



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

---

**ΕΞΥΠΝΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ  
ΑΝΕΥΡΕΣΗΣ ΧΩΡΟΥ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ**

---

**Επιβλέπων:**

Μπίμπη Σταματία, Λέκτορας

---

Σε Μερική Εκπλήρωση  
των Απαιτήσεων για το Δίπλωμα του  
Μηχανικού Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

---

του

ΣΠΑΡΤΑΛΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ

Κοζάνη, 2017



**Τίτλος:** Έξυπνη εφαρμογή διαχείρισης και ανεύρεσης χώρου στάθμευσης”

**Περιγραφή:** Διπλωματική εργασία στα πλαίσια των σπουδών για την απόκτηση του Διπλώματος που απονέμει το Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας με τίτλο «Μηχανικός Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών»

**Λέξεις κλειδιά:** Crowdsourcing, Έξυπνες πόλεις, Smart Parking, iOS, Swift, έξυπνες εφαρμογές, cruising for parking

**Δημιουργός:** Σπάρταλης Αλέξανδρος

**Ημερομηνία**

**δημιουργίας:** 01-06-2017

**Έτος έκδοσης:** 2017

**Χώρα έκδοσης:** GR

**Γλώσσα κειμένου:** Gre

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία  
εκπονήθηκε στα πλαίσια των σπουδών  
για την απόκτηση του Διπλώματος  
που απονέμει το  
Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας με τίτλο  
**«Μηχανικός Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών»**

Εγκρίθηκε .../.../2017 από Εξεταστική Επιτροπή αποτελούμενη από τους :

Όνοματεπώνυμο:

Βαθμίδα:

Υπογραφή:

1. Μπίμπη Σταματία

Λέκτορας

2. Σαρηγιαννίδης Παναγιώτης

Επίκουρος Καθηγητής

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της διπλωματικής μου, Μπίμπη Σταματία για την καθοδήγηση και την βοήθειά της κατά την διάρκεια της διπλωματικής. Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου και στα αδέρφια μου, για την διαρκή τους υποστήριξη.

Σπάρταλης Αλέξανδρος

Κοζάνη, Ιούνιος 2017

## Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

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

### **“Έξυπνη εφαρμογή διαχείρισης και ανεύρεσης χώρου στάθμευσης”**

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 Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. **Μπίμπη Σταματίας**, 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 © Σπάρταλης Αλέξανδρος, Μπίμπη Σταματία, 2017 , Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή



## Περίληψη

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που προκαλούν την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής, ιδιαίτερα στις πυκνοδομημένες κεντρικές περιοχές των πόλεων, αποτελεί η ανίχνευση των κατάλληλων χώρων στάθμευσης των οχημάτων που κυκλοφορούν σε αυτές. Η προαναφερθείσα διαδικασία καθίσταται χρονοβόρα και συχνά δαπανηρή, με σοβαρές επιπτώσεις όπως, την επιβάρυνση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Τα τελευταία χρόνια το πρόβλημα οξύνεται, λόγω της σημαντικής αύξησης του πλήθους των οχημάτων σε συνάρτηση με τη μείωση των διαθέσιμων θέσεων, οδηγώντας τη βιομηχανία στάθμευσης στη χρήση νέων τεχνολογιών και μεθόδων για την επίλυσή του.

Μολονότι υπάρχει μία περίσσεια κινητών εφαρμογών για τη διαχείριση και ανεύρεση χώρων στάθμευσης, εντούτις η ποιότητά τους δεν είναι πάντα η καλύτερη δυνατή. Παράλληλα, υπάρχουν λίγες γενικά αναγνωρισμένες κατευθυντήριες γραμμές για την ανάπτυξη και την υλοποίηση λύσεων, οι οποίες βασίζονται σε “crowdsourcing” περιβάλλοντα κινητής τηλεφωνίας. Συνεπώς, η σύνθεση των τεχνολογικών αυτών μεθόδων οδήγησε στην υλοποίηση μίας πλατφόρμας με στόχο, την άμεση εξυπηρέτηση και ικανοποίηση των αναγκών των οδηγών.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύχθηκε μία έξυπνη εφαρμογή διαχείρισης και ανεύρεσης χώρου στάθμευσης που συνδέεται σε έναν κεντρικό διακομιστή. Βασική της λειτουργία είναι η παροχή στο χρήστη-οδηγό όλων των δυνατών επιλογών στάθμευσης, οι οποίες αποτυπώνονται πάνω σε διαδραστικούς, ακριβείς και λεπτομερείς χάρτες. Αυτές, διακρίνονται στις ελεύθερες θέσεις στάθμευσης στο δρόμο, στις ιδιωτικές θέσεις που προσφέρουν προς ενοικίαση άλλοι χρήστες και στις θέσεις που προσφέρονται από τους επαγγελματικούς χώρους στάθμευσης. Στόχος της εφαρμογής είναι να δώσει κίνητρο στους χρήστες να συμμετάσχουν ενεργά σε ένα “crowdsourced” σύστημα διαχείρισης των διαθέσιμων θέσεων, με κοινό παρονομαστή την καθημερινή διευκόλυνση των οδηγών και την γενικότερη ανάπτυξη χαρακτηριστικών στα πλαίσια του “Smart City”.

**Λέξεις - κλειδιά:** Crowdsourcing, Έξυπνες Πόλεις, Smart Parking, iOS, Swift, έξυπνες εφαρμογές, cruising for parking



## Abstract

One of the main problems that lead to the deterioration of the quality of life, especially in densely populated central areas of cities, is the detection of suitable parking spaces for the vehicles that circulate there. The aforementioned process is time-consuming and often costly, with additional affects on the air pollution and traffic congestion. In recent years the problem has been exacerbated by the significant increase in the number of vehicles due to the reduction in available seats, leading the parking industry to use new technologies and methods to solve it.

Although there is an excess of mobile applications for managing and locating parking spaces, their quality is not always the best possible. At the same time, there are few generally recognized guidelines for the development and implementation of solutions based on "crowdsourcing" mobile environments. Consequently, the synthesis of these technological methods led to the implementation of a platform for the immediate service and satisfaction of the drivers' needs.

This diploma thesis has developed an intelligent application for managing and locating a parking space connected to a central server. Its basic function is to provide the user with all the possible parking options which are depicted on interactive, accurate and detailed maps. These are distinguished in the free parking spaces on the street, in the private places offered for hire by other users and in the places offered by the professional parking spaces. The purpose of the application is to motivate users to actively participate in a crowdsourced system of management of the available positions, with a common denominator the daily driver facilitation and the general development of a "Smart City".

**Keywords:** Crowdsourcing, Smart Cities, Smart Parking, iOS, Swift, smart applications, cruising for parking



## Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	6
Πίνακας Περιεχομένων.....	9
Κατάλογος Εικόνων.....	11
<b>Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή .....</b>	<b>13</b>
1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής.....	15
1.2 Οργάνωση Κεφαλαίων.....	15
<b>Κεφάλαιο 2 - Θεωρητικό υπόβαθρο .....</b>	<b>16</b>
2.1 Crowdsourcing και Έξυπνες Πόλεις.....	16
2.1.1 Γενικά για το Crowdsourcing.....	16
2.1.2 Εφαρμογές του μοντέλου Crowdsourcing .....	17
2.1.3 Βασικές αρχές των Έξυπνων Πόλεων.....	20
2.1.4 Εφαρμογές σχετικά με τις Έξυπνες Πόλεις.....	20
2.2 Cruising for Parking & Smart Parking.....	22
2.2.1 Το Cruising for Parking και οι σχετικές μελέτες.....	22
2.2.2 Η στρατηγική του Smart Parking.....	24
2.3 Σχετικά με το Internet of Things (IoT) .....	26
<b>Κεφάλαιο 3 - Αναφορά σε σχετικές εργασίες .....</b>	<b>28</b>
3.1 Συστήματα Smart Parking με τη χρήση αισθητήρων .....	28
3.2 Εφαρμογές Smart Parking .....	28
<b>Κεφάλαιο 4 - Ανάλυση και σχεδίαση της εφαρμογής .....</b>	<b>34</b>
4.1 Περιγραφή Εφαρμογής “ParkIT”.....	34
4.2 Πρότυπο Εφαρμογής Ανεύρεσης Θέσεων Στάθμευσης.....	34
4.3 Περιγραφή Απαιτήσεων Εφαρμογής .....	36
4.3.1 Περιγραφή Χρηστών.....	37
4.3.2 Παράμετροι Χρηστικότητας .....	38
4.3.3 Περιπτώσεις Χρήσης.....	39
4.3.4 Διάγραμμα Οντοτήτων-Συσχετίσεων και Διάγραμμα Κλάσεων.....	42
4.4 Εργαλεία και Τεχνολογίες Ανάπτυξης της Εφαρμογής.....	44
4.4.1 Apple iOS .....	45
4.4.2 Xcode .....	48
4.4.3 Βιβλιοθήκες Εφαρμογής .....	53
4.4.5 MySQL και PHP .....	56
4.4.6 Ασφάλεια.....	60
4.5 Έξυπνα στοιχεία εφαρμογής.....	62
4.5.1 Crowdsourcing Τεχνικές .....	62
4.5.2 Σύστημα επιβράβευσης με Credits.....	62
4.5.3 Αναζήτηση θέσεων σε οποιαδήποτε τοποθεσία .....	63
4.5.4 Δυνατότητα πλοήγησης προς μία επιλεγμένη θέση .....	63

4.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά και Μετρικές .....	64
Instruments .....	64
<b>Κεφάλαιο 5 - Παρουσίαση “ParkIT” .....</b>	<b>67</b>
5.1 Εκκίνηση της Εφαρμογής - Sign In .....	67
5.2 Εγγραφή στην εφαρμογή “ParkIT” .....	68
5.3 Κύρια οθόνη - Χάρτης .....	71
5.3.1 «On Street» θέσεις .....	72
5.3.2 «Rentals» θέσεις .....	79
5.3.3 «Garages» θέσεις .....	82
5.4 Οθόνη πληροφοριών και ρυθμίσεων .....	84
<b>Κεφάλαιο 6 - Αντιμετώπιση προβλημάτων .....</b>	<b>86</b>
<b>Κεφάλαιο 7 - Επίλογος .....</b>	<b>88</b>
7.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα .....	88
7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις/βελτιώσεις .....	88
Βιβλιογραφία .....	91

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Crowdsourcing .....	17
Εικόνα 2: Σχεδιάγραμμα για τις Έξυπνες Πόλεις.....	22
Εικόνα 3: Πίνακας δεκατριών μελετών σχετικά με το Parking Cruising, Shoup 2005.....	23
Εικόνα 4: Μέση εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα .....	24
Εικόνα 5: Οι λύσεις που προσφέρει το Smart Parking στις Έξυπνες Πόλεις.....	26
Εικόνα 6: Διάγραμμα ανάπτυξης του Internet of Things.....	27
Εικόνα 7: ParkMe Application .....	29
Εικόνα 8: ParkU Application.....	30
Εικόνα 9: Parkarr Application .....	31
Εικόνα 10: Parkopedia Application .....	32
Εικόνα 11: parkGuru Application.....	33
Εικόνα 12: Οθόνη σύνδεσης.....	35
Εικόνα 13: Οθόνη εγγραφής.....	35
Εικόνα 14: Οθόνη ελέγχου .....	35
Εικόνα 15: Οθόνη πλοήγησης .....	36
Εικόνα 16: Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης .....	40
Εικόνα 17: Διάγραμμα οντοτήτων-συσχετίσεων (ER).....	43
Εικόνα 18: Διάγραμμα κλάσεων (UML-class).....	44
Εικόνα 19: Η Διαστρωματωμένη Αρχιτεκτονική του iOS.....	46
Εικόνα 20: Γενικές επιλογές προγράμματος .....	49
Εικόνα 21: Γραφική απεικόνιση εφαρμογής (Storyboard).....	50
Εικόνα 22: Main Storyboard “ParkIT” .....	51
Εικόνα 23: Info.plist .....	52
Εικόνα 24: HTTP request .....	56
Εικόνα 25: cPanel .....	57
Εικόνα 26: phpMyAdmin .....	57
Εικόνα 27: Πίνακας users .....	58
Εικόνα 28: Πίνακας coordsTable.....	59
Εικόνα 29: Πίνακας rentals.....	60
Εικόνα 30: Πίνακας garages .....	60
Εικόνα 31: Συναρτήσεις με χρήση MD5 .....	61
Εικόνα 32: Initializing application .....	65
Εικόνα 33: Launching application.....	65
Εικόνα 34: Χρήση επεξεργαστή.....	66
Εικόνα 35: Χρήση μνήμης.....	66
Εικόνα 36: Δραστηριότητα δίσκου .....	66
Εικόνα 37: Δικτυακή δραστηριότητα .....	66
Εικόνα 38: Ενεργειακή κατανάλωση.....	66
Εικόνα 39: Εικονίδιο εφαρμογής.....	67

