομένων για την παροχή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, αποτελούν μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Με τα Έξυπνα Συστήματα Στάθμευσης καταργείται η ανάγκη για χρονοβόρες αναζητήσεις θέσεων, μειώνοντας την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, μπορούν να ενισχύσουν την άνεση των χρηστών μέσω εφαρμογών για κινητά. Η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων σε πανεπιστήμια όχι μόνο βελτιώνει τη στάθμευση, αλλά συμβάλλει επίσης στη συνολική ευφυΐα και βιωσιμότητα της πανεπιστημιούπολης. Στο επόμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 3), αναλύουμε εκτενέστερα τις δυνατότητες των Έξυπνων Συστημάτων Στάθμευσης.



Εικόνα 5 : Έξυπνος χώρος στάθμευσης [18]

## 2.3 Πλεονεκτήματα

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αποτελεί ένα καινοτόμο τεχνολογικό παράδειγμα που έχει αλλάξει τις βιομηχανίες και τον τρόπο που λειτουργούν οι κοινωνίες παγκοσμίως. Με τη διασύνδεση φυσικών συσκευών και συστημάτων, το IoT προσφέρει αμέτρητα πλεονεκτήματα που ενισχύουν την αποδοτικότητα αλλά και την ασφάλεια. Σε αυτή τη λίστα, παρουσιάζονται τα σημαντικότερα οφέλη του [19]:

- 1. Ασφάλεια και προστασία:** Ενσωματωμένες συσκευές προσφέρουν ενισχυμένα μέτρα ασφαλείας, ανιχνεύοντας πιθανούς κινδύνους και ειδοποιώντας αμέσως τους χρήστες, εξασφαλίζοντας ένα ασφαλές περιβάλλον.
- 2. Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο:** Το IoT επιτρέπει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο οδηγώντας έτσι σε αυξημένη παραγωγικότητα και απόδοση.

- 3. Αυτοματισμός:** Το IoT δίνει στις βιομηχανίες προβλέψεις, λύσεις και αυτοματοποιεί τις διαδικασίες, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της συνολικής αποδοτικότητας και την καλύτερη λήψη αποφάσεων.
- 4. Προληπτική συντήρηση:** Με συνεχή παρακολούθηση και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, προβλέπει τις απαιτήσεις για συντήρηση, ελαχιστοποιώντας τον χρόνο διακοπής λειτουργίας και μειώνοντας τους κινδύνους βλάβης του εξοπλισμού.
- 5. Αποφάσεις σύμφωνα με τα δεδομένα:** Αναλύοντας τα δεδομένα, διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων, παρέχοντας ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και επιτρέποντας την υιοθέτηση νέων επιχειρηματικών μοντέλων.

Εν κατακλείδι, το Διαδίκτυο των πραγμάτων λειτουργεί καταλυτικά για την καινοτομία, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη σε διάφορους τομείς. Προάγει την αστική βιωσιμότητα, δημιουργώντας δρόμους για ένα πιο πράσινο και φιλικό προς το περιβάλλον μέλλον, παίζει καθοριστικό ρόλο στην έξυπνη κινητικότητα, φέρνοντας επανάσταση στις μεταφορές και τον αστικό σχεδιασμό και επηρεάζει τη διαμόρφωση έξυπνων πόλεων ενισχύοντας πιο διασυνδεδεμένα και βιώσιμα αστικά περιβάλλοντα. Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων του IoT είναι το "κλειδί" για τη διαμόρφωση ενός πολλά υποσχόμενου μέλλοντος.

## 2.4 Προκλήσεις

Παρόλο που το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αποτελεί ένα καινοτόμο τεχνολογικό παράδειγμα δεν παύει μαζί με τις τεράστιες δυνατότητές του να προκαλεί και σοβαρές ανησυχίες [19] [20]:

- 1. Ασφάλεια και Απόρρητο δεδομένων:** Οι συσκευές IoT συχνά δεν διαθέτουν ισχυρά μέτρα ασφάλειας, γεγονός που τις καθιστά ευάλωτες σε παραβιάσεις δεδομένων και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε ευαίσθητες πληροφορίες. Επίσης, για την καλύτερη λειτουργία τους συλλέγουν δεδομένα που ενδεχομένως θα έπρεπε να παραμένουν απόρρητα.
- 2. Πολυπλοκότητα:** Ενώ το IoT έχει ως κύριο στόχο να κάνει την καθημερινότητα πιο εύκολη, η πολυπλοκότητά του μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο στους χρήστες που δεν είναι τόσο εξοικειωμένοι με την τεχνολογία.
- 3. Κατανάλωση ενέργειας:** Ο μεγάλος αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, γεγονός που προκαλεί ανησυχίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τη βιωσιμότητα των εν λόγω τεχνολογιών.
- 4. Ανεπαρκής χώρος αποθήκευσης δεδομένων:** Ο τεράστιος όγκος δεδομένων που παράγεται απαιτεί μεγάλη χωρητικότητα αποθήκευσης και η αποτελεσματική διαχείριση για την αποθήκευση αυτών των δεδομένων που μπορεί να είναι δαπανηρή και δύσκολη.
- 5. Διαμόρφωση του εργασιακού περιβάλλοντος:** Η αυτοματοποίηση των εργασιών μέσω του IoT μπορεί να οδηγήσει στην κατάργηση της χειρωνακτικής εργασίας με αποτέλεσμα τα υψηλότερα ποσοστά ανεργίας, ιδίως για τους ανειδίκευτους εργάτες.

Ενώ το Διαδίκτυο των Πραγμάτων έχει τα μειονεκτήματά του, θα ήταν άδικο να μην λάβουμε υπόψη τα αμέτρητα οφέλη που προσφέρει. Με την άμεση αντιμετώπιση των προκλήσεων, μπορούμε να ενσωματώσουμε αυτή τη τεχνολογία με υπευθυνότητα, αξιοποιώντας τις δυνατότητές προς το καλύτερο.

## 2.5 Αρχιτεκτονική

Η αρχιτεκτονική του IoT (Internet of Things) αναφέρεται στο πλαίσιο που επιτρέπει στις περιφερειακές συσκευές (hardware), όπως τους αισθητήρες, και τις εφαρμογές να συνδέονται και να αλληλοεπιδρούν μέσα σε ένα σύστημα. Κατά το σχεδιασμό μιας αποτελεσματικής αρχιτεκτονικής IoT για έξυπνα συστήματα στάθμευσης, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη τα διάφορα επίπεδα (Layers) για την συλλογή των δεδομένων, επεξεργασία και αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Η αρχιτεκτονική που ταιριάζει καλύτερα στις ανάγκες της έξυπνης στάθμευσης είναι η "Event-Driven" αρχιτεκτονική IoT [21], γνωστή για την ανταπόκριση και την προσαρμοστικότητα της σε γεγονότα πραγματικού χρόνου, με τέσσερα επίπεδα [22]:

- 1. Επίπεδο αντίληψης / Perception Layer:** Στο επίκεντρο της αρχιτεκτονικής βρίσκονται οι αισθητήρες και οι μηχανισμοί ενεργοποίησης που αποτελούν το επίπεδο αντίληψης. Αυτές οι συσκευές τοποθετούνται στρατηγικά μέσα στους χώρους στάθμευσης για να παρακολουθούν την πληρότητα, παρέχοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη διαθεσιμότητα των θέσεων στάθμευσης. Οι αισθητήρες χρησιμοποιούν διάφορες τεχνολογίες, όπως η ανίχνευση υπερήχων, υπέρυθρων ή μαγνητικού πεδίου, για την ανίχνευση της παρουσίας ή της απουσίας οχημάτων. Όταν ανιχνεύεται ένα συμβάν, όπως η είσοδος ή η έξοδος ενός οχήματος από μια θέση στάθμευσης, οι αισθητήρες στέλνουν σήματα στο επόμενο επίπεδο.
- 2. Επίπεδο επικοινωνίας / Communication Layer:** Το επίπεδο επικοινωνίας λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ του επιπέδου αντίληψης και του νέφους. Περιλαμβάνει πύλες που συγκεντρώνουν δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες και δημιουργούν ένα ασφαλές κανάλι επικοινωνίας. Οι πύλες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαχείριση της μετάδοσης δεδομένων, στη διασφάλιση της αξιοπιστίας των δεδομένων και στο χειρισμό των πρωτοκόλλων επικοινωνίας.
- 3. Πλατφόρμα νέφους / Cloud Platform:** Η πλατφόρμα αυτή χρησιμεύει για την επεξεργασία και την ανάλυση δεδομένων. Λαμβάνει τα δεδομένα από τις πύλες, εκτελεί αναλύσεις σε πραγματικό χρόνο και εξάγει πληροφορίες. Οι αλγόριθμοι μηχανικής εκμάθησης που αναπτύσσονται στην πλατφόρμα νέφους μπορούν να προβλέψουν τη ζήτηση στάθμευσης και να εντοπίσουν τάσεις. Αυτό το επίπεδο επιτρέπει στο σύστημα να ανταποκρίνεται έξυπνα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες και στις απαιτήσεις των χρηστών.
- 4. Επίπεδο εφαρμογών / Application Layer:** Το επίπεδο εφαρμογών περιλαμβάνει τις εφαρμογές μέσω των οποίων οι χρήστες αλληλοεπιδρούν με το σύστημα έξυπνης στάθμευσης. Οι εφαρμογές για κινητά και οι ιστοσελίδες στο διαδίκτυο παρέχουν στους χρήστες πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, οδηγίες για τις διαθέσιμες θέσεις, ακόμη και επιλογές πληρωμής χωρίς μετρητά (σε περίπτωση που η πληρωμή είναι απαραίτητη). Το επίπεδο εφαρμογών βελτιώνει την εμπειρία του χρήστη, καθιστώντας πιο βολικό και αποτελεσματικό για τους οδηγούς τον εντοπισμό και τη χρήση των χώρων στάθμευσης.

## **Κεφάλαιο 3: Έξυπνα Συστήματα Στάθμευσης**

---

### **3.1 Εισαγωγή**

Οι αστικές περιοχές παγκοσμίως αντιμετωπίζουν μια ανησυχητική αύξηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, η οποία προκαλεί έντονους προβληματισμούς για το περιβάλλον. Ένας βασικός παράγοντας που συμβάλλει σε αυτό το πρόβλημα είναι η έλλειψη κατάλληλων χώρων στάθμευσης για τα οχήματα εντός των αστικών κέντρων. Η αναζήτηση θέσεων έχει μετατραπεί σε μια καθημερινή ταλαιπωρία για αμέτρητα άτομα σε όλο τον κόσμο. Σύμφωνα με τον Donald Shoup, καθηγητή αστικού σχεδιασμού στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, περίπου το 30% της κίνησης στους δρόμους των πόλεων οφείλεται από τα οχήματα που αναζητούν θέσεις για στάθμευση [23]. Αυτό το ζήτημα απαιτεί μια καινοτόμο λύση για τη σωστή διαχείριση της στάθμευσης και τον περιορισμό των βλαβερών επιπτώσεών της αναζήτησης για θέση, τόσο στην αστική μετακίνηση όσο και στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Ως λύση σε αυτές τις προκλήσεις, η εμφάνιση των συστημάτων έξυπνης στάθμευσης αποτελεί μια υποσχόμενη τεχνολογική προσέγγιση. Η έξυπνη στάθμευση ενσωματώνει το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) για την καλύτερη διαχείριση των χώρων στάθμευσης. Αυτή η προσέγγιση αξιοποιεί τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για να παρέχει στους χρήστες ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τη διαθεσιμότητα. Χρησιμοποιώντας προηγμένους αισθητήρες ενσωματωμένους σε θέσεις στάθμευσης ή κάμερες, τα συστήματα αυτά μπορούν να παρακολουθούν αποτελεσματικά και να αναμεταδίδουν τα δεδομένα πληρότητας σε μια κεντρική βάση δεδομένων. Οι πληροφορίες αυτές είναι στη συνέχεια προσβάσιμες για τους χρήστες μέσω εφαρμογών για κινητά τηλέφωνα ή ιστοσελίδων. Επιπλέον, η μετάβαση από τα παραδοσιακά συστήματα στάθμευσης σε έξυπνες λύσεις αποτελεί ευκαιρία για περαιτέρω αστική βελτίωση στο ευρύτερο πλαίσιο των έξυπνων πόλεων. Ο απώτερος σκοπός της έξυπνης στάθμευσης είναι η ανακούφιση από τη συμφόρηση, η ενίσχυση της αστικής κινητικότητας και η μείωση του οικολογικού αποτυπώματος.

## 3.2 Ο ρόλος του RFID

Η τεχνολογία της ταυτοποίησης μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RFID) έχει αλλάξει σημαντικά τα συστήματα έξυπνης στάθμευσης καθώς λειτουργεί μέσω ασύρματης επικοινωνίας με τη χρήση ραδιοκυμάτων, επιτρέποντας την απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συσκευών. Το RFID βασίζεται στην προσθήκη καρτών στα οχήματα και σε αναγνώστες που τοποθετούνται εντός των χώρων στάθμευσης. Κάθε όχημα φέρει μια μοναδική κάρτα RFID η οποία μεταδίδει τις πληροφορίες της στους αναγνώστες κατά την είσοδο και την έξοδο, με βασικό πλεονέκτημα του τον ανέπαφο έλεγχο πρόσβασης που διευκολύνει τις διαδικασίες της στάθμευσης. Επιπλέον, ενισχύει την ασφάλεια του χώρου μιας που το σύστημα ανταποκρίνεται μόνο σε εξουσιοδοτημένες κάρτες και μπορεί να καταγράφει και να αποθηκεύει τις πληροφορίες σχετικά με την είσοδο και την έξοδο κάθε οχήματος.

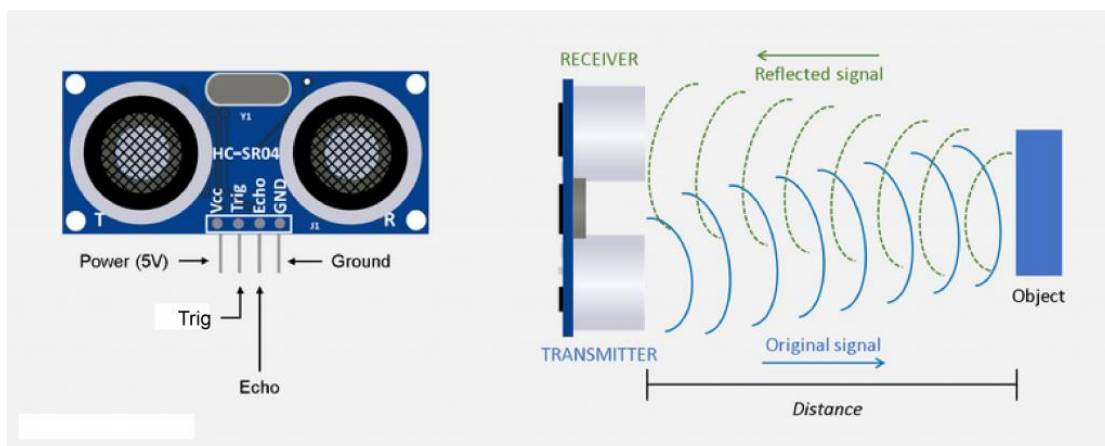
[20] [24]

## 3.3 Αισθητήρες και ανίχνευση

Η αποτελεσματική διαχείριση των χώρων στάθμευσης βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ακριβή ανίχνευση της πληρότητας τους. Αυτό το κεφάλαιο εξετάζει τον σημαντικό ρόλο των αισθητήρων που επιτρέπουν στα έξυπνα συστήματα στάθμευσης να προσδιορίζουν με ακρίβεια τη διαθεσιμότητα του πάρκινγκ.

### 3.3.1 Αισθητήρες υπερήχων

Οι αισθητήρες υπερήχων (Ultrasonic Sensors) χρησιμοποιούν ηχητικά κύματα για την ανίχνευση των οχημάτων. Για να επιτευχθεί αυτό, εκπέμπουν υπερηχητικά κύματα που ανακλώνται σε αντικείμενα και επιστρέφουν πίσω. Μετρώντας το χρόνο που χρειάζονται τα κύματα για να επιστρέψουν, ο αισθητήρας υπολογίζει την απόσταση από το αντικείμενο, προσδιορίζοντας έτσι αν μια θέση στάθμευσης είναι κατειλημμένη. Ωστόσο, είναι ευαίσθητοι σε περιβαλλοντικούς παράγοντες και απαιτούν συχνή συντήρηση. [25]

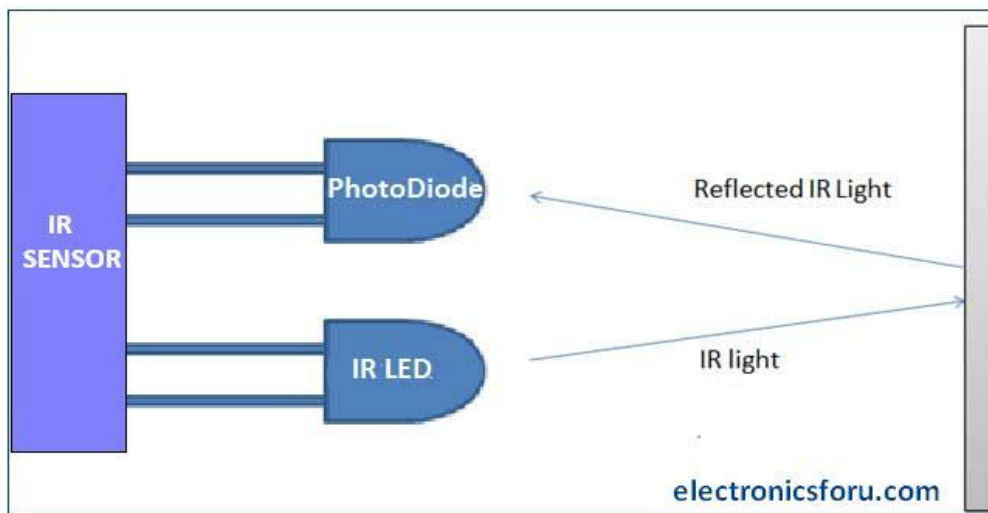


Εικόνα 6 : Ανίχνευση οχημάτων με υπέρηχο αισθητήρα [26]



### 3.3.2 Αισθητήρες υπέρυθρων

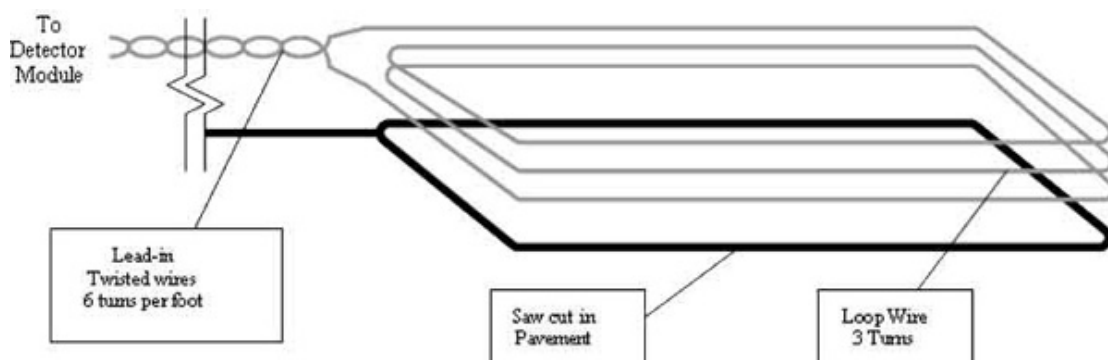
Οι αισθητήρες υπέρυθρων (Infrared Sensors, IR) ανιχνεύουν τα οχήματα με τη χρήση υπέρυθρου φωτός. Αυτοί οι αισθητήρες εκπέμπουν ακτίνες υπέρυθρης ακτινοβολίας και όταν ένα όχημα εμποδίζει την ακτίνα καταγράφει την παρουσία του. Οι αισθητήρες υπέρυθρων είναι αποδοτικοί και μπορούν να λειτουργήσουν τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους καθώς επίσης, επηρεάζονται λιγότερο από τις καιρικές συνθήκες σε σύγκριση με τους αισθητήρες υπερήχων. Ωστόσο, η ακρίβειά τους μπορεί να επηρεαστεί από τη συσσώρευση σκόνης ή βρωμιάς. [27]



Εικόνα 7 : Ανίχνευση οχημάτων με αισθητήρα υπέρυθρων [28]

### 3.3.3 Αισθητήρες επαγωγικού βρόχου

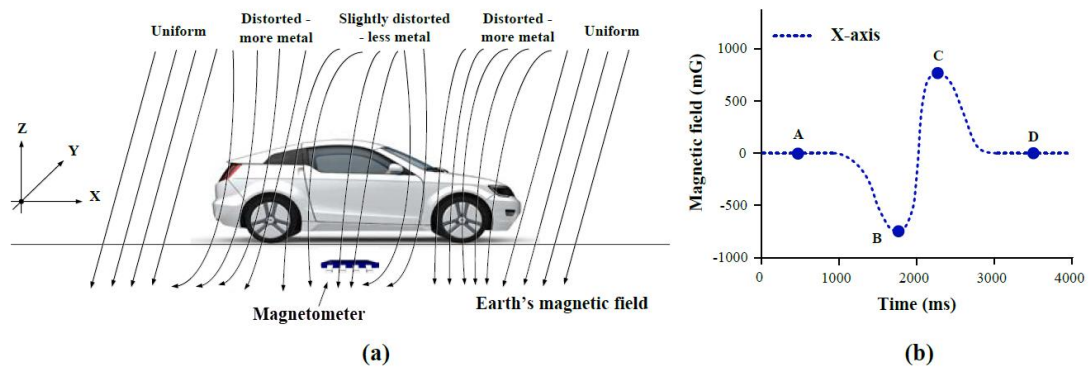
Οι αισθητήρες επαγωγικού βρόχου (Inductive Loop Sensors) είναι μια ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία στην ανίχνευση στάθμευσης. Αυτοί οι αισθητήρες είναι ενσωματωμένοι στο οδόστρωμα και δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Όταν ένα όχημα περνά πάνω από το βρόχο, ανιχνεύονται αλλαγές στο μαγνητικό πεδίο, υποδηλώνοντας την παρουσία του. Είναι γνωστοί για την αξιοπιστία και την ανθεκτικότητά τους. Ωστόσο, η εγκατάστασή τους είναι πολύπλοκη, απαιτώντας το κλείσιμο δρόμων για μεγάλο χρονικό διάστημα. [29]



Εικόνα 8 : Ανίχνευση οχημάτων επαγωγικού βρόχου [30]

### 3.3.4 Μαγνητικοί αισθητήρες

Οι μαγνητικοί αισθητήρες (magnetic sensors) χρησιμοποιούν τις μαγνητικές ιδιότητες των οχημάτων για την ανίχνευση της παρουσίας τους. Αυτοί οι αισθητήρες εγκαθίστανται κάτω από την επιφάνεια των χώρων στάθμευσης (όπως και οι αισθητήρες επαγωγικού βρόγχου) και ανιχνεύουν διαταραχές στο μαγνητικό πεδίο της γης που προκαλούνται από την παρουσία ενός οχήματος [31]. Είναι ανθεκτικοί, έχουν ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης και είναι αρκετά χρήσιμοι στην ανίχνευση μεγάλων οχημάτων, αλλά απαιτούν ακριβή ρύθμιση (καλιμπράρισμα) κατά την εγκατάστασή τους.



Εικόνα 9 : Ανίχνευση οχημάτων με μαγνητικό αισθητήρα [32]

### 3.3.5 Σύγκριση

Αισθητήρες	Ακρίβεια	Κόστος	Πολυπλοκότητα Εγκατάστασης	Τοποθέτηση	Ευαισθησία σε εξωτερικούς παράγοντες	Συντήρηση
<b>Υπερήχων</b>	Μέτρια	Χαμηλό	Μέτρια	Εσωτερικοί χώροι	Υψηλή	Μέτρια
<b>Υπέρυθρον</b>	Μέτρια	Χαμηλό	Χαμηλή	Εξωτερικοί/Εσωτερικοί χώροι	Χαμηλή	Χαμηλή
<b>Επαγωγικού βρόγχου</b>	Υψηλή	Μέτριο	Υψηλή	Εξωτερικοί χώροι/ Μεγάλης κυκλοφορίας	Ελάχιστη	Χαμηλή
<b>Μαγνητικοί</b>	Υψηλή	Μέτριο	Μέτρια	Εξωτερικοί/Εσωτερικοί χώροι/Μεγάλα οχήματα	Χαμηλή	Ελάχιστη

Πίνακας 1 : Σύγκριση αισθητήρων ανίχνευσης οχημάτων

Συνοψίζοντας, κάθε αισθητήρας παρέχει μοναδικά χαρακτηριστικά, καθιστώντας τους πολύτιμα εργαλεία για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των χώρων στάθμευσης.



## 3.4 Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων

Εξίσου σημαντικής σημασίας για την αποτελεσματική διαχείριση των χώρων στάθμευσης είναι και η συλλογή των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Το κεφάλαιο αυτό εστιάζει στη συλλογή των δεδομένων, τις τεχνικές επεξεργασίας τους και την ενσωμάτωσή τους για βελτίωση της ακρίβειας.

Οι αισθητήρες που αναφέρθηκαν στη προηγούμενη ενότητα (3.3) παρακολουθούν συνεχώς την κατάσταση πληρότητας του χώρου και αναμεταδίδουν αυτά τα δεδομένα ώστε οι οδηγοί / χρήστες να αποφασίζουν, πλήρως ενημερωμένοι σχετικά με τις διαθέσιμες θέσεις, ελαχιστοποιώντας έτσι το χρόνο που ξοδεύουν για την αναζήτησή τους. Στην πραγματικότητα όμως, τα ακατέργαστα δεδομένα που λαμβάνονται μπορεί να είναι λανθασμένα λόγω ανακρίβειας του αισθητήρα ή ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Για αυτό χρησιμοποιούνται τεχνικές επεξεργασίας και φιλτραρίσματος των δεδομένων όπως το φίλτρο Kalman [33] και η μέθοδος Interquartile Range (IQR) [34], αυξάνοντας την ακρίβειά και διασφαλίζοντας ότι οι χρήστες θα έχουν αξιόπιστες πληροφορίες. Αναλύοντας προηγούμενα μοτίβα και τα δεδομένα αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο, τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για να προβλέψουν τη πιθανή πληρότητα με βάση στοιχεία όπως η ώρα της ημέρας και οι καιρικές συνθήκες. Εν κατακλείδι, η δυνατότητα πρόβλεψης μειώνει τη συμφόρηση και ενισχύει τη συνολική αποτελεσματικότητα της διαχείρισης του χώρου.

## 3.5 Επικοινωνία

Τα ασύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας επιτρέπουν την ανεμπόδιση μεταφορά πληροφοριών μεταξύ των αισθητήρων στάθμευσης και των κεντρικών υπολογιστών. Στην έξυπνη στάθμευση ξεχωρίζουν τρεις κατηγορίες πρωτοκόλλων, με την κάθε μια να προσφέρει ξεχωριστά πλεονεκτήματα που ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένες απαιτήσεις.