Εικόνα 40: Οθόνη σύνδεσης.....	67
Εικόνα 41: Επιτυχής σύνδεση .....	68
Εικόνα 42: Εισαγωγή λάθος στοιχείων .....	68
Εικόνα 43: Παράλλειψη απαιτούμενων στοιχείων.....	68
Εικόνα 44: Οθόνη εγγραφής.....	69
Εικόνα 45: Επιτυχής εγγραφή .....	70
Εικόνα 46: Ο χρήστης υπάρχει.....	70
Εικόνα 47: Οι κωδικοί διαφέρουν .....	70
Εικόνα 48: Μη έγκυρη μορφή email .....	70
Εικόνα 49: Κύρια οθόνη εφαρμογής .....	71
Εικόνα 50: Show Parking alert dialog .....	73
Εικόνα 51: 0 Credits available.....	74
Εικόνα 52: «On Street» Callout.....	75
Εικόνα 53: Οδηγίες προς την επιλεγμένη θέση .....	76
Εικόνα 54: Υπενθύμιση .....	77
Εικόνα 55: Κατοχυρωμένη «On Street» θέση .....	77
Εικόνα 56: Επιτυχής αποδέσμευση θέσης.....	78
Εικόνα 57: Ανεπιτυχής αποδέσμευση.....	78
Εικόνα 58: «Rentals» Callout.....	80
Εικόνα 59: «Rentals» information box.....	80
Εικόνα 60: «Rentals» submission form .....	81
Εικόνα 61: Κατελιημμένη «Rentals» θέση.....	82
Εικόνα 62: «Garages» Callout.....	83
Εικόνα 63: «Garages» information box.....	83
Εικόνα 64: Αναζήτηση τοποθεσίας.....	84
Εικόνα 65: Οθόνη πληροφοριών και ρυθμίσεων.....	85

## Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

Μέχρι το 2050, στις πόλεις θα κατοικούν πάνω από τα δύο τρίτα του παγκόσμιου πληθυσμού. Τα μεγάλα αστικά κέντρα έχουν ήδη αποκτήσει τεράστια οικονομική δύναμη σε σχέση με την ύπαιθρο χώρα, ενώ ταυτόχρονα έχουν συσσωρεύσει το μέγιστο πλήθος των καινοτόμων τεχνολογικών εξελίξεων. Παράλληλα, όμως αντιμετωπίζουν ένα ευρύ φάσμα προκλήσεων και απειλών της βιωσιμότητας των ζωτικών συστημάτων υποστήριξης και διακυβέρνησης, συμπεριλαμβανομένων και αυτών των μεταφορών, της ύδρευσης, της ενέργειας, των επικοινωνιών, της περιθάλψης και των κοινωνικών υπηρεσιών.

Στο μεταξύ, τρισεκατομμύρια ψηφιακές συσκευές συνδεδεμένες μέσω του Internet παράγουν έναν τεράστιο όγκο δεδομένων. Όλες αυτές οι πληροφορίες — από τη ροή των αγορών μέχρι τον παλμό των κοινωνιών — μπορούν να μετατραπούν σε γνώση, επειδή τώρα υπάρχει η κατάλληλη υπολογιστική ισχύς καθώς και εξελιγμένες τεχνολογίες ανάλυσης για την αξιοποίησή τους. Με τη γνώση αυτή, οι πόλεις θα μπορούσαν να μειώσουν τα κόστη και τις σπατάλες και να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα, την παραγωγικότητα και την ποιότητα ζωής για τους πολίτες. Μπροστά στις γιγαντιαίες προκλήσεις που έχει επιφέρει η οικονομική κρίση στην αυξανόμενη ζήτηση για υπηρεσίες, εξακολουθούν να υπάρχουν μεγάλες ευκαιρίες για ανάπτυξη πρωτοποριακών λύσεων [1]. Μία “Έξυπνη Πόλη” χρησιμοποιεί την τεχνολογία καταλλήλως, για να αναβαθμίσει τα ζωτικά για τη λειτουργία της συστήματα και να βελτιστοποιήσει τους πεπερασμένους πόρους, μέσω της συμμετοχικής δράσης.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα, που προκαλούν την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής, ιδιαίτερα στις πυκνοδομημένες κεντρικές περιοχές των πόλεων, αποτελεί η ανίχνευση των χώρων στάθμευσης των οχημάτων που κυκλοφορούν σε αυτές. Με τον όρο εύρεση του κατάλληλου χώρου στάθμευσης για ένα όχημα, εννοούμε την πράξη της διακοπής και απεμπλοκής ενός οχήματος από την κατάσταση λειτουργίας του στους αυτοκινητόδρομους, καθώς και την ακινητοποίησή του σε ελεύθερο χώρο. Ο χώρος στάθμευσης σε μία ή και στις δύο πλευρές ενός δρόμου επιτρέπεται συχνά, αν και μερικές φορές με περιορισμούς. Ορισμένα κτήρια διαθέτουν ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης για τη χρήση από τους ιδιοκτήτες ή τους ενοίκους αυτών, ενώ οι κανόνες σχεδιασμού και χρήσης

των χώρων στάθμευσης ποικίλουν από χώρα σε χώρα καθώς και σε επίπεδο τοπικών κυβερνήσεων.

Είναι χαρακτηριστικό το άρθρο του καθηγητή Donald Shoup της UCLA [2], σύμφωνα με το οποίο το 30% της κυκλοφορίας στις πόλεις των ΗΠΑ οφείλεται σε αυτοκίνητα που αναζητούν χώρο στάθμευσης. Ανάλογα ποσοστά ισχύουν σήμερα στις περισσότερες μεγάλες πόλεις του κόσμου και ιδιαίτερα της Ευρώπης. Και φυσικά, περισσότερη κυκλοφορία σημαίνει περισσότερη ρύπανση. Ενώ ένα όχημα περιφέρεται γύρω από μια περιοχή αναζητώντας ένα διαθέσιμο σημείο στάθμευσης, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> της μηχανής του είναι υψηλότερες με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται σημαντικά η ατμόσφαιρα. Στη Γαλλία, για παράδειγμα, εκτιμάται ότι ο χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων αντιπροσωπεύει περίπου το 14% του αερίου θερμοκηπίου που εκπέμπεται κάθε χρόνο [3].

Είναι σαφές ότι υπάρχει μεγάλη ανάγκη μείωσης της κυκλοφορίας των οχημάτων, καθώς οι διάφορες συνέπειες επηρεάζουν τους οδηγούς, το περιβάλλον και την ομαλή κυκλοφορία στις αστικές περιοχές. Μια λύση θα ήταν η δημιουργία νέων χώρων στάθμευσης προκειμένου να εξυπηρετηθεί η αυξανόμενη ζήτηση. Δεδομένου ότι, αυτό είναι δύσκολο να επιτευχθεί άμεσα, λόγω έλλειψης χώρου, οικονομικών πόρων ή πολιτικής βούλησης για περαιτέρω αύξηση της προσφοράς στάθμευσης, ο καλύτερος τρόπος για την επίλυσή του θα ήταν η ακριβής παροχή πληροφοριών σχετικά με την ύπαρξη και τη θέση των διαθέσιμων χώρων στάθμευσης.

Η έρευνα των Margreiter et al. (2015) ζήτησε από τους συμμετέχοντες να διατυπώσουν την γνώμη τους αναφορικά με την ύπαρξη βοηθητικής τεχνολογίας καθώς και τις προσδοκίες τους από μια τέτοια προσφερόμενη υπηρεσία. Περίπου το 70% των οδηγών είναι πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν μία κατάλληλη εφαρμογή για τη λήψη πληροφοριών σχετικά με τη διαθεσιμότητα των χώρων στάθμευσης γύρω από τον προορισμό τους, αλλά αναζητούν μία πραγματικά αξιόπιστη τεχνολογία που θα εξασφαλίζει την εγκυρότητα του υποδεικνυόμενου χώρου για τον σκοπό αυτό. Επιπλέον, οι περισσότεροι συμμετέχοντες προτιμούν το χώρο στάθμευσης στο δρόμο αντί σε δημόσιους ή ιδιωτικούς χώρους και ως εκ τούτου η παροχή πληροφοριών πρέπει να επικεντρωθεί περισσότερο στο συγκεκριμένο είδος χώρων στάθμευσης [4].



## 1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παροχή όλων των απαραίτητων πληροφοριών και δυνατοτήτων στο χρήστη-οδηγό μέσω μίας crowdsourced εφαρμογής που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της έξυπνης αναζήτησης και ανεύρεσης χώρου στάθμευσης. Πιο συγκεκριμένα, βελτιώνει τις υπάρχουσες προσεγγίσεις με διάφορους τρόπους. Με την ενσωμάτωση του crowdsourcing και του συστήματος οδικής πλοήγησης, εξαλείφουμε τις μη απαραίτητες «χειρωνακτικές» λειτουργίες των οδηγών κατά τη διαδικασία αναζήτησης και εύρεσης χώρου στάθμευσης. Η διαδικασία αυτή είναι συμβατή με τους ισχύοντες κανονισμούς ασφαλείας των περισσότερων χωρών. Δεδομένου ότι οι οδηγοί που συμβάλλουν στο σύστημα επωφελούνται από αυτό, η προσέγγισή μας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από ένα μοτίβο αμοιβαίας συνδρομής, το οποίο αποκλείει εν μέρη τις πολυπλοκότητες που προκαλούνται από τις χρηματικές ανταμοιβές [5]. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η προσέλκυση μεγαλύτερου αριθμού συνεργατών, κάτι που αποτελεί βασικό παράγοντα για την επιτυχία του crowdsourcing.

## 1.2 Οργάνωση Κεφαλαίων

Στο Κεφάλαιο 2 αρχικά γίνεται ενημέρωση σχετικά με το crowdsourcing και τις διάφορες εφαρμογές του σε άλλες πλατφόρμες παροχών υπηρεσιών και αλληλοεξυπηρέτησης, καθώς και για τη συμβολή του στα χαρακτηριστικά και τις εφαρμογές των Έξυπνων Πόλεων “Smart Cities”. Στη συνέχεια, περιγράφεται η έννοια του Internet of Things, ενώ κατόπιν αναλύεται το φαινόμενο του Cruising for Parking μέσα από σχετικές μελέτες, καθώς και η δυνατότητα εξάλειψης του φαινομένου με Smart Parking στρατηγικές.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται εργασίες σχετικές με το αντικείμενο της διπλωματικής καθώς και κάποιες εφαρμογές κινητών συσκευών που υπάρχουν στην αγορά.

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύεται λεπτομερώς η σχεδίαση της εφαρμογής καθώς και τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται η παρουσίαση της εφαρμογής “ParkIT”.

Τέλος στο Κεφάλαιο 6 αναφέρονται τα τελικά συμπεράσματα και προτείνονται μελλοντικές επεκτάσεις/βελτιώσεις.

## Κεφάλαιο 2 - Θεωρητικό υπόβαθρο

Οι διαδεδομένες τεχνολογίες πληροφορικής επιτρέπουν τη δημιουργία ευέλικτων σχέσεων συνεργασίας μεταξύ των πολιτών οι οποίοι μέσω του crowdsourcing, μπορούν να προωθήσουν έναν συμμετοχικό τρόπο συμβολής στην ποιότητα ζωής σε ένα σύγχρονο αστικό περιβάλλον [6]. Τα smartphones έχουν την δυνατότητα να επεκτείνουν σε μεγάλο βαθμό το πλήρες δυναμικό του crowdsourcing, επιτρέποντας στους χρήστες να συμβάλλουν με διαφάνεια στην επίλυση σύνθετων και καινοφανών προβλημάτων, όπως στην περίπτωση μας, την αναζήτηση και εύρεση διαθέσιμου χώρου στάθμευσης οχημάτων.

### 2.1 Crowdsourcing και Έξυπνες Πόλεις

#### 2.1.1 Γενικά για το Crowdsourcing

Το crowdsourcing είναι η πιο συνηθισμένη μορφή με την οποία λαμβάνει χώρα η συνεργασία των πολιτών στις ευφυείς πόλεις. Η λέξη προέρχεται από το συνδυασμό των λέξεων «crowd» και «outsourcing» και η βασική ιδέα είναι η ανάθεση μιας συγκεκριμένης εργασίας σε μια μεγάλη ομάδα ανθρώπων ή μια κοινότητα. Ως crowdsourcing, αναφέρεται η πράξη της εξωτερικής ανάθεσης καθηκόντων, που παραδοσιακά εκτελούνταν από υπάλληλο ή εργολάβο, σε μια μεγάλη ομάδα ανθρώπων ή μία κοινότητα (πλήθος), μέσω ανοικτής πρόσκλησης<sup>1</sup>. Για παράδειγμα, το κοινό μπορεί να κληθεί να αναπτύξει μια νέα τεχνολογία, να εκτελέσει μια εργασία σχεδιασμού (συμμετοχικός σχεδιασμός), να βελτιώσει ή να εκτελέσει τα βήματα ενός αλγορίθμου, να συμβάλλει στη φωτογράφιση, στην συστηματοποίηση και την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων [7].