### 3.5.1 Wi-Fi (Wireless Fidelity)

Στο πλαίσιο της έξυπνης στάθμευσης, το Wi-Fi αποτελεί ανεκτίμητο εργαλείο για τη διευκόλυνση της ταχείας ανταλλαγής δεδομένων. Αυτό το καθιστά κατάλληλο για εφαρμογές που απαιτούν ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο, όπως τα συστήματα στάθμευσης. Επιπλέον, η ευρεία χρήση και η επικράτησή του διευκολύνει τις ήδη υπάρχουσες υποδομές. Είναι σημαντικό όμως να σημειωθεί ότι έχει σχετικά υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας του συγκριτικά με τα υπόλοιπα πρωτόκολλα, πράγμα που δεν το χρήζει πρώτη επιλογή σε εφαρμογές που δίνουν προτεραιότητα στην ενεργειακή αποδοτικότητα. [35]

### 3.5.2 LoRa (Long Range)

Το LoRa αποτελεί μια αποτελεσματική λύση για εφαρμογές που δίνουν έμφαση στην επικοινωνία μεγάλης εμβέλειας και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Λειτουργώντας σε χαμηλότερες ζώνες συχνοτήτων, το LoRa μπορεί να καλύψει μεγάλες αποστάσεις καταναλώνοντας ελάχιστη ενέργεια. Αυτό το καθιστά εξαιρετικά κατάλληλο για συστήματα στάθμευσης σε υπαίθριους χώρους ή γκαράζ πολλαπλών επιπέδων. Η ικανότητα του LoRa να είναι ανθεκτικό στις παρεμβολές ενισχύει περαιτέρω την καταλληλότητά του για σύνθετα αστικά περιβάλλοντα. [35] [36]

### 3.5.3 NB-IoT (Narrowband Internet of Things)

Σχεδιασμένο για να ανταποκρίνεται στις ιδιαίτερες απαιτήσεις επικοινωνίας των συσκευών IoT, το NB-IoT προσφέρει αξιόπιστη λύση συνδεσιμότητας. Αξιοποιώντας τα χαρακτηριστικά στενής ζώνης, χρησιμοποιεί κυψελοειδή δίκτυα, εξασφαλίζοντας σταθερή συνδεσιμότητα ακόμη και σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές. Με έμφαση στην εκτεταμένη εμβέλεια και τη μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, το NB-IoT υπερέχει σε εφαρμογές που απαιτούν απομακρυσμένη παρακολούθηση. [36]

### 3.5.4 Σύγκριση

Κριτήρια	Wi-Fi	LoRa (Long Range)	NB-IoT (Narrowband IoT)
Συχνότητα Ζώνης	2,4 GHz / 5 GHz	Ζώνες Sub-GHz	Κυψελωτά Δίκτυα
Ρυθμός Δεδομένων	Υψηλός	Χαμηλός έως Μέτριος	Χαμηλός έως Μέτριος
Εμβέλεια	Κοντινή	Μακρινή	Μακρινή
Κατανάλωση Ενέργειας	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Αντοχή σε Παρεμβολές	Ευάλωτη	Υψηλή	Υψηλή
Κατάλληλο για Πυκνοκατοικημένες Περιοχές	Ναι	Ναι	Ναι
Περιπτώσεις Χρήσης	Εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο	Απομακρυσμένη Παρακολούθηση	Απομακρυσμένη Παρακολούθηση

Πίνακας 2 : Σύγκριση πρωτοκόλλων επικοινωνίας

Συγκρίνοντας αυτά τα πρωτόκολλα επικοινωνίας γίνεται σαφές πως κάθε τεχνολογία είναι προσαρμοσμένη για διαφορετικές απαιτήσεις, προσφέροντας ένα φάσμα επιλογών και καλύπτοντας πολλές από τις περιπτώσεις ασύρματης συνδεσιμότητας για τα έξυπνα συστήματα στάθμευσης.

## 3.6 Εφαρμογές για κινητά

Ο όρος "εφαρμογές" αναφέρεται στα προγράμματα για κινητά που επιτρέπουν στους χρήστες να αλληλοεπιδρούν με το σύστημα έξυπνης στάθμευσης. Στο πλαίσιο των συστημάτων αυτών, οι εφαρμογές διαθέτουν συνήθως λειτουργίες που περιλαμβάνουν την εύρεση διαθέσιμων θέσεων, την καθοδήγηση προς αυτές, την πραγματοποίηση κρατήσεων και την πληρωμή.

Οι εφαρμογές αποτελούν την "γέφυρα" ανάμεσα στους οδηγούς και τα συστήματα στάθμευσης. Είναι σημαντικό να παρέχουν ένα φιλικό προς τους χρήστες περιβάλλον που διευκολύνει την πρόσβαση σε χρήσιμες πληροφορίες. Με τον τρόπο αυτό, συμβάλλουν στη δημιουργία ενός πιο ξεκούραστου και ευχάριστου αστικού περιβάλλοντος και καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, αναμένεται να συμβάλλουν περαιτέρω.

Μερικές από τις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται στην έξυπνη στάθμευση:

- Εφαρμογές όπως το **ParkWhiz** και το **SpotHero** προσφέρουν στους χρήστες την ευκολία να ελέγχουν σε πραγματικό χρόνο τη διαθεσιμότητα χώρων στάθμευσης και να εξασφαλίζουν θέσεις εκ των προτέρων.
- Οι γνωστές εφαρμογές **Google Maps** και **Waze**, έχουν ενσωματώσει πληροφορίες σχετικά με τη στάθμευση στις πλατφόρμες τους, καθοδηγώντας τους οδηγούς στις πλησιέστερες θέσεις με ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη διαθεσιμότητα.
- Στο πλαίσιο των έξυπνων παρκόμετρων το **ParkMobile** και το **PayByPhone** επιτρέπουν στους χρήστες να πληρώνουν και να παρατείνουν την περίοδο στάθμευσης από απόσταση χωρίς την ανάγκη "φυσικών" χρημάτων.
- Επίσης, το **ParkMobile** χρησιμοποιείται από το Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ [37] βοηθώντας τους φοιτητές και το προσωπικό για την εύρεση θέσεων στην πανεπιστημιούπολη.
- Εταιρείες όπως η **Streetline** και η **ParkHelp** αξιοποιούν το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) για να παρέχουν δεδομένα σχετικά με την πληρότητα σε πραγματικό χρόνο μέσω των εφαρμογών τους.

Τα παραδείγματα αυτά επιβεβαιώνουν την θετική επίδραση της τεχνολογίας στις σύγχρονες λύσεις στάθμευσης, καθιστώντας τη διαδικασία πιο αποτελεσματική τόσο για τους οδηγούς όσο και για αυτούς που διαχειρίζονται τους χώρους.

### 3.7 Ενεργειακή απόδοση και βιωσιμότητα

Με την κλιματική αλλαγή να αποτελεί απειλή, ένας ακόμα στόχος των έξυπνων συστημάτων στάθμευσης είναι η μείωση των ρύπων και των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση αισθητήρων και την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, μειώνοντας σημαντικά τον χρόνο που χρειάζεται για την αναζήτηση θέσεων και κατά συνέπεια τους ρύπους.

Τα έξυπνα συστήματα στάθμευσης αποτελούν από μόνα τους ενεργειακά βιώσιμες λύσεις, καθώς μπορούν να τροφοδοτηθούν μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η υιοθέτηση τέτοιων μέσων για την τροφοδοσία των εγκαταστάσεων είναι εξίσου σημαντική για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης. Για παράδειγμα, τοποθετώντας φωτοβολταϊκά πάνελ, η συλλεγόμενη ηλιακή ενέργεια μπορεί να τροφοδοτεί τους αισθητήρες αλλά και τους σταθμούς φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Με αυτόν τον τρόπο, η υιοθέτηση των έξυπνων συστημάτων στάθμευσης δεν εξυπηρετεί απλώς τις επικρατούσες ανάγκες, αλλά προσφέρει και πρωτοποριακές λύσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της βιωσιμότητας σε όλο τον αστικό χώρο.

Στην έρευνα που εκπόνησαν οι Mujeeb ur Rehman και Munam Ali Shah, "A Smart Parking System to Minimize Searching Time, Fuel Consumption, and CO<sub>2</sub> Emission" [38], παρατήρησαν πως με την εφαρμογή ενός έξυπνου χώρου στάθμευσης ο χρόνος αναζήτησης για θέση μειώθηκε κατά 81%, η κατανάλωση καυσίμων κατά 81% και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) κατά 78%, συγκριτικά με τους συμβατικούς τρόπους στάθμευσης, αποδεικνύοντας τον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν τα Smart Parking Systems στην ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης και στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων.

### 3.8 Μελέτες περιπτώσεων έξυπνης στάθμευσης

Στην παρούσα εργασία έχουν αναλυθεί τόσο τα χαρακτηριστικά όσο και τα οφέλη των έξυπνων συστημάτων στάθμευσης. Στην συγκεκριμένη ενότητα θα παρουσιαστούν πρακτικά μέσα από μελέτες επιτυχημένων περιπτώσεων:

Το **SFPark** στο Σαν Φρανσίσκο [39], με την ενσωμάτωση αισθητήρων, την ανάλυση δεδομένων για την συνεχή παροχή πληροφοριών και την κράτηση και πληρωμή των θέσεων εκ των προτέρων, εφάρμοσε με επιτυχία ένα έξυπνο σύστημα για την αντιμετώπιση των αυξανόμενων προβλημάτων στάθμευσης στο κέντρο της πόλης. Μια άλλη περίπτωση που αναδεικνύει την αποτελεσματικότητα των συστημάτων αυτών είναι η πόλη της Βαρκελώνης με το **ApparkB** [40]. Όπως το Σαν Φρανσίσκο, έτσι και η Βαρκελώνη αντιμετώπιζε προκλήσεις με την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τις περιορισμένες θέσεις στάθμευσης. Επιπρόσθετα όμως, το ApparkB έχει δοκιμάσει να ενσωματώσει την έξυπνη στάθμευση με άλλες αστικές υπηρεσίες, όπως τις εφαρμογές μέσων μαζικής μεταφοράς, δημιουργώντας μια πιο ολιστική προσέγγιση στη διαχείριση της αστικής μετακίνησης. Τέλος, όπως και τα προηγούμενα συστήματα, το **Parksmart** [41] της Σιγκαπούρης αποτελεί άλλη μια μοναδική περίπτωση καθώς με όλες τις προηγούμενες ιδιότητες των χώρων στάθμευσης που αναφέρθηκαν χρησιμοποιεί και την τεχνολογία ALPR (Automated License Plate Recognition) για τον έλεγχο των οχημάτων που εισέρχονται και εξέρχονται από τον χώρο, ενισχύοντας την ασφάλεια και καταργώντας την ανάγκη εισιτηρίων για πρόσβαση. Η επιτυχία αυτών των περιπτώσεων αποδεικνύει την δυνατότητα των έξυπνων συστημάτων στάθμευσης να αντιμετωπίζουν τη κυκλοφοριακή συμφόρηση και να βελτιώνουν τη συνολική εμπειρία της αστικής μετακίνησης.

# Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός και υλοποίηση με τη χρήση Arduino

---

## 4.1 Γενικότερες πληροφορίες Arduino

Το Arduino είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή ανοικτού κώδικα. Δημιουργήθηκε για πρώτη φορά στην Ιταλία από μια ομάδα μηχανικών και σχεδιάστηκε για να είναι προσιτό και εύκολο στη χρήση [42]. Η πλακέτα Arduino αποτελείται από έναν μικροελεγκτή, ο οποίος λειτουργεί ως εγκέφαλος της πλακέτας, διάφορες ακίδες εισόδου/εξόδου και μια διασύνδεση προγραμματισμού (programming interface). Η πλακέτα αυτή είναι ικανή να διαβάζει εισόδους από διάφορους αισθητήρες και να επεξεργάζεται αυτές τις πληροφορίες για να παρέχει εξόδους. Το Arduino έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι ιδιαίτερα ευέλικτο, καθιστώντας εύκολη την προσθήκη επιπλέον εξαρτημάτων και αισθητήρων χωρίς επανασχεδιασμό ολόκληρου του συστήματος. Αυτό το χαρακτηριστικό το καθιστά δημοφιλές για τη γρήγορη ανάπτυξη πρωτοτύπων και τον πειραματισμό. Επιπλέον, το Arduino είναι σε θέση να επικοινωνεί με άλλες συσκευές και συστήματα, όπως υπολογιστές, smartphones ή το διαδίκτυο, προσφέροντας ατελείωτες δυνατότητες για την ενσωμάτωση διαφορετικών συστημάτων. Εν κατακλείδι, το Arduino είναι μια ευέλικτη και προσιτή πλατφόρμα που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός μεγάλου εύρους έργων, από απλούς αισθητήρες έως σύνθετα ρομπότ.

Μια άλλη σημαντική παράμετρος του συστήματος έξυπνης στάθμευσης είναι η ενσωμάτωση των πληροφοριών χρήστη. Το σύστημα μπορεί να σχεδιαστεί για να συλλέγει πληροφορίες για τον χρήστη/οδηγό, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της εμπειρίας στάθμευσης. Επιπλέον, οι οδηγοί μπορούν να λαμβάνουν ενημερώσεις σχετικά με τη διαθεσιμότητα των θέσεων στάθμευσης, επιτρέποντάς τους να προγραμματίζουν το ταξίδι τους ανάλογα. Αυτή η λειτουργία δεν θα παρέχει μόνο ευκολία στους χρήστες, αλλά θα μειώσει επίσης την κυκλοφοριακή συμφόρηση που προκαλείται από τους οδηγούς που προσπαθούν να βρουν θέσεις. Ακόμη, οι χρήστες μπορούν να λαμβάνουν ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη διαθεσιμότητα των θέσεων στάθμευσης, επιτρέποντάς τους να προγραμματίζουν το ταξίδι τους ανάλογα. Επομένως, η ενσωμάτωση των πληροφοριών στο σύστημα έξυπνης στάθμευσης μέσω του Arduino είναι ουσιαστικής σημασίας για τη βελτίωση της εξυπηρέτησης των οδηγών.