Ο όρος έχει γίνει δημοφιλής ως συντομογραφία για την εξέλιξη ενός επιχειρηματικού μοντέλου συνεργασίας του πλήθους, καθώς και για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου, που προκύπτει από κάτω προς τα πάνω και ενεργοποιείται από τις τεχνολογίες. Πρόκειται για μια ακραία μορφή ανοικτής καινοτομίας, στην οποία οι εργασίες δεν έχουν εκχωρηθεί μόνο σε επιλεγμένους εξωτερικούς παρόχους, αλλά και στο πλήθος. Στο επίπεδο της τεχνικής υλοποίησης το crowdsourcing έχει να κάνει με on-line πλατφόρμες και χώρους συνεργασίας στο web, καθώς η συμμετοχή των μεγάλων κοινοτήτων προϋποθέτει τη χρήση των ψηφιακών μέσων. Σηματοδοτεί επίσης ένα ξεχωριστό στάδιο στην εξέλιξη του προτύπου των ευφυών

---

<sup>1</sup> Howe, J. The rise of crowdsourcing. Wired Magazine, 2006, No 14.6.

πόλεων κατά τη διάρκεια των πρώτων δεκαετιών του 21ου αιώνα, καθώς αλλάζει το μοντέλο επίλυσης προβλημάτων μετατρέποντάς το σε μια on-line κατανεμημένη διαδικασία [8].



Εικόνα 1: Crowdsourcing [9]

### 2.1.2 Εφαρμογές του μοντέλου Crowdsourcing

Την τελευταία δεκαετία, ο Παγκόσμιος Ιστός έχει εξελιχθεί σε ένα ισχυρό μέσο για την ενεργή συνεργασία μεταξύ των ανθρώπων παγκοσμίως. Υπάρχουν πολλά επιτυχημένα παραδείγματα όπου οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το Internet για να συνδυάσουν τους πόρους τους - γνώση, δημιουργικότητα, γνώμες, δεξιότητες κ.λπ. - όπως, η χρήση της μεγαλύτερης βάσης γνώσεων παγκοσμίως Wikipedia, της πλατφόρμας επίλυσης προβλημάτων InnoCentive και του συντονισμού έκτακτης ανάγκης στον σεισμό της Αϊτής στο Ushahidi. Αυτές είναι μερικές από τις πλέον αναγνωρισμένες εφαρμογές του μοντέλου crowdsourcing.

Αν και η έννοια του crowdsourcing εισήχθη μόλις το 2006, η ιδέα υπήρχε πολύ πιο πριν. Όπως δηλώνει ο Howe, το crowdsourcing είναι ένας όρος “ομπρέλα” για μια πολύ διαφορετική ομάδα προσεγγίσεων που μοιράζονται ένα κοινό χαρακτηριστικό: όλα εξαρτώνται από κάποια συμβολή από το πλήθος. Βέβαια, η φύση αυτών των συνεισφορών μπορεί να διαφέρει πολύ. Ορίζονται τέσσερις βασικές κατηγορίες εφαρμογών crowdsourcing:

σοφία πλήθους ή συλλογική νοημοσύνη, δημιουργία πλήθους ή περιεχόμενο που δημιουργείται από το χρήστη, ψηφοφορία πλήθους και crowdfunding [10].

Συνεπώς το Crowdsourcing είναι ένα αναδυόμενο μοντέλο συνεργασίας και καινοτομίας. Ως εκ τούτου, παρέχει στις επιχειρήσεις πολλαπλά πλεονεκτήματα όπως, την επεκτασιμότητα της εργατικής δύναμης και την ποικιλομορφία του πλήθους των εργαζομένων, γεγονός που συνεπάγεται μια ποικιλία καινοτόμων ιδεών και ταχείων λύσεων. Επιπλέον, το crowdsourcing μπορεί να οδηγήσει σε εντυπωσιακή εξοικονόμηση του κόστους για τις επιχειρήσεις που το χρησιμοποιούν ως μοντέλο, καθώς παρέχει σε αυτές πρόσβαση σε μελλοντικούς πελάτες, ώστε να είναι σε θέση να κάνουν ακριβέστερες προβλέψεις για την αγορά και να προσαρμόσουν τις στρατηγικές τους στις προσδοκίες του πλήθους [11]

Ακολουθεί μία καταρισμένη λίστα με παραδείγματα εφαρμογής crowdsourcing:

- General Mills Worldwide Innovation Network (G-WIN): Οι μεγάλες εταιρείες βλέπουν τα οφέλη του crowdsourcing, και η General Mills είναι μία από τις κορυφαίες του είδους αυτού. Αναζητά ανοιχτά ιδέες που θα την βοηθήσουν σε πολλούς τομείς της επιχείρησής της, από τα συστατικά έως τη συσκευασία σε νέες ιδέες προϊόντων και προτάσεις για τη βελτίωση της τεχνολογίας ή της ψηφιακής παρουσίας. Η εταιρία πιστώνει την G-WIN, βοηθώντας τη γρήγορη εισαγωγή νέων προϊόντων στην αγορά. Ο καθένας μπορεί να υποβάλει προτάσεις στην General Mills στην ιστοσελίδα της [12].
- Anheuser-Busch: Η Anheuser-Busch είναι μία από τις κορυφαίες εταιρίες-ζυθοποιείας στον κόσμο με εδρά την Αμερική. Η εταιρεία αναζήτησε και πήρε την γνώμη της καλύτερης ομάδας δοκιμαστών γεύσης που θα μπορούσε να βρει - τους πελάτες της - πριν αναπτύξει μια βιοτεχνική μύρα. Συνδυάζοντας έναν διαγωνισμό μεταξύ των ζυθοποιών, των δοκιμαστών γεύσεων και των ιδεών των καταναλωτών, κατέληξε στην ανάπτυξη ενός χρυσού-κεχριμπαριού που ονομάζεται Black Crown. Το έργο αυτό πραγματοποιήθηκε με την συμμετοχή 25.000 συνεργατών. Στη Βραζιλία, η AB άνοιξε μία crowdsourced εταιρία παραγωγής βίντεο για να χρησιμοποιήσει 35.000 βιντεογράφους από όλο τον κόσμο. Προσφέρει ανοιχτές ευκαιρίες καινοτομίας για να βοηθήσει στην εμπορία των επωνυμιών της Νότιας Αμερικής με φρέσκους και νέους τρόπους. Είναι προφανές, ότι ο εταιρικός

κόσμος αντιλαμβάνεται το μέγεθος και τον πλούτο των ιδεών και των απόψεων που έχει χάσει και είναι έτοιμος να ακούσει [12].

- MIT Climate CoLab: Το Climate CoLab, το οποίο στεγάζεται στο Κέντρο συλλογικής νοημοσύνης του MIT, έφερε περισσότερους από 10.000 χρήστες στην πλατφόρμα του, για να δημιουργήσει λύσεις για την αλλαγή του κλίματος. Στον καθηγητή Geoffrey Hay (Πανεπιστήμιο του Calgary) και στην ομάδα του απονεμήθηκε το Μεγάλο Βραβείο 10.000 δολαρίων για την πρόταση Heat Energy Assessment Technology (HEAT). Το HEAT οδηγεί τους ιδιοκτήτες ενός σπιτιού στη χρήση ενός δωρεάν εργαλείου Web, όπου μπορούν εύκολα να εντοπίσουν τις περιοχές απώλειας θερμότητας στα σπίτια τους [12].
- Zooniverse: Το σύμπαν είναι μεγάλο, και η ανάλυση της πολυπλοκότητας του σημαίνει την ανάλυση ενός συντριπτικού πλήθους δεδομένων. Το Zooniverse ξεκίνησε το πρόγραμμα crowdsourcing Moon Zoo, επιτρέποντας στους απλούς πολίτες να μελετούν και να οργανώνουν εικόνες και φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης της Σελήνης. Μέχρι σήμερα έχουν μελετηθεί περίπου τέσσερα εκατομμύρια σεληνιακές εικόνες [12].
- MyMachine: Σε αυτό το παράδειγμα crowdsourcing, ζητήθηκε από παιδιά πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, να δημιουργήσουν τις δικές τους έννοιες για τα “ρομπότ των ονείρων τους”, οι οποίες στη συνέχεια εξετάστηκαν από φοιτητές κολλεγίων. Στη συνέχεια, ζητήθηκε από μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, να κατασκευάσουν πρωτότυπα για τα πάντα. Από ένα κρεβάτι-καναπές που ανοίγει αυτόματα, μέχρι ένα ρομπότ ανακύκλωσης [12].
- Η εφαρμογή για κλήση οδικής βοήθειας του Καΐρου: Ζητήθηκε από τους πολίτες του Καΐρου να σχεδιάσουν λύσεις σε πολλαπλά προβλήματα που σχετίζονται με την κυκλοφοριακή συμφόρηση και την ασφάλεια, ως μέρος ενός ανοιχτού διαγωνισμού καινοτομίας. Ο νικητής ήταν η Beliaa, μια εφαρμογή που αποστέλλει αυτόματα δεδομένα GPS στα πλησιέστερα κέντρα οδικής βοήθειας, όταν τα αυτοκίνητα εμφανίσουν λειτουργικά προβλήματα [12].
- 99designs: Στον τομέα του γραφικού σχεδιασμού, οι χρήστες του 99designs υποβάλουν αίτηση για λογότυπο και τον σχετικό προϋπολογισμό που διαθέτουν και ένα πλήθος σχεδιαστών παρουσιάζει τα σχέδιά του. Με τον τρόπο αυτό, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει

από ένα μεγάλο πλήθος σχεδίων από αυτά που θα διέθετε εαν είχε αναθέσει το λογότυπο σε έναν μόνο σχεδιαστή [13].

### **2.1.3 Βασικές αρχές των Έξυπνων Πόλεων**

Μια πόλη οργανώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτει τις ανάγκες των πολιτών της και να ενισχύει την ευημερία τους, χωρίς ταυτόχρονα να καταστρέφει το φυσικό περιβάλλον ή να θέτει σε κίνδυνο τη διαβίωση των άλλων ανθρώπων [14]. Μία έξυπνη πόλη αποτελεί ένα ελκυστικό περιβάλλον που χρησιμοποιεί σύγχρονες τεχνολογίες για να ενισχύσει την οικονομική ανάπτυξη και την ανταγωνιστικότητα της και να προσελκύσει επενδύσεις, κεφάλαια και εξειδικευμένο προσωπικό. Παράλληλα, με την αξιοποίηση των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών, δύναται να μειώσει το κόστος και τις δαπάνες των παρεχόμενων υπηρεσιών της και να βελτιώσει την παραγωγικότητα και την ποιότητα ζωής των πολιτών. Στις σύγχρονες κοινωνίες των δυτικών χωρών, οι έξυπνες πόλεις αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι για την αυτοδιαχείρισή τους μέσω της τεχνολογίας και συνεπώς τη μετάβαση τους στην κοινωνία και την οικονομία της γνώσης.

Με δεδομένα τα παραπάνω, δεν έκπλησσει καθόλου το γεγονός ότι τέτοιες δυναμικές πόλεις λειτουργούν ως πόλος έλξης για τους δημιουργικούς ανθρώπους, οι οποίοι συμβάλουν καθοριστικά στην ανάπτυξη της πόλης και την παραγωγή του πλούτου. Κατά συνέπεια, η πόλη μετατρέπεται από μια απλή τοποθεσία σε έναν προορισμό. Σε αυτή την κατεύθυνση, ενδεχόμενα προβλήματα τα οποία δημιουργούνται από την αστική ανάπτυξη του πληθυσμού και την ταχεία ανάπτυξη της πόλης αποτελούν πρόκληση για την τοπική αυτοδιοίκηση και μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσω της αξιοποίησης των τεχνολογικών συστημάτων στην καθημερινότητα των πολιτών.

### **2.1.4 Εφαρμογές σχετικά με τις Έξυπνες Πόλεις**

Η ιστορία των έξυπνων πόλεων και της ευφυούς αστικής ανάπτυξης καταμετρά σχεδόν δύο δεκαετίες με το βλέμμα τόσο των ακαδημαϊκών και ερευνητικών φορέων όσο και των εταιριών στραμμένο προς αυτή την κατεύθυνση. Η ψηφιακή πόλη του Άμστερνταμ το 1994, θεωρείται το πρώτο παράδειγμα ευρωπαϊκής πόλης που συνδύαζε τα χαρακτηριστικά μιας κοινότητας ανθρώπων, ενός ιστοτόπου και μιας πλατφόρμας για εικονική επικοινωνία

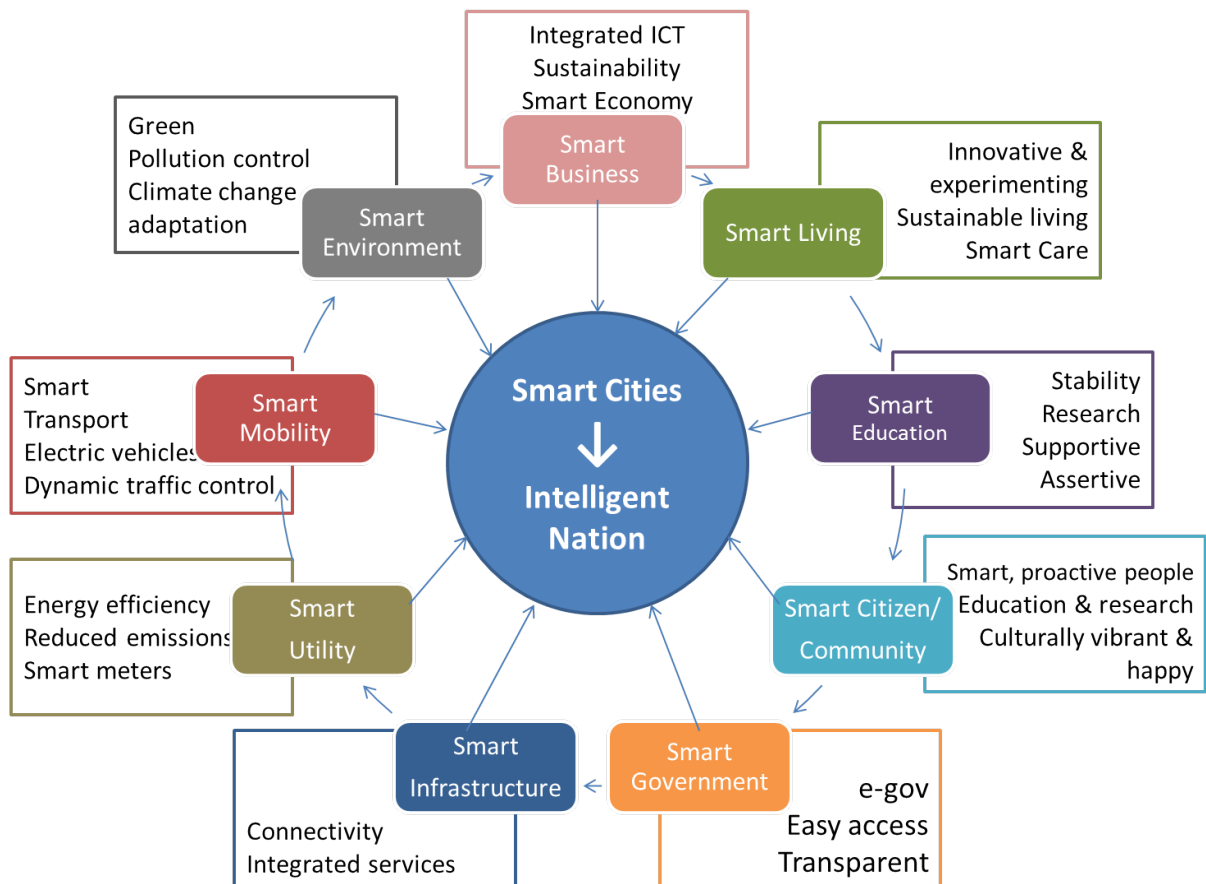
και συνεργασία. Επίσης, η περίπτωση της Βαρκελώνης έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς η στρατηγική της τοποθέτηση βρίσκεται σε ισορροπία με τον σύγχρονο πολεοδομικό σχεδιασμό της πόλης. Η πρωτοβουλία στοχεύει στην επίτευξη του οράματος της Βαρκελώνης για το 2020 να καταστεί παγκόσμιο μοντέλο αναφοράς για την ανάπτυξη ενός οικοσυστήματος αστικής καινοτομίας [15].

Ωστόσο στην Ευρώπη, ο όρος και το μοντέλο της «έξυπνης πόλης» εδραιώθηκε λίγα χρόνια αργότερα με το ευρωπαϊκό ερευνητικό έργο Smart City – European Smart Cities project στο οποίο συνεργάστηκαν 3 ερευνητικοί φορείς [16]. Το έργο αυτό, το οποίο εκτελέστηκε το 2007, στόχευε στη διερεύνηση των λόγων για τους οποίους οι πόλεις μεσαίου μεγέθους, που έχουν να αντιμετωπίσουν τον ανταγωνισμό από τις μεγαλύτερες μητροπόλεις, φαίνεται να είναι λιγότερο καλά εξοπλισμένες από πλευράς κρίσιμης μάζας, πόρων και οργάνωσης της παραγωγικής τους ικανότητας. Ο όρος έξυπνη πόλη, χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο σύγκρισης των πόλεων και το μοντέλο της έξυπνης πόλης που οικοδομήθηκε, κάλυπτε όχι μόνο τις υπηρεσίες και τις υποδομές πληροφορικής και επικοινωνιών αλλά το σύνολο των δραστηριοτήτων της πόλης. Το μοντέλο αυτό είχε έξι διαστάσεις (οικονομία, άνθρωποι, διακυβέρνηση, κινητικότητα, περιβάλλον, διαβίωση) και πάνω σε αυτό στηρίζεται μία πληθώρα ευρωπαϊκών ερευνητικών έργων που στοχεύουν στην ανάπτυξη λογισμικού και την παροχή ευφυών υπηρεσιών σε αστικό επίπεδο.

Ακόμη, ξεχωρίζουν οι σημαντικότερες προσεγγίσεις των εταιριών Cisco, IBM, Microsoft, και Siemens πάνω στο ζήτημα των έξυπνων πόλεων, οι οποίες εφαρμόζονται ήδη σε πιλοτικό επίπεδο σε πολλές πόλεις:

- Η πρωτοβουλία της Cisco (Intelligent Urbanisation Initiative, 2009) εστιάζεται αρχικά σε ευφυείς και βιώσιμες λύσεις για τη δημόσια ασφάλεια, τις μεταφορές, τα έξυπνα κτίρια, την ενέργεια, την υγειονομική περίθαλψη και την εκπαίδευση [17].
- Αντίστοιχα η IBM, μέσω της πρωτοβουλίας «Smarter Cities Challenge», που ανακοίνωσε στα τέλη του 2009, επικεντρώνεται σε επτά τομείς: εκπαίδευση, υγεία, ασφάλεια, μεταφορές, διαχείριση νερού, ενέργεια και δημόσια διακυβέρνηση, ως μέρος του οράματός της για έναν πιο έξυπνο πλανήτη [18].

- Η Microsoft από το 2005 έχει ανακοινώσει την πρωτοβουλία της (Digital Cities Initiative) στα πλαίσια της παγκόσμιας στρατηγικής της για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση [19]. Παράλληλα έχει συνάψει κατάλληλες συνεργασίες για την ανάπτυξη πιλοτικών εφαρμογών με επίκεντρο τον τουρισμό, τις μετακινήσεις και την ασφάλεια.
- Τέλος, η εταιρία Siemens με την πρωτοβουλία της «Siemens Sustainable cities» παρέχει τα τελευταία χρόνια έξυπνες λύσεις όπως, έξυπνη διαχείριση της κυκλοφορίας, ενεργειακά αποδοτικά κτίρια, διαχείριση λυμάτων, διαχείριση υδάτων, έξυπνα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας (smart grid), συστήματα ασφαλείας κ.ά. [20].



Εικόνα 2: Σχεδιάγραμμα για τις Έξυπνες Πόλεις [21]

## 2.2 Cruising for Parking & Smart Parking

### 2.2.1 To Cruising for Parking και οι σχετικές μελέτες

Με τον όρο Cruising for Parking αναφερόμαστε στο φαινόμενο κατά το οποίο οι οδηγοί περιφέρονται με το αυτοκίνητό τους γύρω από μια περιοχή, αναζητώντας διαθέσιμο



χώρο στάθμευσης [22]. Πρόκειται για ένα φαινόμενο που προκαλείται από την ελεύθερη και χαμηλού κόστους στάθμευση των οχημάτων σε χώρους όπου υπάρχει μεγάλη ζήτηση για στάθμευση. Το Parking Cruising είναι μία αγχώδης διαδικασία για τους οδηγούς, καθώς γίνεται σπατάλη καυσίμων και χρόνου, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η κυκλοφοριακή συμφόρηση και η ατμοσφαιρική ρύπανση.

Ορισμένες μελέτες αναφέρουν ότι κατά τις εργάσιμες ώρες τα μισά αυτοκίνητα στους κεντρικούς δρόμους των μεγάλων πόλεων αναζητούν για διαθέσιμο χώρο στάθμευσης. Συνεπώς, η ουσιαστική μείωση του Parking Cruising στις πόλεις θα μπορούσε να οδηγήσει σε τεράστιες εξοικονομήσεις των πόρων που σπαταλώνται κατά τη διαδικασία αυτή. Ο Shoup, στην εικόνα 3 [23], παρουσιάζει έναν πίνακα που συνοψίζει τα αποτελέσματα δεκατριών μελετών σχετικά με το Parking Cruising. Σε όλες τις μελέτες, το μέσο μερίδιο του Parking Cruising ήταν 30% και ο μέσος χρόνος 7,8 λεπτά. Καθώς είναι ανδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι το Parking Cruising συμβάλλει σημαντικά στην κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι αξιοσημείωτο ότι το φαινόμενο δεν έχει μελετηθεί ευρύτερα από ερευνητές αστικών μεταφορών.

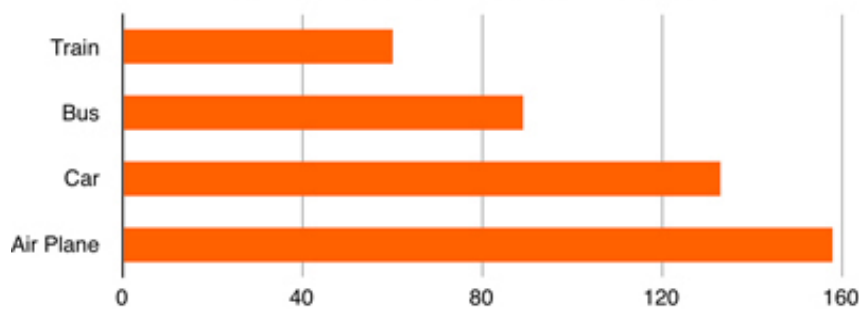
Year	City	Share of traffic cruising
1927	Detroit (1) <sup>a</sup>	19%
1927	Detroit (2)	34%
1960	New Haven	17%
1977	Freiburg	74%
1985	Cambridge	30%
1993	New York	8%
Average		30%

Εικόνα 3: Πίνακας μελετών σχετικά με το Parking Cruising, Shoup 2005

Η αποδοτική χρήση του αστικού χώρου ως απαίτηση, υπήρξε πάντα πρόκληση στη διαδικασία του πολεοδομικού σχεδιασμού. Απαιτεί πολλές παρεμβάσεις στον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται οι πόλεις, συμπεριλαμβανομένης της αποτελεσματικής διαχείρισης του όγκου των αυτοκινήτων που επισκέπτονται καθημερινά το κέντρο της πόλης και άλλους

δημοφιλείς προορισμούς. Μέρος της εργασίας αυτής είναι η αποτελεσματική διαχείριση του χώρου στάθμευσης ο οποίος είναι ελάχιστος.

Μία ακόμη μελέτη διαπίστωσε ότι σε μια περιοχή του Λος Άντζελες τα οχήματα που αναζητούσαν πάρκινγκ παράγαγαν 730 τόνους διοξειδίου του άνθρακα και έκαψαν 47.000 γαλόνια βενζίνης για ένα έτος, εικόνα 4, [24]. Συνεπώς, η μείωση του χρόνου που περνούν τα αυτοκίνητα για αναζήτηση θέσεων στάθμευσης δεν μειώνει μόνο τα προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης αλλά και την επιβάρυνση του αστικού περιβάλλοντος.