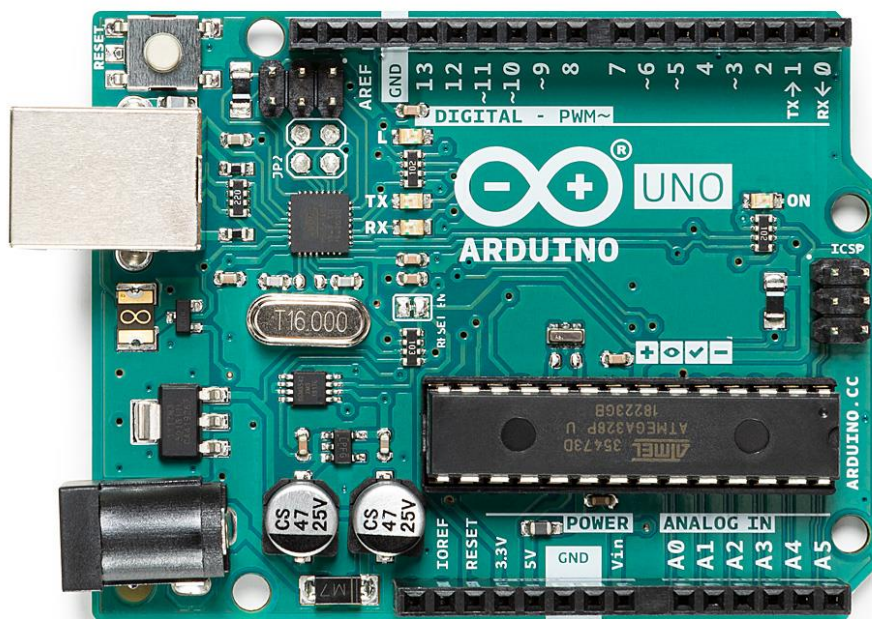
## 4.2 Εξαρτήματα και Υλικά

Για την υλοποίηση του χώρου έξυπνης στάθμευσης χρειάστηκαν τα εξής εξαρτήματα:

- 1 Arduino UNO R3
- 4 Αισθητήρες υπέρυθρων IR
- 1 Αισθητήρας ανάγνωσης RFID
- 1 Οθόνη I2C LCD 16x2
- 1 Σερβοκινητήρας SG90
- Καλώδια F-F και M-F
- Breadboard και
- Καλώδια για τροφοδοσία

### 4.2.1 Πλακέτα Arduino UNO R3

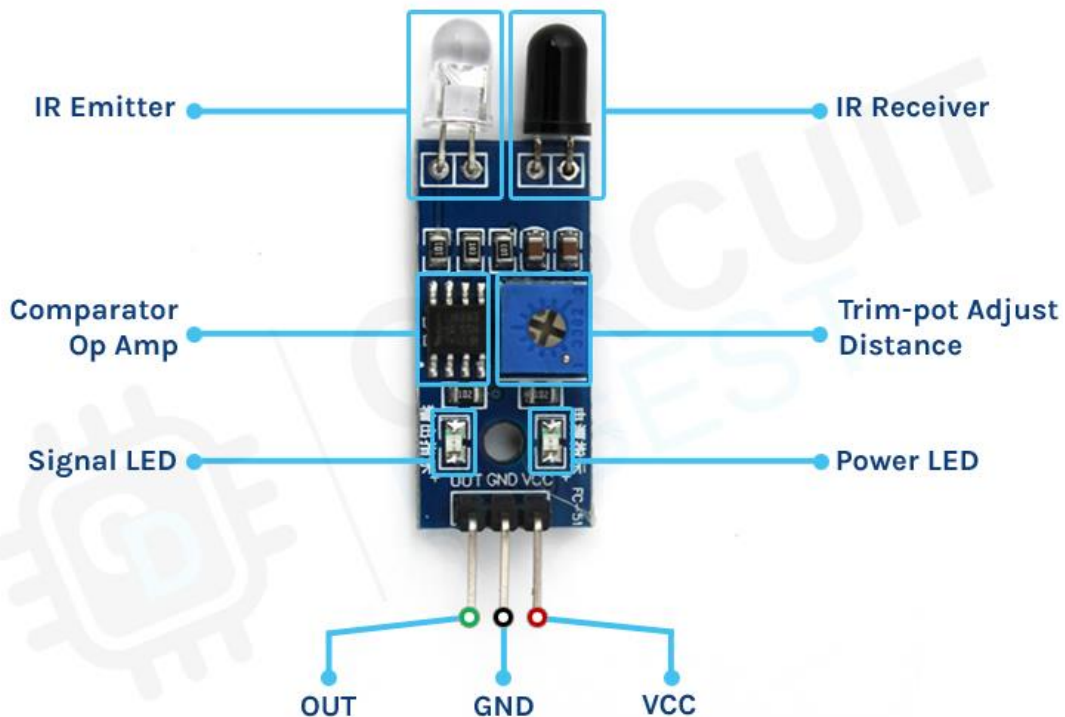
Το Arduino UNO R3 (έκδοση 3) είναι η πιο εξελιγμένη έκδοση του UNO. Είναι μια πλακέτα βασισμένη στον μικροελεγκτή ATmega328P, έχει 14 ψηφιακές εισόδους/εξόδους (digital input/output), 6 αναλογικές εισόδους (analog inputs), ρολόι στα 16 MHz (ceramic resonator), σύνδεση USB, υποδοχή τροφοδοσίας, υποδοχή ICSP και κουμπί επανεκκίνησης (reset). Το κόστος τόσο της πλακέτας όσο και των περιφερειακών αυτής είναι μικρό για αυτό είναι εύκολη η αντικατάστασή τους σε περίπτωση βλάβης. Πέρα από οικονομικό το Arduino UNO είναι εύκολο στον προγραμματισμό μιας που διαθέτει δωρεάν το δικό του προγραμματιστικό περιβάλλον γνωστό και ως Arduino IDE, με αμέτρητες βιβλιοθήκες και παραδείγματα που το χρήζουν εύκολο για κάποιον χωρίς εξειδίκευση στον τομέα των μικροελεγκτών. [43]



Εικόνα 10 : Πλακέτα Arduino UNO R3 [44]

## 4.2.2 IR Sensors

Ένας αισθητήρας υπέρυθρων ή αλλιώς IR Sensor είναι ένα όργανο που ανιχνεύει και αναλύει τα κύματα υπέρυθρων. Αυτός ο αισθητήρας είναι αρκετά διαδεδομένος και χρησιμοποιεί μια απλή λογική για την λειτουργία του που αποτελείται από δύο στοιχεία: το IR transmitter και το IR receiver (όπως φαίνονται και στην παρακάτω εικόνα), όπου το IR transmitter αποστέλλει κύματα υπέρυθρων και το IR receiver τα αποδέχεται. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύει κίνηση δείχνει "0" και χωρίς κίνηση "1". Επίσης, το ποτενσιόμετρο που βρίσκεται πάνω στον αισθητήρα χρησιμοποιείται για ρυθμίζει την ευαισθησία και την απόσταση που ανιχνεύει ένα αντικείμενο. [45]

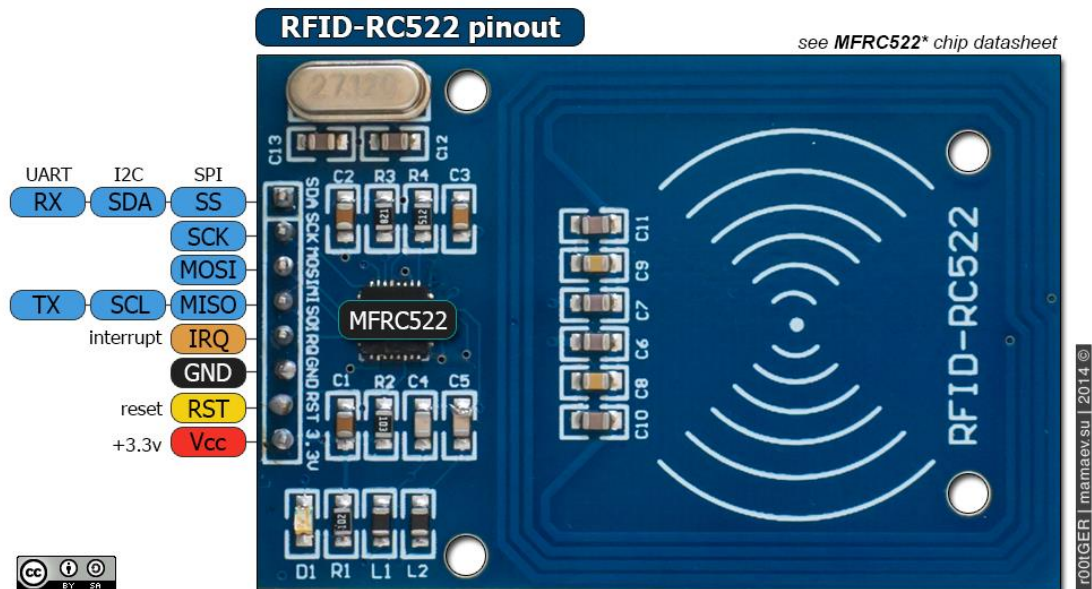


Εικόνα 11 : Αισθητήρας Υπέρυθρων [46]

## 4.2.3 RFID

Το RFID RC522 είναι ο πιο φθηνός αισθητήρας ανάγνωσης για το Arduino και άλλους μικροελεγκτές. Ένα RFID ή αλλιώς radio frequency identification system αποτελείται από δύο μέλη: μια ηλεκτρομαγνητική κάρτα (ή κάποιο tag με μορφή μπρελόκ) που έχει το δικό της μοναδικό UID και από ένα αισθητήρα ανάγνωσης που στέλνει σήμα στα tags και διαβάζει την απάντησή τους. Το RC522 module δουλεύει σε συχνότητα 13.56 MHz και χρησιμοποιεί υψηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικά πεδία για να μεταφέρει πληροφορίες σε μικρές αποστάσεις. Για αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκε το σύστημα RFID ώστε μόνο τα αυτοκίνητα με τη σωστή πληροφορία (σωστό UID) να μπαίνουν στο πάρκινγκ. Τέλος, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα περιφερειακά της εργασίας το RFID τροφοδοτείται με 3,3 Volt. [47]

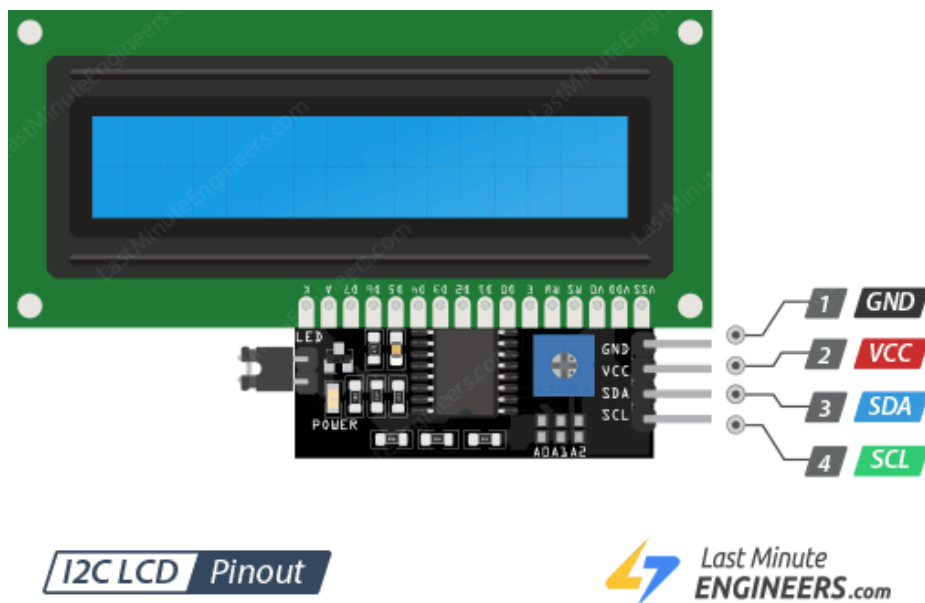




Εικόνα 12 : RFID-RC522 Αισθητήρας Ανάγνωσης [48]

#### 4.2.4 Οθόνη I2C LCD

Για να απεικονίσουμε ένα κείμενο στο Arduino χρειάζομαστε μια LCD οθόνη, όμως για την σύνδεση της οθόνης καταναλώνονται αρκετοί ψηφιακοί ακροδέκτες με αποτέλεσμα να μην υπάρχει χώρος στο Arduino για υπόλοιπα περιφερειακά. Για αυτόν το λόγο χρησιμοποιούμε ένα I2C LCD display που καταναλώνει μόνο δύο αναλογικές εισόδους. Η οθόνη για τη συγκεκριμένη εργασία έχει μέγεθος 16x2, που σημαίνει ότι μπορεί να απεικονίσει συνολικά 32 χαρακτήρες ASCII σε δυο γραμμές των 16 χαρακτήρων η κάθε μια, με τον κάθε χαρακτήρα να αποτελείται από ένα πλέγμα 5x8 pixels. [49]

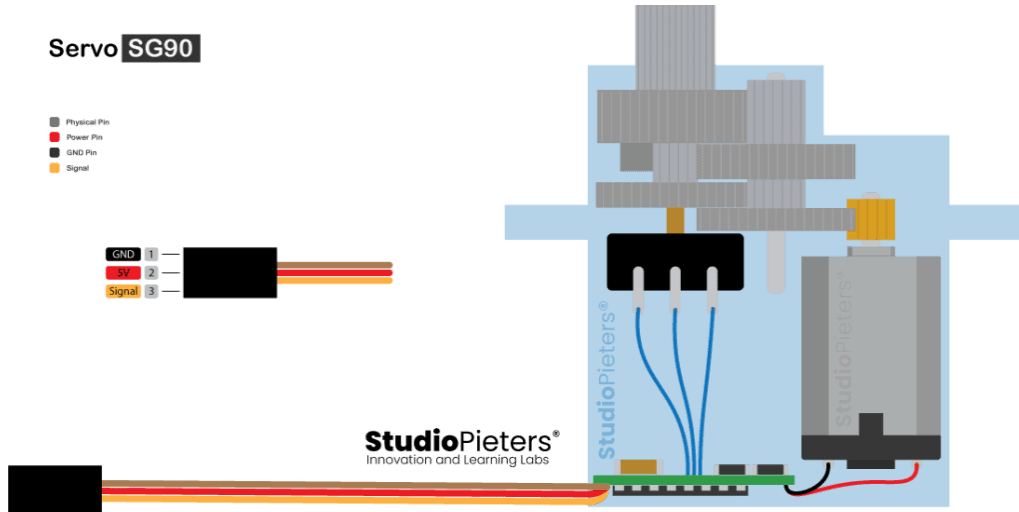


Εικόνα 13 : Οθόνη I2C LCD 12x6 [50]



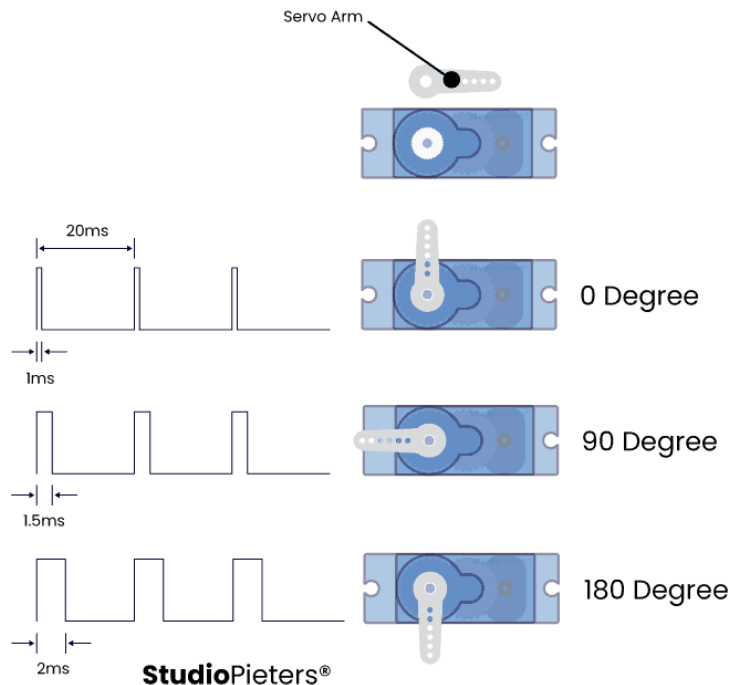
## 4.2.5 Servomotor

Για την είσοδο και την έξοδο από τον χώρο στάθμευσης χρησιμοποιήθηκε ένα μικρό μοτέρ με κίνηση από 0 έως και 180 που αντέχει φορτίο μέχρι 2,2 κιλά και λειτουργεί με περίπου 5 Volts. Η θέση του σερβοκινητήρα καθορίζεται από το μήκος του παλμού που λαμβάνει κάθε περίπου 20 χιλιοστά του δευτερολέπτου. [51]



Εικόνα 14 : Σερβοκινητήρας SG90 [52]

Την αρχική θέση της μπάρας πέρα από φυσικά την ορίζουμε και από τον κώδικα στο Arduino IDE με βάση την θέση του κινητήρα πάνω στην μακέτα.