Εικόνα 4: Μέση εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα των μέσων μεταφοράς ανά επιβατικό χιλιόμετρο

### 2.2.2 Η στρατηγική του Smart Parking

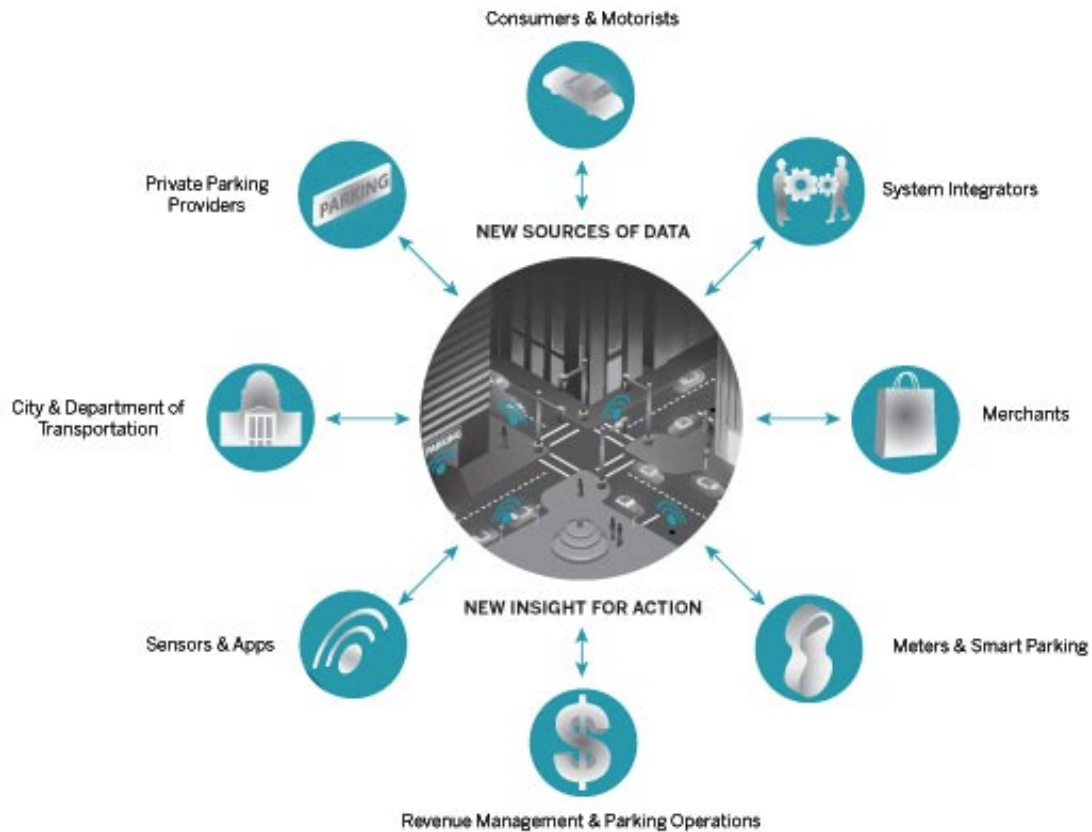
Οι πραγματικές διαστάσεις του προβλήματος αναζήτησης χώρου στάθμευσης είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων. Η ύπαρξη δημοφιλών προορισμών, προσωπικών προτιμήσεων στάθμευσης και η απροθυμία των οδηγών να σταθμεύουν παρά μόνο σε άμεση γειτνίαση με τον προορισμό, επιδεινώνουν το πρόβλημα. Η ακαδημαϊκή έρευνα αλλά και οι δημόσιες ή/και ιδιωτικές πρωτοβουλίες έχουν καταβάλει αξιοσημείωτη προσπάθεια τα τελευταία χρόνια για την επίλυση του προβλήματος, μέσω συστημάτων υποστήριξης κατά την αναζήτηση χώρου στάθμευσης. Κοινό χαρακτηριστικό αυτών των συστημάτων είναι η εκμετάλλευση τεχνολογιών για τη συλλογή και ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τη διαθεσιμότητα χώρου στάθμευσης στην περιοχή αναζήτησης. Με αυτόν τον τρόπο, οι επιλογές στάθμευσης των οδηγών γίνονται άμεσα γνωστές σε αυτούς έτσι ώστε ο πραγματικός ανταγωνισμός στον χώρο στάθμευσης να μειώνεται και η συνολική διαδικασία αναζήτησης να γίνεται πιο αποτελεσματική [25]. Έτσι λοιπόν γεννήθηκε η ιδέα του Smart Parking. Ορίζεται ως Smart Parking η χρήση προηγμένων τεχνολογιών για την

αποτελεσματική λειτουργία, παρακολούθηση και διαχείριση της στάθμευσης σε μια στρατηγική αστικής κινητικότητας [26].

Η βιομηχανία του Smart Parking εξελίσσεται συνεχώς, καθώς ολοένα και περισσότερες πόλεις προσπαθούν να αντιμετωπίσουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση και την ανεπαρκή διαθεσιμότητα χώρων στάθμευσης. Κατά τα τελευταία χρόνια, υπήρξε μια αισθητή αλλαγή στην αγορά. Τα πρώτα στάδια των έξυπνων έργων στάθμευσης σηματοδοτήθηκαν από πολλές μεγάλες αστικές και υψηλού προφίλ εφαρμογές, όπως αυτές της Μόσχας, του Σαν Φρανσίσκο και του Λος Άντζελες. Τα έργα αυτά έχουν καταδείξει επιτυχία όσον αφορά τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Στη Μόσχα η συμφόρηση έχει μειωθεί περίπου κατά 25% από τότε που ξεκίνησε το έργο (2011), με αποτέλεσμα να μειωθούν αντίστοιχα και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα [27].

Το δυναμικό των εμπορικών σχεδίων αυξάνεται μέσω διαφόρων νέων επιχειρηματικών μοντέλων και τεχνολογικών εξελίξεων:

- Μερικές νέες λύσεις βασίζονται σε αισθητήρες, όπως τα συστήματα μέτρησης χώρων στάθμευσης (π.χ. Urbiotica) και τα υβριδικά έξυπνα συστήματα στάθμευσης (π.χ. Streetline).
- Πολλοί προμηθευτές ενσωματώνουν έξυπνες λύσεις στάθμευσης με άλλες έξυπνες εφαρμογές για πόλης (π.χ. Sensity με έξυπνο φωτισμό δρόμου) ή με άλλες υποδομές στάθμευσης (π.χ., η IPS Group συνδυάζει αισθητήρες με έξυπνα μηχανήματα στάθμευσης).
- Έξυπνες εφαρμογές αναζήτησης χώρου στάθμευσης επιτρέπουν την παρακολούθηση της διαθεσιμότητας στάθμευσης σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας έτσι καλύτερες υπηρεσίες στους χρήστες [28], [29].



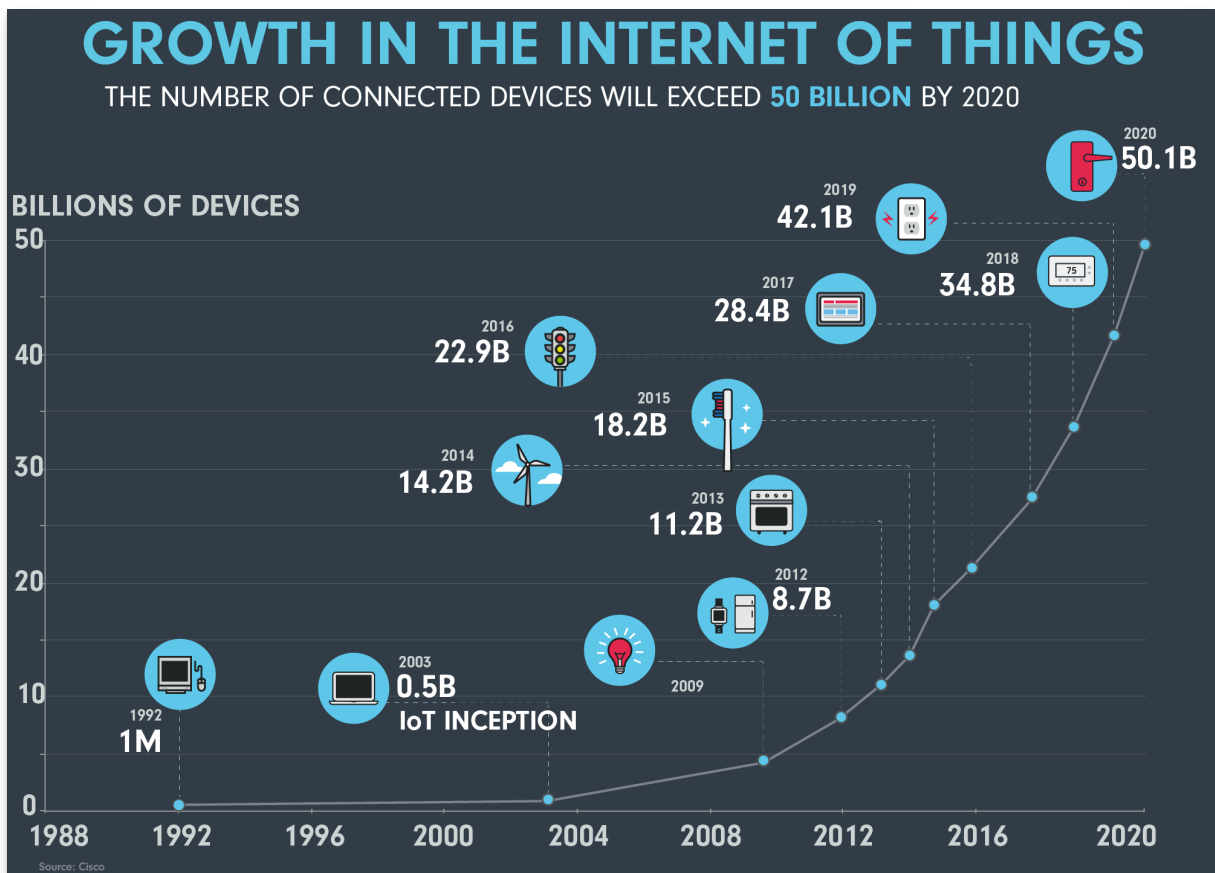
Εικόνα 5: οι λύσεις που προσφέρει το Smart Parking στις Έξυπνες Πόλεις

### 2.3 Σχετικά με το Internet of Things (IoT)

Χάριν της ταχείας εξελεκτικής προόδου των νέων τεχνολογιών, το IoT ανοίγει τεράστιες ευκαιρίες για ένα μεγάλο αριθμό καινοτόμων εφαρμογών, που υπόσχονται να βελτιώσουν την ποιότητα της ζωής μας. Τα τελευταία χρόνια, έχει κερδίσει την μεγάλη προσοχή των ερευνητών και των επαγγελματιών από όλο τον κόσμο [30]. Οι Haller, Karnouskos και Schroth ορίζουν το IoT ως έναν κόσμο όπου τα φυσικά αντικείμενα ενσωματώνονται σε ένα δίκτυο πληροφοριών, στον οποίο είναι διαθέσιμες οι απαραίτητες υπηρεσίες ώστε να αλληλεπιδρούν μέσω του Διαδικτύου, με αποτέλεσμα να μπορούν αυτά τα «έξυπνα αντικείμενα» να γίνουν ενεργοί συμμετέχοντες στις επιχειρηματικές διαδικασίες [31]. Ο όρος “Internet of Things” (ή αλλιώς Διαδίκτυο των Πραγμάτων) επινοήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1990 από τον επιχειρηματία Kevin Ashton. Ο Ashton, ο οποίος είναι ένας από τους ιδρυτές του Auto-ID Center στο MIT, ήταν μέρος μιας ομάδας που ανακάλυψε τον τρόπο να συνδέσει τα αντικείμενα με το διαδίκτυο μέσω μιας ετικέτας RFID.

Τα πεδία εφαρμογής για τις τεχνολογίες του IoT είναι τόσο πολυάριθμα όσο και διαφορετικά, καθώς οι λύσεις που επιφέρει το IoT αυξάνονται όλο και περισσότερο σχεδόν σε όλα τα πεδία της καθημερινότητας. Παράλληλα όμως με την ανάπτυξη του IoT, αυξάνεται και η ανάγκη για δυνατότητα διαχείρισης σε πραγματικό χρόνο των αυξημένων απαιτήσεων κίνησης δεδομένων [32]. Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό, καθώς θα πρέπει να παρέχεται επαρκές εύρος ζώνης, ώστε να καλύπτεται η ανάγκη μεταφοράς δεδομένων από έναν αισθητήρα τοποθετημένο σε μία πόρτα, μέχρι υψηλής ευκρίνειας βίντεο που θα προέρχεται από μία κάμερα ασφαλείας. Ανάλογες θα είναι φυσικά και οι απαιτήσεις σε επίπεδο κρυπτογράφησης και ασφάλειας των δεδομένων.

Στην εικόνα 6 προβάλλεται ένα διάγραμμα πληροφοριών από τη NCTA (National Cable & Telecommunications Association) με βάση τα τρέχοντα δεδομένα από τη Cisco σχετικά με το Internet of Things. Εκτιμάται ότι 50 δισεκατομμύρια συσκευές θα είναι συνδεδεμένες μέχρι το έτος 2020 [33].



Εικόνα 6: Διάγραμμα ανάπτυξης του Internet of Things - Τα δισεκατομμύρια των συσκευών που θα συμμετέχουν στο IoT έως το 2020

## **Κεφάλαιο 3 - Αναφορά σε σχετικές εργασίες**

### **3.1 Συστήματα Smart Parking με τη χρήση αισθητήρων**

Σε λιγότερο από μια δεκαετία, περίπου ένα εκατομμύριο θέσεις στάθμευσης θα είναι διαθέσιμες σε όλο τον κόσμο, χάριν των Smart Parking εφαρμογών, σύμφωνα με μελέτη της αμερικανικής ερευνητικής εταιρείας Navigant Research [34], κάτι που δεν αποτελεί έκπληξη για όσους προσπαθούν να ενσωματώσουν την τεχνολογία μέσα στις ίνες των πόλεων του μέλλοντος. Το Smart Parking είναι ένας εξειδικευμένος τομέας, στον οποίο πολλές εταιρείες σπεύδουν να επενδύσουν δίνοντας στη βιομηχανία στάθμευσης αυτοκινήτων τεράστιες δυνατότητες, καθώς τα προβλήματα που προκύπτουν από το φαινόμενο του Cruising for Parking αυξάνονται συνεχώς, στα μεγάλα αστικά κέντρα όλων των χωρών [35].

Ένα πλήθος από τα τρέχοντα συστήματα εξασφαλίζουν τη διαθεσιμότητα χώρων στάθμευσης χρησιμοποιώντας αισθητήρες οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε δρόμους ή επαγγελματικούς χώρους. Ωστόσο, η ανάπτυξη ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων είναι εφικτή σε περιορισμένες έκτασεις καθώς απαιτεί έλεγχο, αξιόπιστη δικτύωση, ασφαλή συντήρηση του συστήματος και μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση, με αποτέλεσμα να έχει υψηλό κόστος. Επιπλέον, οι αισθητήρες μπορεί να καταστούν ανακριβείς και να σταματήσουν να λειτουργούν με την πάροδο του χρόνου [36].

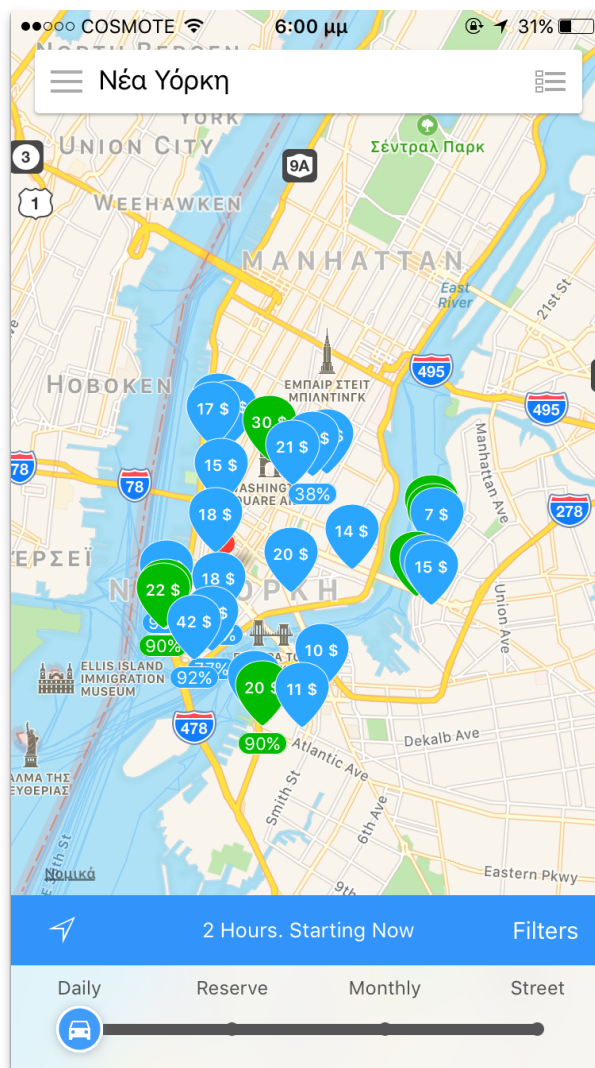
### **3.2 Εφαρμογές Smart Parking**

Ως εκ τούτου, δημιουργήθηκε η ανάγκη της αναζήτησης ενός πιο αξιόπιστου και οικονομικού τρόπου για τον εντοπισμό και την καθοδήγηση των οδηγών στους διαθέσιμους χώρους στάθμευσης. Μερικές από τις εφαρμογές που υλοποιήθηκαν με γνώμονα τα προαναφερθέντα, είναι οι εξής:

#### **ParkMe - INRIX, Inc.**

Η εφαρμογή αυτή επικεντρώνεται κυρίως στην παροχή πληροφοριών για επαγγελματικούς χώρους στάθμευσης. Παρέχει πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία τους, το ωράριο λειτουργίας, την πληρότητα τους καθώς επίσης και για την τιμή της στάθμευσης σε ωριαία ή μηνιαία κλίμακα. Επιπλέον, προσφέρει πληροφορίες πληρότητας για θέσεις

στάθμευσης οι οποίοι είναι ελεύθεροι στους κεντρικούς δρόμους των μεγάλων πόλεων. Οι πληροφορίες όμως αυτές, παρέχονται προσεγγιστικά και όχι real-time. Επίσης, προσφέρει δυνατότητα ηλεκτρονικής πληρωμής μέσα από την εφαρμογή (σε όποιους χώρους έχουν αυτή τη δυνατότητα). Εφαρμόζεται σε αρκετές πολιτίες της Αμερικής, στον Καναδά, και σε αρκετές πόλεις στην Ευρώπη. Η προαναφερθείσα εφαρμογή ανανεώθηκε στις 30 Μαΐου 2017 σε λειτουργικό iOS, παρέχεται δωρεάν και ανήκει στην κατηγορία “Navigation” [37].



Εικόνα 7: ParkMe Application

## ParkU – Verwaltung GmbH & Co. KG

Η εφαρμογή ParkU, προσφέρει κυρίως επιλογές στάθμευσης για επαγγελματικούς και ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης συμπεριλαμβανομένων όλων των απαραίτητων πληροφοριών για την επιλογή κάποιας θέσης. Επίσης, διαθέτει επιλογή για προβολή των ελεύθερων θέσεων στο δρόμο, παρόλο που κατά την δοκιμή της εφαρμογής εντοπίστηκαν ελάχιστες έως μηδενικές τέτοιες θέσεις. Παρέχει την δυνατότητα για ηλεκτρονική πληρωμή και εφαρμόζεται κυρίως στη Γερμανία, στην Ελβετία, στην Αυστρία και στην Ολλανδία. Η παραπάνω εφαρμογή ανανεώθηκε στις 31 Μαΐου 2017 σε λειτουργικό iOS, παρέχεται δωρεάν και ανήκει στην κατηγορία “Navigation” [38].

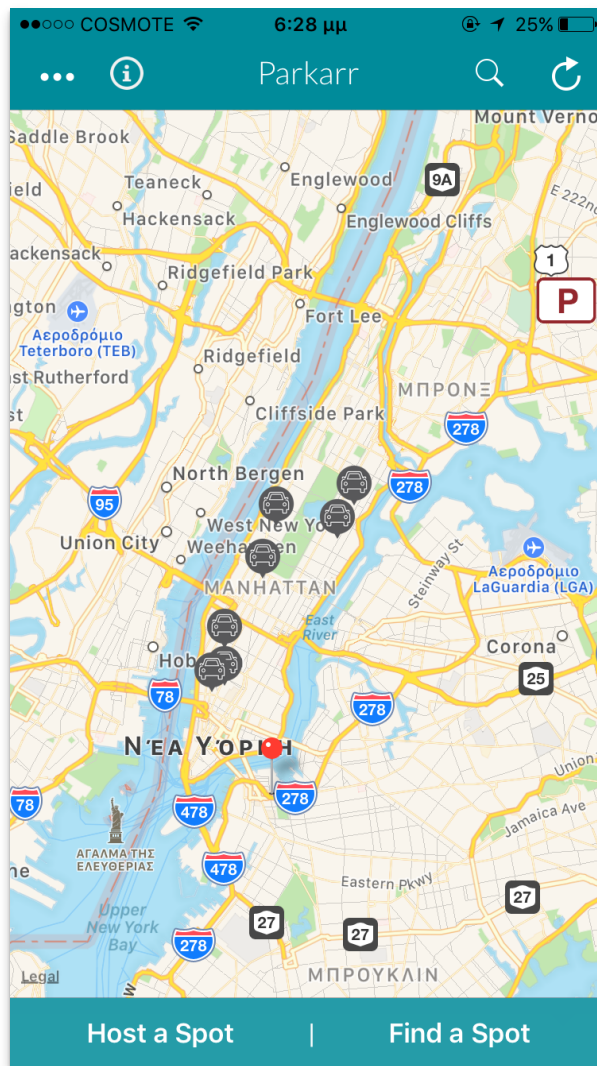


Εικόνα 8: ParkU Application



## Parkarr - Parkarr LLC

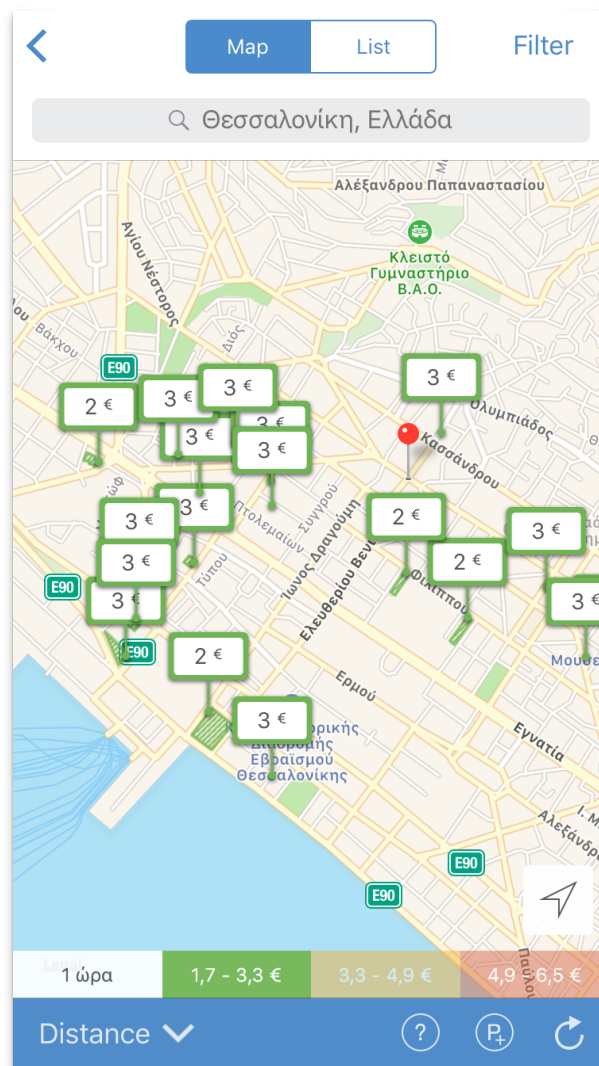
Η συγκεκριμένη εφαρμογή επικεντρώνεται στην «ανταλλαγή» θέσεων στάθμευσης από τους οδηγούς χρησιμοποιώντας crowdsourcing τεχνικές. Η λειτουργία της βασίζεται σε ένα σύστημα ανταμοιβής με πόντους, ενώ οι χρήστες, καλούνται να ενηρώνουν το σύστημα για την ώρα αποχώρησης τους από τη θέση στην οποία βρίσκονται σταθμευμένοι πριν αποχωρήσουν από αυτήν. Αφετέρου αυτοί που ενδιαφέρονται να κατοχυρώσουν μια θέση οφείλουν να ενημερώσουν το σύστημα για την ώρα άφιξης τους στη συγκεκριμένη θέση. Προς το παρόν, εφαρμόζεται μόνο στο κέντρο της Νεας Υόρκης. Η εφαρμογή Parkarr ανανεώθηκε στις 24 Μαΐου 2017 σε λειτουργικό iOS, παρέχεται δωρεάν και ανήκει στην κατηγορία “Navigation” [39].