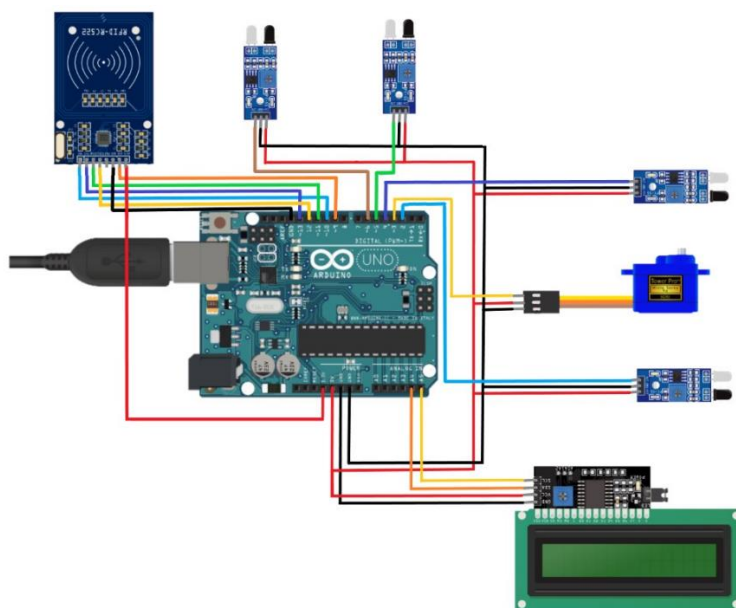
Εικόνα 15 : Θέσεις χεριού Σερβοκινητήρα [53]

## 4.3 Arduino IDE

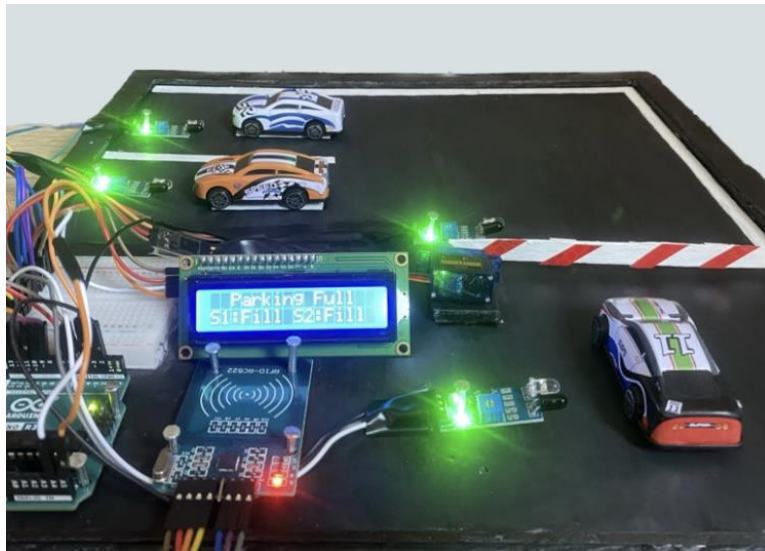
Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (Integrated Development Environment) Arduino είναι μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα που διαθέτει λογισμικό και εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή διαφόρων ηλεκτρονικών project. Το Arduino IDE αναπτύχθηκε το 2005 και παρέχει ένα ευέλικτο και φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον για την κωδικοποίηση σε πλακέτες Arduino. Χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς, όπως η ρομποτική, ο οικιακός αυτοματισμός, τα βιομηχανικά συστήματα ελέγχου και οι εφαρμογές καταγραφής δεδομένων. Η δημοτικότητα της πλατφόρμας μπορεί να αποδοθεί στην απλότητα και την αποτελεσματικότητα που προσφέρει κατά την ανάπτυξη των project. Προσφέρει στον χρήστη τη δυνατότητα να γράφει και να ανεβάζει κώδικες που εκτελούνται σε μια φυσική πλακέτα, επιτρέποντάς του έτσι να δημιουργεί πρωτότυπα γρήγορα και αποτελεσματικά. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του Arduino IDE είναι η υποστήριξή του για προγραμματισμό σε γλώσσα C, η οποία χρησιμοποιείται συνήθως στα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems). Η συγκεκριμένη πλατφόρμα παρέχει πολλές βιβλιοθήκες προεγγεγραμμένου κώδικα που επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν γρήγορα πολύπλοκα έργα χωρίς να χρειάζεται να γράφουν κώδικα από την αρχή. Επιπλέον, η λειτουργία αυτόματης συμπλήρωσης του Arduino IDE και ο έλεγχος σφαλμάτων σε πραγματικό χρόνο καθιστούν τη διαδικασία κωδικοποίησης πιο εύκολη. Οι χρήστες μπορούν επίσης να επωφεληθούν από το εργαλείο σειριακής παρακολούθησης της πλατφόρμας, το οποίο τους επιτρέπει να ελέγχουν και να διορθώνουν τα έργα τους καθώς κωδικοποιούν. Εν κατακλείδι, το Arduino IDE είναι ένα αποτελεσματικό και αποδοτικό λογισμικό που παρέχει ένα μέσο εύκολης έναρξης του προγραμματισμού μικροελεγκτών. [54]

## 4.4 Περιγραφή της διαδικασίας Υλοποίησης

Σε αυτή την ενότητα θα ασχοληθούμε με τη διαδικασία υλοποίησης. Θα επικεντρωθούμε στην αναλυτική περιγραφή της απαραίτητης κωδικοποίησης, στα λογικά διαγράμματα που τη συνοδεύουν καθώς και στη συνδεσμολογία του ολοκληρωμένου κυκλώματος.



Εικόνα 16 : Συνδεσμολογία κυκλώματος

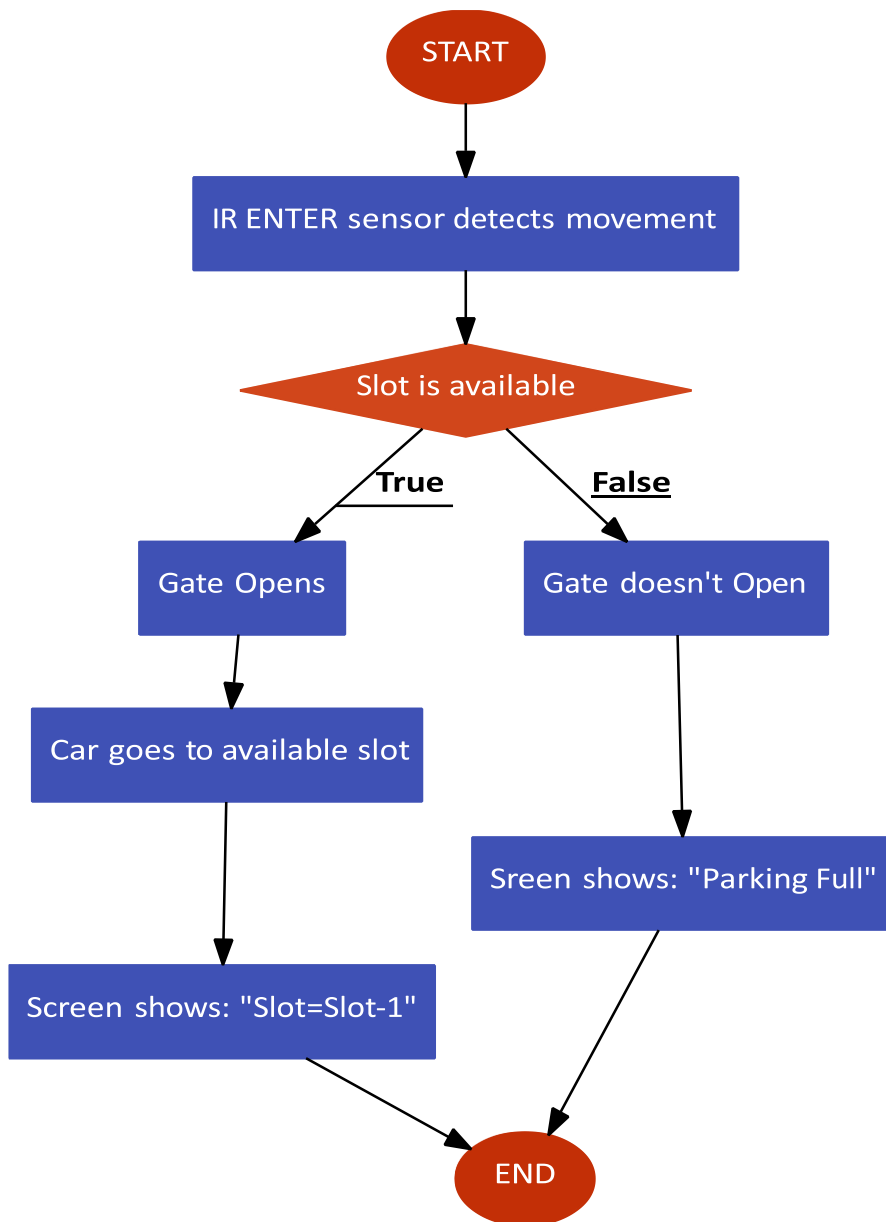


Εικόνα 17 : Απεικόνιση μακέτας

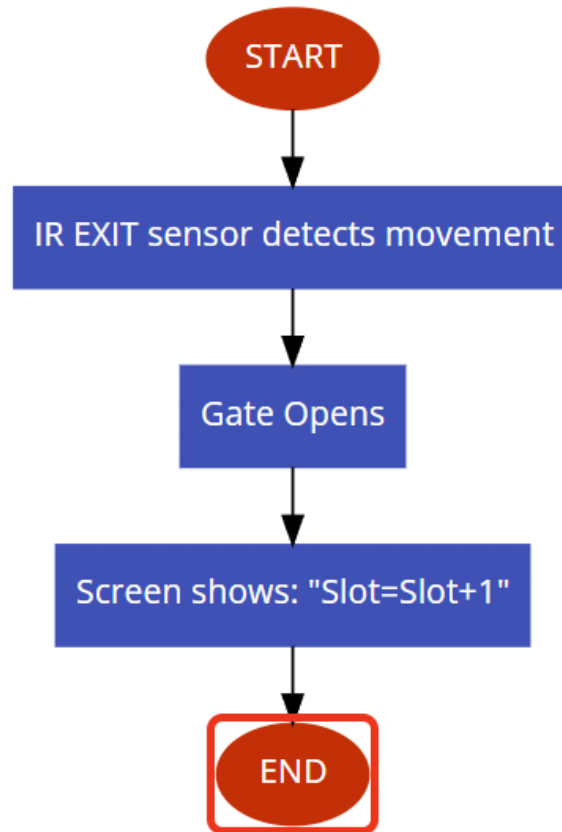
#### 4.4.1 Περιγραφή Κώδικα 1

Ο πρώτος κώδικας είναι ένα έξυπνο σύστημα στάθμευσης που χρησιμοποιεί το Arduino, έναν σερβοκινητήρα και αισθητήρες υπέρυθρων για να ανιχνεύει και να ελέγχει τη διαθεσιμότητα των θέσεων στάθμευσης. Ο κώδικας ξεκινά με την ενσωμάτωση βιβλιοθηκών όπως οι Servo.h, Wire.h και LiquidCrystal\_I2C.h και ταυτόχρονα προετοιμάζει την οθόνη LCD και το σερβοκινητήρα. Στη συνέχεια, στο κώδικα ρυθμίζονται τέσσερις αισθητήρες υπέρυθρων, δύο για την ανίχνευση των αυτοκινήτων στις θέσεις στάθμευσης και δύο για την ανίχνευση των αυτοκινήτων που εισέρχονται ή εξέρχονται από την περιοχή στάθμευσης. Για πρακτικούς λόγους το πάρκινγκ έχει συνολικά δύο θέσεις για στάθμευση. Η εντολή setup διαβάζει την αρχική κατάσταση των αισθητήρων και υπολογίζει τον αριθμό των διαθέσιμων θέσεων στάθμευσης.

Στο βρόγχο while, οι αισθητήρες "διαβάζουν" συνεχόμενα για να ανιχνεύσουν αλλαγές στην πληρότητα των θέσεων στάθμευσης. Η οθόνη LCD εμφανίζει τον αριθμό των διαθέσιμων θέσεων στάθμευσης και την κατάσταση κάθε θέσης στάθμευσης (διαθέσιμη-μη διαθέσιμη). Όταν ένα αυτοκίνητο εισέρχεται στο χώρο, ο κώδικας ελέγχει αν υπάρχουν διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης. Εάν υπάρχει διαθέσιμη θέση, ο σερβοκινητήρας μετακινεί την μπάρα για να περάσει το όχημα στη θέση και ενημερώνεται ο αριθμός των διαθέσιμων θέσεων. Όταν ένα αυτοκίνητο εξέρχεται από το χώρο στάθμευσης, ενημερώνεται πάλι ο αριθμός των διαθέσιμων θέσεων και ο σερβοκινητήρας μετακινεί την πύλη για να αποχωρήσει το όχημα. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμη θέση στο πάρκινγκ στην οθόνη εμφανίζεται το μήνυμα "Πάρκινγκ γεμάτο" και ο σερβοκινητήρας δεν ανοίγει την μπάρα. Για τον κώδικα του προγράμματος βλ. παράρτημα [A].



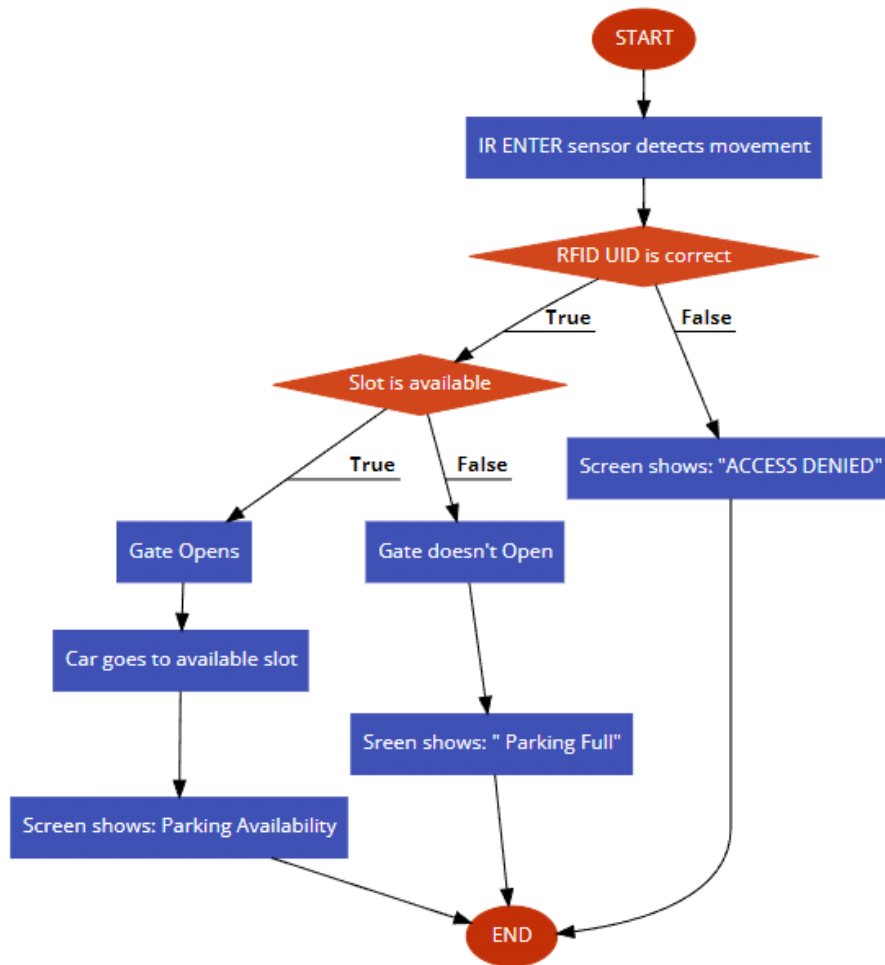
Εικόνα 18 : Λογικό διάγραμμα εισόδου κώδικα 1



Εικόνα 19 : Λογικό διάγραμμα εξόδου

#### 4.4.2 Περιγραφή Κώδικα 2

Ο δεύτερος κώδικας αφορά ένα έξυπνο σύστημα στάθμευσης που μπορεί να ανιχνεύει τη διαθεσιμότητα θέσεων στάθμευσης και ελέγχει την είσοδο και την έξοδο του χώρου. Το σύστημα χρησιμοποιεί Arduino και διάφορους αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένων δύο αισθητήρων IR για να ανιχνεύει αν ένα όχημα είναι σταθμευμένο σε μια θέση στάθμευσης, έναν αναγνώστη RFID για να διαβάζει τις πληροφορίες από μια κάρτα RFID και έναν σερβοκινητήρα για τον έλεγχο της εισόδου. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει τις απαραίτητες βιβλιοθήκες όπως SoftwareSerial, Servo, LiquidCrystal\_I2C, SPI και MFRC522. Η οθόνη LCD χρησιμοποιείται για να δείχνει ένα η μοναδική κάρτα RFID είναι αποδεκτή. Ο κώδικας θέτει σε λειτουργία τις απαραίτητες μεταβλητές, ορίζει τους ακροδέκτες (pin), ρυθμίζει την οθόνη LCD και ξεκινάει τον αναγνώστη RFID. Συνοπτικά, οι δύο κώδικες έχουν τις ίδιες λειτουργίες με την διαφορά του ελέγχου της εισόδου με το RFID. Για τον κώδικα του προγράμματος βλ. παράρτημα [B].



Εικόνα 20 : Λογικό διάγραμμα εισόδου RFID

Για την έξοδο και τα δύο προγράμματα χρησιμοποιούν το ίδιο λογικό διάγραμμα (βλ. Εικόνα 19).

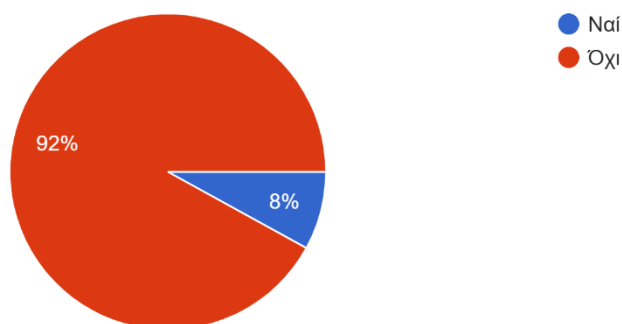
# Κεφάλαιο 5: Ερωτηματολόγιο

## 5.1 Σχολιασμός Ερωτηματολογίου

Καθώς η υιοθέτηση του Internet of Things και των έξυπνων τεχνολογιών συνεχίζει να αυξάνεται, η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αυτές γίνονται αντιληπτές καθίσταται απαραίτητη. Ο λόγος διεξαγωγής αυτής της μελέτης είναι η διαπίστωση του επιπέδου εξοικείωσης των φοιτητών με τα Έξυπνα Συστήματα Στάθμευσης, το IoT και το RFID, καθώς και τις ανησυχίες τους για την προστασία της ιδιωτικότητας. Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου αναλύθηκαν και παρουσιάζονται παρακάτω.

Μεταξύ των 50 φοιτητών που συμμετείχαν στην έρευνα, παρατηρήθηκε πως μόνο το 8% χρησιμοποίησαν έξυπνο σύστημα στάθμευσης σε πανεπιστήμιο, αποδεικνύοντας πως υπάρχουν περιθώρια για εισαγωγή τέτοιων συστημάτων στις πανεπιστημιούπολεις.

Έχετε χρησιμοποιήσει ποτέ έξυπνο σύστημα στάθμευσης σε πανεπιστήμιο;  
50 απαντήσεις



Εικόνα 21 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 1

Όσον αφορά την διαθεσιμότητα των θέσεων στάθμευσης σε πανεπιστήμια, παρατηρούμε πως η πλειοψηφία των ερωτηθέντων που απάντησαν πως είναι κακή ή πολύ κακή σπουδάζουν σε πόλεις όπως η Αθήνα και η Θεσσαλονίκη, πράγμα το οποίο περιμέναμε να δούμε δεδομένης της κυκλοφοριακής συμφόρησης και της έλλειψης χώρων στάθμευσης στις αστικές πόλεις.

<b>Πώς θα αξιολογούσατε τη διαθεσιμότητα θέσεων στάθμευσης στο πανεπιστήμιό σας;</b>	<b>Σε ποια πόλη σπουδάζετε;</b>
Κακή	Αθήνα
Πολύ Κακή	Αθήνα
Κακή	Αθήνα
Κακή	Αθήνα
Κακή	Αθήνα
Κακή	Θεσσαλονίκη
Κακή	Θεσσαλονίκη
Πολύ Κακή	Θεσσαλονίκη
Κακή	Θεσσαλονίκη
Πολύ Κακή	Θεσσαλονίκη
Κακή	Θεσσαλονίκη
Κακή	Θεσσαλονίκη
Πολύ Κακή	Θεσσαλονίκη
Πολύ Κακή	Θεσσαλονίκη
Κακή	Θεσσαλονίκη
Κακή	Θεσσαλονίκη
Πολύ Κακή	Κέρκυρα
Κακή	Κοζάνη
Πολύ Κακή	Φλώρινα

*Πίνακας 3 : Κακή / Πολύ Κακή διαθεσιμότητα*



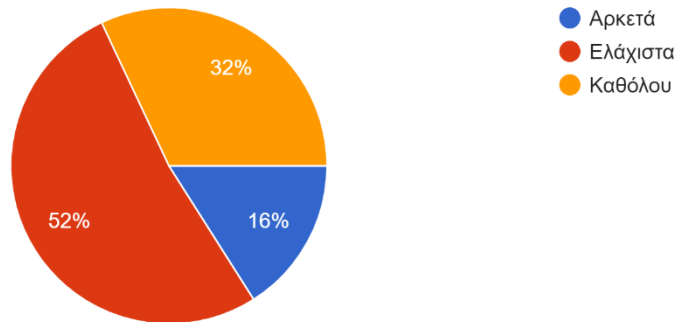
Επιπρόσθετα, αυτοί που ξοδεύουν την περισσότερη ώρα κατά μέσο όρο για θέση στάθμευσης είναι επίσης αυτοί που σπουδάζουν σε αστικές πόλεις.

Σε ποια πόλη σπουδάζετε;	Πόσο χρόνο ξοδεύετε ψάχνοντας για θέση στάθμευσης κατά μέσο όρο;
Αθήνα	10-15 λεπτά
Αθήνα	10-15 λεπτά
Αθήνα	Περισσότερο από 15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	Περισσότερο από 15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	Περισσότερο από 15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Θεσσαλονίκη	10-15 λεπτά
Κέρκυρα	Περισσότερο από 15 λεπτά
Κοζάνη	Περισσότερο από 15 λεπτά

Πίνακας 4 : Χρόνος ψάχνοντας για θέση στάθμευσης

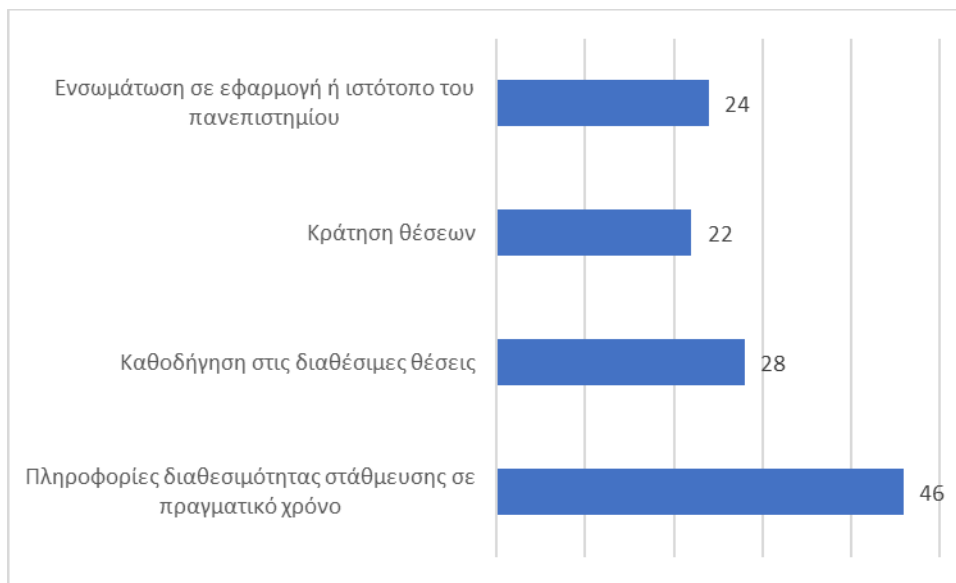
Τα έξυπνα συστήματα στάθμευσης υπάρχουν εδώ και αρκετά χρόνια στην Ελλάδα. Πολλά δημόσια πάρκινγκ, σουπερ μάρκετ και τα περισσότερα εμπορικά κέντρα διαθέτουν συστήματα αισθητήρων και οθόνες προβολής της διαθεσιμότητας θέσεων στάθμευσης. Παρ' όλα αυτά, με βάση τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου, υπάρχει ένδειξη ότι μόνο ένα ποσοστό κοντά στο 16% είναι αρκετά εξοικειωμένο με την έννοια των έξυπνων συστημάτων στάθμευσης πράγμα που σημαίνει πως υπάρχει έλλειψη πληροφόρησης σχετικά με τις δυνατότητες αυτών των συστημάτων.

Πόσο εξοικειωμένοι είστε με την έννοια ενός smart parking system;  
50 απαντήσεις



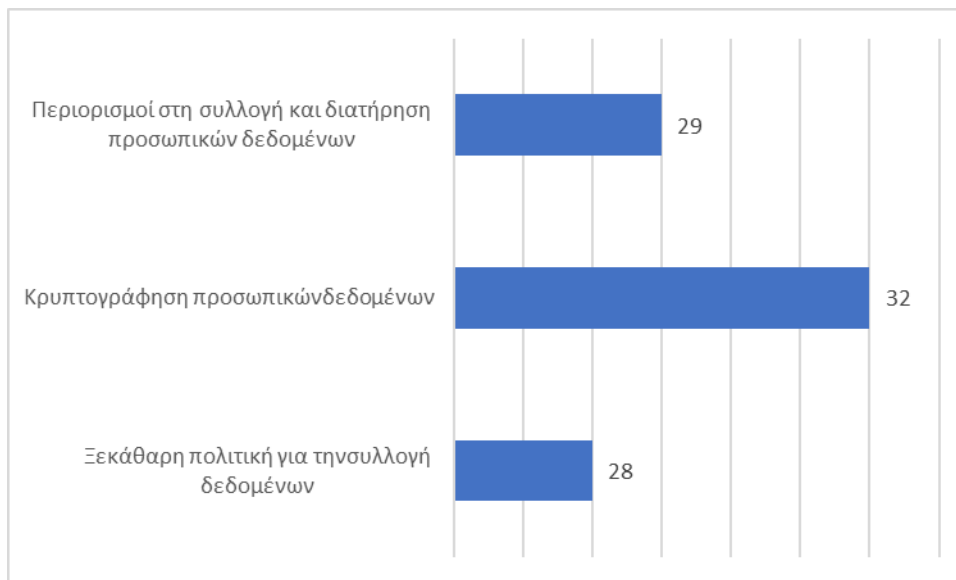
Εικόνα 22 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 5

Μερικά από τα χαρακτηριστικά που θα ήθελαν οι ερωτηθέντες να υπάρχουν σε ένα smart parking system:



Εικόνα 23 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 6

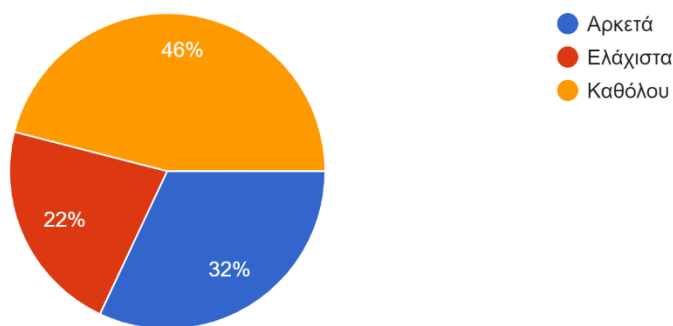
Παρόλο που οι περισσότεροι δεν ήταν αρκετά εξοικειωμένοι με την έννοια της Έξυπνης Στάθμευσης φαίνεται να προκαλεί ανησυχία η συλλογή δεδομένων και η διασφάλιση του προσωπικού τους απορρήτου. Μόνο το 30% δεν ανησυχεί καθόλου, με επικρατέστερα μέτρα για τη προστασία τους τα παρακάτω:



Εικόνα 24 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 11

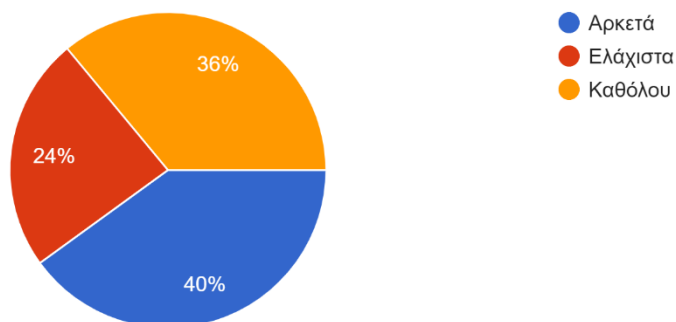
Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου παρουσιάζουν έλλειψη οικειότητας των ερωτηθέντων όσον αφορά το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και την αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (RFID), υπενθυμίζοντας πως καθώς οι τεχνολογίες αυτές συνεχίζουν να διαμορφώνουν το τοπίο της αστικής μετακίνησης υπάρχει ανάγκη για ενημέρωση.

Πόσο εξοικειωμένοι είστε με την τεχνολογία RFID? (Radio Frequency Identification)  
50 απαντήσεις



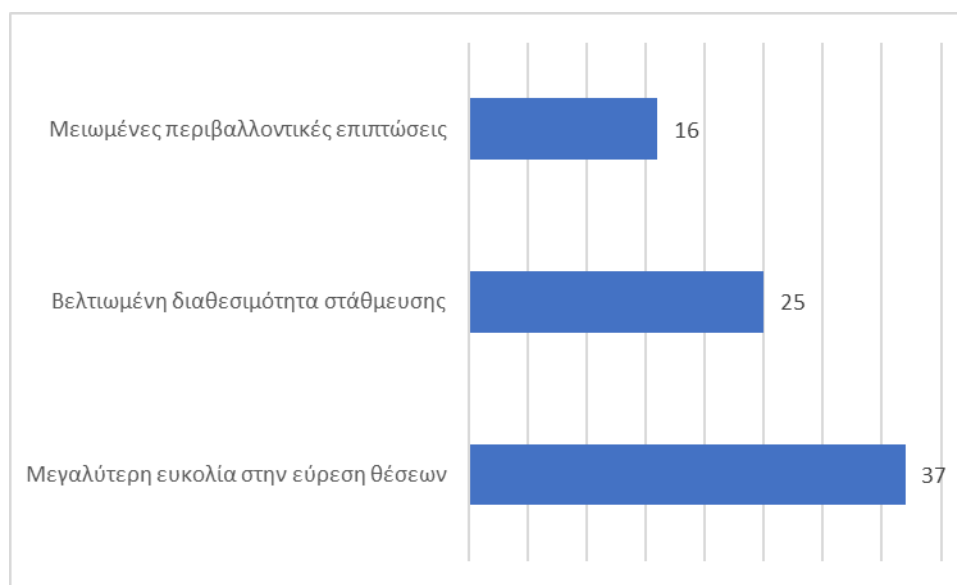
Εικόνα 25 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 8

Πόσο εξοικειωμένοι είστε με την έννοια του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT);  
50 απαντήσεις



Εικόνα 26 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 12

Μερικά από τα πιθανά οφέλη της τεχνολογίας IoT στα συστήματα στάθμευσης με βάση τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου:



Εικόνα 27 : Ερωτηματολόγιο / Ερώτηση 13

Στη τελευταία ερώτηση του ερωτηματολογίου, μόνο δύο φοιτητές έδωσαν προτάσεις για τη βελτίωση των συστημάτων στάθμευσης στα πανεπιστήμια. Πρώτον, εκφράζουν την ανάγκη για μια πιο απλή διαδικασία πρόσβασης στις θέσεις στάθμευσης, καθώς πολλές από αυτές δεσμεύονται από το ακαδημαϊκό προσωπικό και δεύτερον, προτείνουν την αξιοποίηση περισσότερων ανεκμετάλλευστων χώρων για την χρήση πάρκινγκ. Αυτές οι προτάσεις αποδεικνύουν την ανάγκη για βελτίωση της διαθεσιμότητας των θέσεων και τη διευκόλυνση της ζωής των φοιτητών, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλουν στην αποφόρτιση της κυκλοφορίας στις αστικές περιοχές.

## Κεφάλαιο 6: Επίλογος

---

### 6.1 Συμπεράσματα

Η ψηφιακή εποχή έχει αναδιαμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο αλληλοεπιδρούμε με το περιβάλλον μας και η στάθμευση δεν αποτελεί εξαίρεση. Καθώς βαδίζουμε προς ένα μέλλον που χαρακτηρίζεται από αυξημένη αστικοποίηση και έξυπνα αυτοκίνητα, ο ρόλος των έξυπνων συστημάτων στάθμευσης αποκτά ακόμη μεγαλύτερη σημασία. Τα συστήματα αυτά έχουν τη δυνατότητα μέσω της μείωσης του χρόνου αναζήτησης στάθμευσης να συμβάλουν στην εξοικονόμηση καυσίμων και την μείωση των περιβαλλοντικών ρύπων, πετυχαίνοντας έτσι ένα πιο αποτελεσματικό και βιώσιμο περιβάλλον στάθμευσης.

Υλοποιώντας έναν τέτοιο χώρο με την χρήση πλακέτας Arduino, αποτελεί εύκολη και οικονομική επιλογή μιας που όλοι οι αισθητήρες και τα περιφερειακά κοστίζουν ελάχιστα συγκριτικά με άλλες μεθόδους παραμένοντας το ίδιο αξιόπιστοι. Η συνδεσιμότητα του με άλλες εφαρμογές όπως το Blynk IoT αλλά και η εύκολη γλώσσα προγραμματισμού του, το καθιστούν χρήσιμο εργαλείο για εφαρμογές όπως τα έξυπνα συστήματα στάθμευσης.

Καθώς οι αστικές περιοχές εξελίσσονται υπάρχει ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση των χώρων στάθμευσης. Αυτή η εργασία πραγματοποιήθηκε με στόχο να αναδείξει την σημαντικότητα των έξυπνων συστημάτων στάθμευσης, τόσο στο περιβάλλον των πόλεων όσο και στα πανεπιστήμια. Η εφαρμογή αυτών των έξυπνων συστημάτων έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τη διαχείριση των αστικών χώρων στάθμευσης, προσφέροντας πλήθος πλεονεκτημάτων. Μέσω της υιοθέτησης προηγμένων τεχνολογιών όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και η Τεχνολογία Αναγνώρισης Ραδιοσυχνοτήτων (RFID), τα συστήματα αυτά μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τις προκλήσεις. Αν και η έννοια της έξυπνης στάθμευσης εξακολουθεί να εξελίσσεται και να αντιμετωπίζει περιορισμούς, η επιρροή της σε διάφορες πτυχές της αστικής ζωής είναι ενθαρρυντική.

## 6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Ενώ οι προκλήσεις και οι προβληματισμοί παραμένουν, η συνολική πορεία των συστημάτων έξυπνης στάθμευσης οδηγεί προς ένα μέλλον όπου η στάθμευση θα αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του ευρύτερου οράματος της έξυπνης πόλης. Στο μέλλον, θα μπορούσαμε να επικεντρωθούμε σε περαιτέρω βελτιώσεις, όπως η δυνατότητα κράτησης θέσης μέσω της εφαρμογής, προσφέροντας ακόμα μεγαλύτερη άνεση και ευκολία στους οδηγούς. Επιπλέον, θα μπορούσαμε να εξετάσουμε την προσθήκη φορτιστών για ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα της κινητικότητας. Τέλος, θα μπορούσαμε να ενσωματώσουμε πληροφορίες για τα μέσα μαζικής μεταφοράς, προωθώντας λύσεις που προάγουν τη βιώσιμη κινητικότητα και την ανακούφιση της κίνησης.

Εν κατακλείδι, καθώς η ψηφιακή εποχή συνεχίζει να ξεδιπλώνεται, οι δυνατότητες των έξυπνων συστημάτων στάθμευσης να συμβάλουν σε μια πιο αποτελεσματική και φιλική προς το περιβάλλον αστική ζωή παραμένουν απεριόριστες.

## Παράρτημα Α – Κώδικας 1

---

```
#include <Servo.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

Servo myservo;
#define ir_enter 2
#define ir_back 4
#define ir_car1 5
#define ir_car2 6
int S1=0, S2=0;
int flag1 = 0;
int flag2 = 0;
int slot = 2;

void setup(){
  Serial.begin(9600);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor (0,0);
  lcd.print(" SMART ");
  lcd.setCursor (0,1);
  lcd.print(" PARKING SYSTEM ");
  delay (2000);
  lcd.clear();

  pinMode(ir_car1, INPUT);
  pinMode(ir_car2, INPUT);
  pinMode(ir_enter, INPUT);
  pinMode(ir_back, INPUT);

  myservo.attach(3);
  myservo.write(90);

  Read_Sensor();

  int total = S1+S2;
```

```

slot = slot-total;

}

void loop(){

  Read_Sensor();

  lcd.setCursor (0,0);
  lcd.print("  Have Slot: ");
  lcd.print(slot);
  lcd.print("  ");

  lcd.setCursor (0,1);
  if(S1==1){lcd.print("S1:Fill ");}
  else{lcd.print("S1:Empty");}

  lcd.setCursor (8,1);
  if(S2==1){lcd.print("S2:Fill ");}
  else{lcd.print("S2:Empty");}

  if(digitalRead (ir_enter) == 0 && flag1==0){
  if(slot>0){flag1=1;
  if(flag2==0){myservo.write(0); slot = slot-1;}
  }

  else{
  lcd.setCursor (0,0);
  lcd.print("  Parking Full  ");
  delay(1500);
  } }

  if(digitalRead (ir_back) == 0 && flag2==0){flag2=1;
  if(flag1==0){myservo.write(0); slot = slot+1;}
  }

  if(flag1==1 && flag2==1){
  delay (1000);
  myservo.write(90);
  flag1=0, flag2=0;
  }
  delay(1);
  }

void Read_Sensor(){

  S1=0, S2=0;
  if(digitalRead(ir_car1) == 0){S1=1;}
  if(digitalRead(ir_car2) == 0){S2=1;}

}

```



## Παράρτημα Β – Κώδικάς 2

---

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Servo.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

Servo myservo;

#define slot1_ir_s 5
#define slot2_ir_s 6
#define entrance_gate 2
#define exit_gate 4
#define SS_PIN 10
#define RST_PIN 9
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);

String sensor1;
String sensor2;

int S1=0, S2=0;
int flag1 = 0;
int flag2 = 0;
int slot = 2;

String cdata = "";

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  SPI.begin();
  mfrc522.PCD_Init();
  Serial.println("Put your card to the reader...");
  Serial.println();

  lcd.init();
```

```

lcd.backlight();
lcd.setCursor (0,0);
lcd.print(" SMART ");
lcd.setCursor (0,1);
lcd.print(" PARKING SYSTEM ");
delay (2000);
lcd.clear();
lcd.setCursor (0,0);
lcd.print(" PUT YOUR CARD ");
lcd.setCursor (0,1);
lcd.print(" TO THE READER ");
delay (2000);
lcd.clear();

pinMode(slot1_ir_s, INPUT);
pinMode(slot2_ir_s, INPUT);
pinMode(entrance_gate, INPUT);
pinMode(exit_gate, INPUT);

myservo.attach(3);
myservo.write(90);

Read_Sensor();

int total = S1+S2;
slot = slot-total;
}

void loop()
{
Read_Sensor();
slot1();
slot2();
gates();

cdata = cdata + sensor1 + "," + sensor2 + ",";
Serial.println(cdata);

delay(6000);
cdata = "";

digitalWrite(slot1_ir_s, 1);
digitalWrite(slot2_ir_s, 1);
digitalWrite(entrance_gate, 1);
digitalWrite(exit_gate, 1);
}

void slot1() // slot 1
{ Read_Sensor();

if( digitalRead(slot1_ir_s) == 0)

```

```

{
  lcd.setCursor (4,0);
  lcd.print("S1:Fill ");
  sensor1 = "255";
  delay(300);
}
if( digitalRead(slot1_ir_s) == 1)
{
  lcd.setCursor (4,0);
  lcd.print("S1:Empty");
  sensor1 = "0";
  delay(300);
}
}

void slot2() // slot 2
{ Read_Sensor();

  if( digitalRead(slot2_ir_s) == 0)
  {
    lcd.setCursor (4,1);
    lcd.print("S2:Fill ");
    sensor2 = "255";
    delay(300);
  }
  if( digitalRead(slot2_ir_s) == 1)
  {
    lcd.setCursor (4,1);
    lcd.print("S2:Empty");
    sensor2 = "0";
    delay(300);
  }
}

void gates()
{
  if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
  {
    return;
  }

  if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
  {
    return;
  }

  Serial.print("UID tag :"); // deixnei to UID sto serial monitor (sthn dikh mas periptosh to UID
  einai 43 19 14 AD )
  String content= "";
  byte letter;
  for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
  {

```