Εικόνα 9: Parkarr Application

## Parkopedia - Parkopedia Ltd

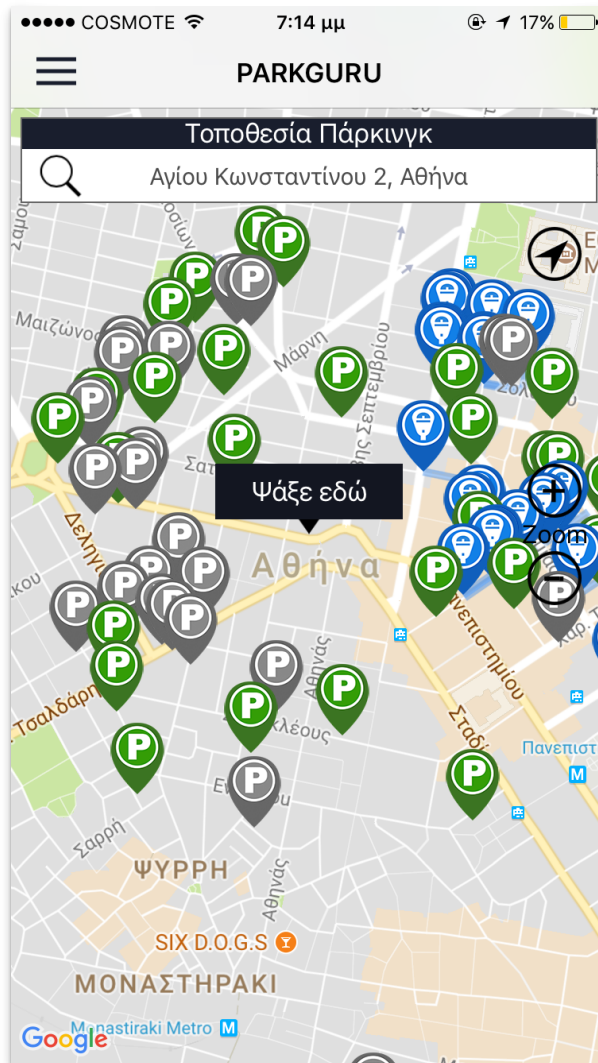
Η εφαρμογή αυτή προσφέρει πληροφορίες για διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης σε πάνω από 52 χώρες παγκοσμίως. Αυτές αφορούν επαγγελματικούς χώρους στάθμευσης, ή ελεύθερες θέσεις στο δρόμο, με την έννοια της απλής καταγραφής και όχι βάση real-time αποτελεσμάτων. Η συγκεκριμένη εφαρμογή, στα πλαίσια της συλλογής πληροφοριοριών με crowdsourcing τεχνικές, καλεί τους χρήστες της να υποβάλλουν φωτογραφίες που απεικονίζουν κάποιο τιμολόγιο καταστήματος ή πινακίδα στάθμευσης, ώστε να προσθέσει εγγραφές στη βάση δεδομένων της (μετά από την έγκριση της). Η εφαρμογή ανανεώθηκε στις 10 Φεβρουαρίου 2017, παρέχεται δωρεάν και ανήκει στην κατηγορία “Navigation” [40].



Εικόνα 10: Parkopedia Application

## parkGuru - PARKGURU LIMITED

Σε αυτή την εφαρμογή προσφέρονται πληροφορίες σχετικά με τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης, είτε σε επαγγελματικούς χώρους, είτε ελεύθερα στους δρόμους. Για ένα μεγάλο αριθμό εγγραφών της πρώτης κατηγορίας, παρέχονται πληροφορίες όπως, η διαθεσιμότητα, οι συνολικές θέσεις του καταστήματος και η τιμή, ενώ ένας μεγάλος αριθμός εγγραφών παραμένει μέχρι στιγμής μη ενημερωμένος. Οι ελεύθερες θέσεις στάθμευσης οι οποίες προβάλλονται μέσα από την συγκεκριμένη εφαρμογή δεν είναι αποτέλεσμα κάποιου real-time τρόπου διαχείρισης θέσεων, αλλά αποτελούν μια απλή καταγραφή των διευθύνσεων στις οποίες επιτρέπεται η στάθμευση με την καταβολή αντίστοιχου αντιτίμου. Οι πληροφορίες που παρέχονται για τις θέσεις αυτές είναι οι ημερομηνίες επιτρεπόμενης στάθμευσης καθώς και η διακύμανση της τιμής ανα ώρα στάθμευσης. Επιπλέον, οι πληροφορίες που προβάλλονται από την εφαρμογή parkGuru αντλούνται από την βάση δεδομένων της Parkopedia. Η εφαρμογή ανανεώθηκε στις 2 Ιουνίου 2017, παρέχεται δωρεάν και ανήκει στην κατηγορία “Navigation” [41].



Εικόνα 11: parkGuru Application

## **Κεφάλαιο 4 - Ανάλυση και σχεδίαση της εφαρμογής**

### **4.1 Περιγραφή Εφαρμογής “ParkIT”**

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα περιγραφεί ο τρόπος που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε η εφαρμογή ανεύρεσης χώρου στάθμευσης για Ι.Χ αυτοκίνητα, “ParkIT”. Συγκεκριμένα θα γίνει περιγραφή των απαιτήσεων της εφαρμογής, οι βασικές της λειτουργίες, καθώς και οι περιπτώσεις χρήσης.

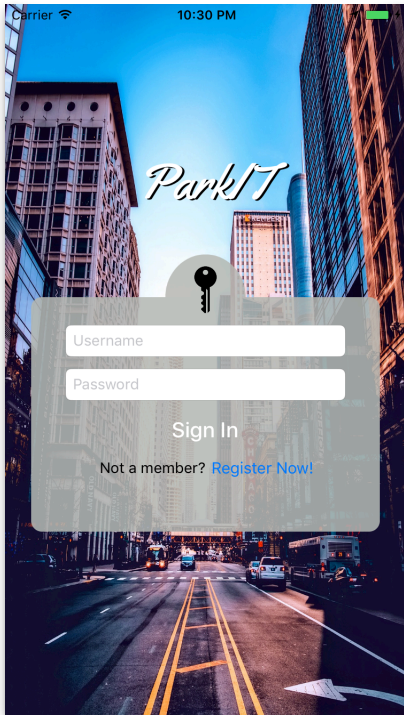
Στόχος της εφαρμογής “ParkIT” είναι η εξυπηρέτηση του μέσου οδηγού αυτοκινήτου, βοηθώντας τον να βρει γρήγορα και εύκολα μία θέση στάθμευσης για το αυτοκίνητο του. Η εφαρμογή παρέχει στον χρήστη-οδηγό πληροφορίες για όλες τις δυνατές επιλογές που έχει, όπως για παράδειγμα, να σταθμεύσει το αυτοκίνητό του ελεύθερα σε κάποιον δρόμο, να ενοικιάσει μια θέση στάθμευσης κάποιου ιδιώτη, ή να σταθμεύσει σε έναν επαγγελματικό χώρο στάθμευσης. Ταυτόχρονα, δίνει τη δυνατότητα επιλογής απεικόνισης μόνο των θέσεων που ενδιαφέρουν τον ίδιο, καθώς και της επιλογής της τελικής τοποθεσίας όπου θα αποφασίσει να σταθμεύσει. Το γραφικό περιβάλλον έχει διαμορφωθεί έτσι ώστε το σύνολο των διατιθέμενων επιλογών να βρίσκεται συγκεντρωμένο σε μία μόνο οθόνη προβολής, ενώ παράλληλα κάνει εύκολο και κατανοητό για τον χρήστη τον διαχωρισμό των προηγούμενων. Έτσι, ο χρήστης-οδηγός έχει πλήρη έλεγχο των επιλογών που έχει δίχως να υστερείται ένα λειτουργικό, εύχρηστο και ευχάριστο περιβάλλον.

### **4.2 Πρότυπο Εφαρμογής Ανεύρεσης Θέσεων Στάθμευσης**

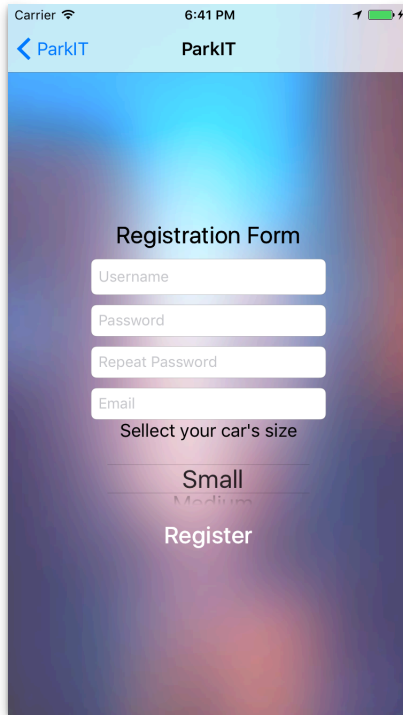
Προτού ξεκινήσει η υλοποίηση της εφαρμογής “ParkIT” σε προγραμματιστικό επίπεδο, δημιουργήθηκε ένα προσχέδιο των βασικών οθονών και λειτουργιών της εφαρμογής. Το στάδιο αυτό ενήργησε καταλυτικά στον στοχευμένο και αποτελεσματικό σχεδιασμό της εφαρμογής καθώς μέσα από αυτό, γίνεται απεικόνιση τόσο των στατικών όσο και των δυναμικών στοιχείων της εφαρμογής.

Στις Εικόνες 12, 13 και 14 απεικονίζονται τρεις από τις βασικές οθόνες της εφαρμογής. Συγκεκριμένα στην πρώτη οθόνη -η οποία είναι και η πρώτη οθόνη που βλέπει ο χρήστης όταν εκκινίσει την εφαρμογή- απεικονίζεται η οθόνη σύνδεσης του χρήστη στην εφαρμογή, στη δεύτερη απεικονίζεται η οθόνη εγγραφής ενός νέου χρήστη στο σύστημα, και τέλος στην

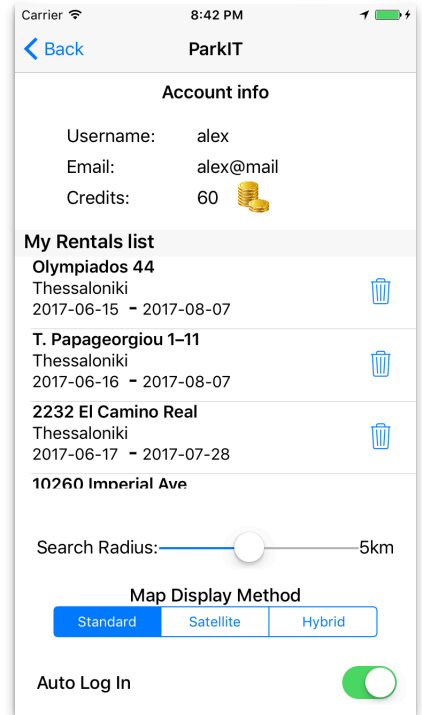
τρίτη οθόνη απεικονίζεται η οθόνη ελέγχου διαφόρων πληροφοριών και ρυθμίσεων σχετικά με τη λειτουργικότητα της εφαρμογής.



Εικόνα 12: Οθόνη σύνδεσης

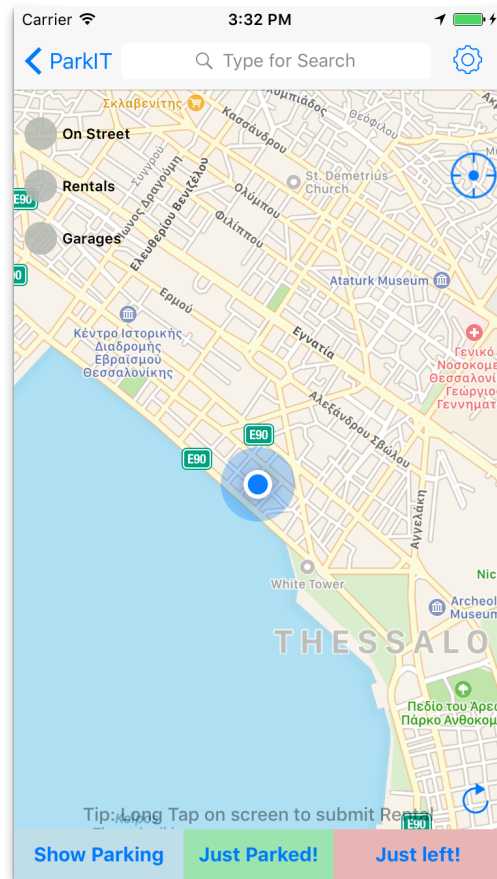


Εικόνα 13: Οθόνη εγγραφής



Εικόνα 14: Οθόνη ελέγχου

Στην Εικόνα 15 φαίνεται η τέταρτη και κύρια οθόνη λειτουργίας της εφαρμογής όπου απεικονίζεται ο χάρτης και οι διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης καθώς και κάποιες άλλες λειτουργίες που συμβάλλουν στην αποδοτική υλοποίηση της εφαρμογής.