```

Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
}
Serial.println();
Serial.print("Message : ");
content.toUpperCase();

if (content.substring(1) == "43 19 14 AD")
{ if (digitalRead(exit_gate) == 0)
  myservo.write(0);
  myservo.write(90);
  {flag2=1; if(flag1 == 0){slot=slot+1;}}
}
if (((digitalRead(entrance_gate) == 0)) && (( digitalRead(slot1_ir_s) == 1) || (
digitalRead(slot2_ir_s) == 1)))
{
  myservo.write(0);
  delay(3000); //perimenei 3000ms
  myservo.write(90);
  if (slot>0){flag1=1; if(flag2 == 0){slot=slot-1;}}
}
if(( digitalRead(slot1_ir_s) == 0) && ( digitalRead(slot2_ir_s) == 0))
{
  lcd.setCursor (0,0);
  lcd.print("  Parking  ");
  lcd.setCursor (0,1);
  lcd.print("  Full  ");
  delay(1500);
}
}
else
{
  lcd.setCursor (0,0);
  lcd.print("  ACCESS  ");
  lcd.print("  DENIED  ");
  delay(1500);
}
}

void Read_Sensor()
{
S1=0, S2=0;
if(digitalRead(slot1_ir_s) == 0){S1=1;}
if(digitalRead(slot2_ir_s) == 0){S2=1;}
}

```

# Παράρτημα Γ – Ερωτήσεις Ερωτηματολογίου

---

## Έξυπνο σύστημα στάθμευσης στο Πανεπιστήμιο

\* Υποδεικνύει απαιτούμενη ερώτηση

1. Έχετε χρησιμοποιήσει ποτέ έξυπνο σύστημα στάθμευσης σε πανεπιστήμιο;\*

- Ναι  
 Όχι

2. Πώς θα αξιολογούσατε τη διαθεσιμότητα θέσεων στάθμευσης στο πανεπιστήμιό σας;\*

- Πολύ Καλή  
 Καλή  
 Μέτρια  
 Κακή  
 Πολύ Κακή

3. Σε ποια πόλη σπουδάζετε;\*

- Αθήνα  
 Θεσσαλονίκη  
 Πάτρα  
 Κοζάνη  
 Άλλο

4. Πόσο χρόνο ξοδεύετε ψάχνοντας για θέση στάθμευσης κατά μέσο όρο; \*

- Λιγότερο από 5 λεπτά  
 5-10 λεπτά  
 10-15 λεπτά  
 Περισσότερο από 15 λεπτά

5. Πόσο εξοικειωμένοι είστε με την έννοια ενός smart parking system;\*

- Αρκετά  
 Ελάχιστα  
 Καθόλου

6. Ποια από τα παρακάτω χαρακτηριστικά θα θέλατε να δείτε σε ένα smart parking system; \*

- Πληροφορίες διαθεσιμότητας στάθμευσης σε πραγματικό χρόνο
- Καθοδήγηση στις διαθέσιμες θέσεις
- Κράτηση θέσεων
- Ενσωμάτωση σε εφαρμογή ή ιστότοπο του πανεπιστημίου
- Άλλο:

7. Πόσο ανησυχείτε για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αυτοκινήτων κατά την διάρκεια αναζήτησης θέσης πάρκινγκ;\*

- Αρκετά
- Ελάχιστα
- Καθόλου

8. Πόσο εξοικειωμένοι είστε με την τεχνολογία RFID? (Radio Frequency Identification)\*

- Αρκετά
- Ελάχιστα
- Καθόλου

9. Θα προτιμούσατε να χρησιμοποιήσετε ένα σύστημα RFID για να μπείτε και να βγείτε από το χώρο στάθμευσης σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους;\*

- Ναι
- Όχι
- Δεν έχω προτίμηση

10. Πόσο ανησυχείτε για το προσωπικό σας απόρρητο όταν χρησιμοποιείτε ένα smart parking system που μπορεί να συλλέγει δεδομένα όπως τον αριθμό της πινακίδας σας ή την τοποθεσία σας;\*

- Αρκετά
- Ελάχιστα
- Καθόλου

11. Ποια μέτρα πιστεύετε ότι πρέπει να ληφθούν για να διασφαλιστεί η ασφάλεια και το απόρρητο των προσωπικών πληροφοριών που συλλέγονται από ένα smart parking system; \*

- Ξεκάθαρη πολιτική για την συλλογή δεδομένων
- Κρυπτογράφηση προσωπικών δεδομένων
- Περιορισμοί στη συλλογή και διατήρηση προσωπικών δεδομένων
- Άλλο:

12. Πόσο εξοικειωμένοι είστε με την έννοια του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT);\*

- Αρκετά
- Ελάχιστα
- Καθόλου

13. Κατά τη γνώμη σας, ποια πιστεύετε ότι είναι τα πιθανά οφέλη της τεχνολογίας IoT στα συστήματα στάθμευσης; \*

- Μεγαλύτερη ευκολία στην εύρεση θέσεων
- Βελτιωμένη διαθεσιμότητα στάθμευσης
- Μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Άλλο:

14. Έχετε κάποια πρόταση προς βελτίωση των συστημάτων στάθμευσης στα πανεπιστήμια;

- [1] «Εικόνα 1: Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων,» [Ηλεκτρονικό]. Available: Internet of Things (IoT) (linkedin.com).
- [2] J.-P. Vasseur και A. Dunkels, «What Are Smart Objects?,» σε *Interconnecting Smart Objects with IP*, 2010, p. 3–20.
- [3] T. Kramp, R. van Kranenburg και S. Lange, «Introduction to the Internet of Things,» σε *Enabling Things to Talk*, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [4] A. Sestino, M. I. Prete, L. Piper και G. Guido, "Internet of Things and Big Data as enablers for business digitalization strategies", 2020.
- [5] «Εικόνα 2 : Το δίκτυο του IoT,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.tibco.com/reference-center/what-is-the-internet-of-things-iot>.
- [6] A. Caragliu, C. D. Bo και P. Nijkamp, «Smart Cities in Europe,» σε *Journal of Urban Technology*, vol. 18, no. 2, 2011, pp. 65-82.
- [7] J.-R. Ferrer, «Barcelona’s Smart City vision: an opportunity for transformation,» σε *Field Actions Science Report*, vol. 2017, 2017, pp. 70-75.
- [8] 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://rfid-sticker.com/projects/airport-management/hong-kong-international-airport-uses-rfid-system-to-improve-baggage-handling-efficiency/>.
- [9] L. Anthopoulos, «The smart city of Trikala,» σε *Smart City Emergence* , 2019, p. 149–171.
- [10] «Εικόνα 3 : Έξυπνη Πόλη,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.scnsoft.com/blog/iot-for-smart-city-use-cases-approaches-outcomes>.
- [11] A. Fayez, F. Ghabban και O. Ameerbakhsh, Advantages and Challenges of Smart Learning in Higher Education Institutions in Saudi Arabia, 2021.
- [12] L. Wankel και P. Blessinger, Increasing Student Engagement and Retention using Mobile Applications: Smartphones, Skype and Texting Technologies., 2013.
- [13] E. Gilman, S. Tamminen, R. Yasmin, E. Ristimella, E. Peltonen, M. Harju, L. Lovén, J. Riekkki και S. Pirttikangas, «Internet of Things for Smart Spaces: A University Campus Case Study,» *Sensors*, vol. 20, no. 13, p. 3716, 2020.
- [14] «Sustainable Stanford. 'Smart Campus.',» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://sustainable.stanford.edu/campus-operations/buildings-grounds/smart-campus>.
- [15] «"Campus Development Development Project.",» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.tuni.fi/en/about-us/campus-development-development-project?navref=main>.
- [16] «SNU Media News,» [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://en.snu.ac.kr/snunow/snu\\_media/news?md=v&bbsidx=123373](https://en.snu.ac.kr/snunow/snu_media/news?md=v&bbsidx=123373).
- [17] «Εικόνα 4 : Έξυπνη Πανεπιστημιούπολη,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.mytechmag.com/how-iot-is-helping-to-create-smart-university-campuses/>.
- [18] «Εικόνα 5 : Έξυπνος χώρος στάθμευσης,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.mokosmart.com/smart-parking-system-using-iot/>.
- [19] Γ. Γεωργίου και Α. Λαβάζου, ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ, 2021.
- [20] N. Alam, P. Vats και N. Kashyap, «Internet of Things: A literature review,» σε *Recent Developments in Control, Automation & Power Engineering (RDCAPE)*, 2017.
- [21] B. Stopford, Designing Event-Driven Systems: Concepts and Patterns for Streaming Services with Apache Kafka, 2018.
- [22] A. Itsekson. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://jelvix.com/blog/iot-architecture-layers>.



- [23] D. Shoup, «The High Cost of Free Parking,» 2007. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.nytimes.com/2007/03/29/opinion/29shoup.html>.
- [24] L. Wei, Q. Wu, M. Yang, W. Ding, B. Li και R. Gao, «Design and Implementation of Smart Parking Management System Based on RFID and Internet,» σε *International Conference on Control Engineering and Communication Technology*, 2012.
- [25] M. Toa και A. Whitehead, *Ultrasonic Sensing Basics*, Texas Instruments Incorporated, 2019.
- [26] «Εικόνα 6 : Ανίχνευση οχημάτων με υπέρηχο αισθητήρα,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://osoyoo.com/2018/09/18/micro-bit-lesson-using-the-ultrasonic-module/>.
- [27] H. Dunskey, «Passive Infrared Sensors: A Brief Overview,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.inhomesafetyguide.org/passive-infrared-sensors-brief-overview/>.
- [28] «Εικόνα 7 : Ανίχνευση οχημάτων με αισθητήρα υπέρυθρων,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.electronicsforu.com/technology-trends/learn-electronics/ir-led-infrared-sensor-basics>.
- [29] J. Gajda, R. Sroka, M. Stencel, A. Wajda και T. Zeglen, «A vehicle classification based on inductive loop detectors,» σε *Proceedings of the 18th IEEE Instrumentation and Measurement Technology*, 2001.
- [30] «Εικόνα 8 : Ανίχνευση οχημάτων επαγωγικού βρόχου,» [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://www.gateinfo.org/knowledge/Loops/loop\\_tech.php](https://www.gateinfo.org/knowledge/Loops/loop_tech.php).
- [31] C. Trigona, B. Andò, V. Sinatra, C. Vacirca, E. Rossino, L. Palermo, S. Kurukunda και S. Baglio, Implementation and characterization of a smart parking system based on 3-axis magnetic sensors, 2016.
- [32] «Εικόνα 9 : Ανίχνευση οχημάτων με μαγνητικό αισθητήρα,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://be.farnell.com/smart-parking-solutions-the-iot-sensors-space-race>.
- [33] L. Moysis, «Το Φίλτρο Kalman (An introduction to the Kalman Filter),» 2013.
- [34] J. Han, M. Kamber και J. Pei, «Getting to Know Your Data,» σε *Data Mining*, 2012, p. 39–82.
- [35] A. Raychowdhury και A. Pramanik, «Survey on LoRa Technology: Solution for Internet of Things,» σε *Intelligent Systems, Technologies and Applications*, 2020.
- [36] R. S. Sinha, Y. Wei και S.-H. Hwang, «A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT,» *ICT Express, Volume 3, Issue 1*, pp. 14-21, 2017.
- [37] «stanford transportation,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://transportation.stanford.edu/parking/purchase-a-parking-permit/visitors>.
- [38] M. Rehman και M. Shah, «A smart parking system to minimize searching time, fuel consumption and CO2 emission,» 2017.
- [39] «SFpark Evaluation,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.sfmta.com/getting-around/drive-park/demand-responsive-pricing/sfpark-evaluation>.
- [40] «Availability of information on car park points,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://endolla.barcelona/en/news/endolla-service/availability-information-car-park-points>.
- [41] «Parksmart Singapore,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.capterra.com.sg/software/214747/parksmart>.
- [42] D. Kushner, «The Making of Arduino,» 2011.
- [43] «Arduino UNO R3,» 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>.
- [44] «Εικόνα 10 : Πλακέτα Arduino UNO R3,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.pololu.com/product/2191>.

- [45] «How IR Sensor Works? Pinout, Types, and Arduino Circuit,» [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://www.etechnophiles.com/beginners-guide-to-ir-sensor-and-how-to-use-it-with-arduino/?utm\\_content=cmp-true](https://www.etechnophiles.com/beginners-guide-to-ir-sensor-and-how-to-use-it-with-arduino/?utm_content=cmp-true).
- [46] «Εικόνα 11 : Αισθητήρας Υπέρυθρων,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interfacing-ir-sensor-module-with-arduino>.
- [47] «What is RFID? How It Works? Interface RC522 RFID Module with Arduino,» [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://lastminuteengineers.com/how-rfid-works-rc522-arduino-tutorial/#google\\_vignette](https://lastminuteengineers.com/how-rfid-works-rc522-arduino-tutorial/#google_vignette).
- [48] «Εικόνα 12 : RFID-RC522 Αισθητήρας Ανάγνωσης,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://microcontrollerslab.com/rc522-rfid-reader-pinout-arduino-interfacing-examples-features/>.
- [49] Γ. Πλευριτάκης, «Διασύνδεση του I2C LCD με το Arduino,» 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://learnelectronics.gr/διασύνδεση-του-i2c-lcd-με-το-arduino/>.
- [50] «Εικόνα 13 : Οθόνη I2C LCD 12x6,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://lastminuteengineers.com/i2c-lcd-arduino-tutorial/>.
- [51] «MG90S – Metal Gear Micro Servo Motor,» 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://components101.com/motors/mg90s-metal-gear-servo-motor>.
- [52] «Εικόνα 14 : Σερβοκινητήρας SG90,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.studiopieters.nl/tower-pro-micro-servo-s9-sg90/>.
- [53] «Εικόνα 15 : Θέσεις χεριού Σερβοκινητήρα,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.studiopieters.nl/tower-pro-micro-servo-s9-sg90/>.
- [54] M. FEZARI και A. A. Dahoud, «Integrated Development Environment “IDE” For Arduino».

# ***Συντομογραφίες - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια***

---

IoT  
RFID  
IR Sensor

Internet of Things  
Radio Frequency Identification  
Infrared Proximity Sensor

## **Απόδοση Ξενόγλωσσων Όρων**

---

Έξυπνο σύστημα στάθμευσης  
Διαδίκτυο των πραγμάτων  
Υπολογιστικό νέφος  
Αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων  
Έξυπνο κινητό τηλέφωνο  
Σερβοκινητήρας  
Πλακέτα δοκιμών

Smart parking system  
Internet of Things  
Cloud  
Radio Frequency Identification  
Smartphone  
Servomotor  
Breadboard