Εικόνα 15: Οθόνη πλοήγησης

### 4.3 Περιγραφή Απαιτήσεων Εφαρμογής

Οι απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται ώστε η λειτουργία και η χρήση της εφαρμογής να θεωρούνται ορθές είναι οι εξής ακόλουθες:

- Φιλικό περιβάλλον προς τον χρήστη: Ο χειρισμός της εφαρμογής θα πρέπει να είναι απλός και κατανοητός σε ένα μεγάλο εύρος ηλικιών, ενώ το γραφικό περιβάλλον της κρίνεται αναγκαίο να είναι όσο το δυνατόν απλούστερο γίνεται, ώστε να μην αποσπάται η προσοχή του οδηγού σε μεγάλο βαθμό.
- Άμεση ενημέρωση ενδιαφερόμενου σε πραγματικό χρόνο: Ο οδηγός θα πρέπει να ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο για τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης σύμφωνα με τα κριτήρια που έχει επιλέξει, καθώς και για επιπρόσθετες πληροφορίες που αφορούν τις θέσεις αυτές, ώστε να μπορεί να αποφασίζει γρήγορα και αποτελεσματικά.
- Απαλλαγή από την ανάγκη για εύρεση θέσης στάθμευσης: Η καθημερινή ανάγκη για αναζήτηση και εύρεση μιας κατάλληλης θέσης στάθμευσης αφορά ολοένα και

περισσότερους ανθρώπους-οδηγούς, με αποτέλεσμα η διαδικασία αυτή να καθίσταται ταυτόχρονα χρονοβόρα, αγχώδης και τρομερά επίπονη. Επιπλέον, το οικονομικό βάρος, λόγω σπατάλης καύσιμου, η κυκλοφοριακή συμφόρηση και η ατμοσφαιρική ρύπανση καθιστούν αναγκαία την άμεση λύση του προβλήματος.

- Αντικατάσταση υπάρχουσας τεχνολογίας: Υλοποιήσεις για την επίλυση του προβλήματος στάθμευσης με τη χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων, έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές, όμως το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, η ενεργειακή κατανάλωση και οι γεωγραφικοί περιορισμοί τις χαρακτηρίζουν ως μη επαρκείς.
- Καταγραφή των ελεύθερων θέσεων: Οι ελεύθερες θέσεις στάθμευσης θα πρέπει να είναι καταγεγραμμένες και ανά πάσα στιγμή προσβάσιμες σε απομακρυσμένη βάση δεδομένων, έτσι ώστε να προβάλλονται άμεσα στον χρήστη.
- Αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών: Απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτελεσματική λειτουργία του μοντέλου είναι η συνεχής και θεμιτή συμμετοχή των χρηστών όπως σε κάθε crowdsourced εφαρμογή. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε ένα σύστημα επιβράβευσης των ενεργών χρηστών με credits ως κίνητρο για την εξασφάλιση της λειτουργικότητας της εφαρμογής σε όλα τα επίπεδα.

#### 4.3.1 Περιγραφή Χρηστών

Χρήστες ενός συστήματος δεν θεωρούνται μόνο εκείνοι που πρόκειται να το χρησιμοποιούν άμεσα, αλληλοεπιδρώντας με τις συσκευές εισόδου-εξόδου του, αλλά και αυτοί που δεν το χρησιμοποιούν απευθείας. Διακρίνονται οι εξής τρεις κατηγορίες χρηστών:

- i. Πρωτεύοντες χρήστες είναι αυτοί που αλληλεπιδρούν απευθείας με το σύστημα συχνά. Στην περίπτωσή μας οι οδηγοί οι οποίοι αλληλεπιδρούν με το σύστημα είτε αναζητώντας μία ελεύθερη θέση στάθμευσης, είτε καταχωρώντας πληροφορίες για την δέσμευση μιας ήδη υπάρχουσας θέσης και αντίστοιχα την αποδέσμευση αυτής.
- ii. Δευτερεύοντες χρήστες είναι αυτοί που χρησιμοποιούν το σύστημα σπανιότερα ή μεσώ ενός ενδιάμεσου. Στην περίπτωσή μας, ένας ιδιοκτήτης μιας θέσης στάθμευσης, καταχωρώντας την στο σύστημα ως διαθέσιμη προς ενοικίαση, ή ο διαχειριστής της

πλατφόρμας καταχωρώντας εγγραφές που σχετίζονται με τις θέσεις που προσφέρονται από τους επαγγελματικούς χώρους στάθμευσης.

- iii. Τριτεύοντες χρήστες είναι αυτοί που δεν χρησιμοποιούν ποτέ απευθείας το σύστημα, αλλά επηρεάζονται από αυτό. Τέτοιοι χρήστες μπορεί να είναι οι ιδιοκτήτες επαγγελματικών χώρων στάθμευσης ή ακόμα και οι συμβατικοί οδηγοί οδηγοί αυτοκινήτων.

#### 4.3.2 Παράμετροι Χρηστικότητα

- ❖ Ευκολία εκμάθησης (Learnability): Θεωρείται ο βαθμός ευκολίας της δυνατότητας του χρήστη στην εκμάθηση και χρήση του συστήματος με παραγωγικό τρόπο. Θα πρέπει οι χρήστες-οδηγοί να είναι σε θέση μέσα σε λίγα λεπτά, με την βοήθεια των πληροφοριών που παρέχονται αλλά και με την αντίστοιχη ονομασία των κουμπιών, να μάθουν να χρησιμοποιούν την εφαρμογή.
- ❖ Αποδοτικότητα (Efficiency): Θεωρείται η βέλτιστη ταχύτητα με την οποία επιτυγχάνεται το επιθυμητό αποτέλεσμα. Ο χρήστης-οδηγός μέσα σε λίγα λεπτά θα πρέπει να μπορεί να επιλέξει ποιές από τις ελεύθερες θέσεις στάθμευσης θα εμφανίζονται στην οθόνη του καθώς και να αποφασίσει σε ποιά θέση θα σταθμεύσει το αυτοκίνητο του με την βοήθεια των επιπρόσθετων πληροφοριών που παρέχονται για κάθε μία από αυτές. Επίσης, είναι αναγκαίο να μπορεί να πλοηγηθεί στην τοποθεσία που επέλεξε απλά γρήγορα με το άγγιγμα ενός κουμπιού.
- ❖ Ευκολία μνήμης (Memorability): Θεωρείται ο βαθμός ευκολίας της δυνατότητας του χρήστη να θυμηθεί τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος μετά από ένα χρονικό διάστημα μη χρησιμοποίησης του. Σε συνδυασμό με την ευκολία εκμάθησης θα πρέπει ο χρήστης να είναι σε θέση να θυμάται τον τρόπο χρήσης της εφαρμογής. Αυτό επιτυγχάνεται τόσο με τις ονομασίες των κουμπιών που παραπέμπουν τον χρήστη στην επιθυμητή ενέργεια, όσο και με την διάταξη των κουμπιών στο χώρο. Επιπρόσθετα συμβουλές που απεικονίζονται στην οθόνη λειτουργίας προσδίδουν ένα κλίμα καθοδήγησης.

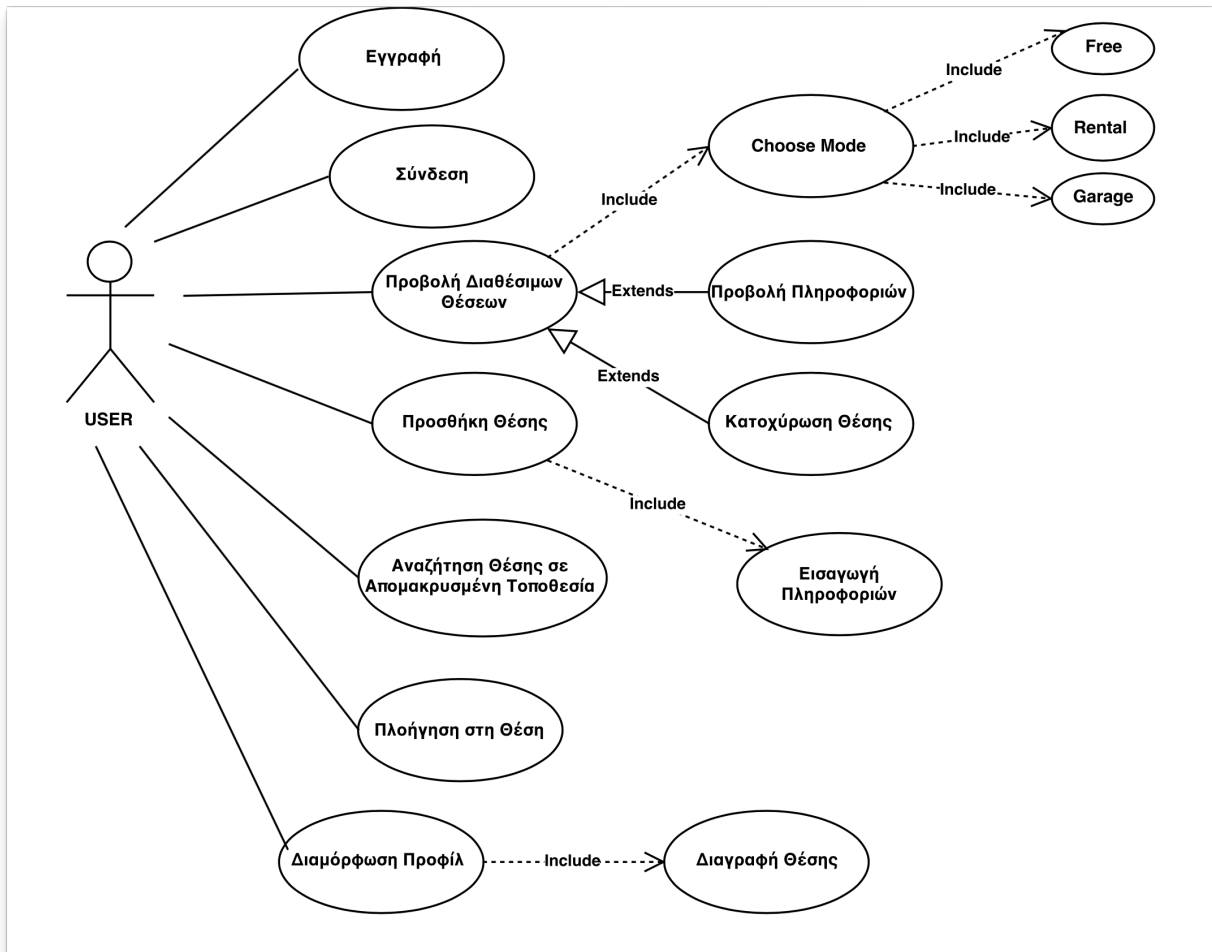


- ❖ **Λάθη χρήσης (Errors):** Θεωρείται το πλήθος των σφαλμάτων που κάνει ο χρήστης κατά τη χρήση του συστήματος και ο βαθμός σημαντικότητας αυτών. Οι χρήστης σε περίπτωση που εισάγει λανθασμένες τιμές μπορεί απλά να διαγράψει την λανθασμένη εγγραφή και να καταχωρήσει μία εκ νέου, ενώ δικαίωμα στην διαγραφή έχει μόνο ο ίδιος. Επίσης, με διάφορους ελέγχους που γίνονται αποφεύγονται λάθη, όπως στην προσπάθεια ενημέρωσης αποδέσμευσης μιας θέσης στάθμευσης σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα ή σε διαφορετική τοποθεσία από αυτήν που στάθμευσε και την εισαγωγή χαρακτήρων σε αριθμητικό πεδίο.
- ❖ **Ικανοποίηση (Satisfaction):** Θεωρείται ο βαθμός ευχαρίστησης του χρήστη από την απόδοση της εφαρμογής. Θα πρέπει το σύνολο των χρηστών να είναι ευχαριστημένο. Τόσο οι οδηγοί, οι ιδιοκτήτες μεμονωμένων θέσεων στάθμευσης, όσο και οι ιδιοκτήτες επαγγελματικών χώρων θα πρέπει να θέλουν να χρησιμοποιούν την εφαρμογή για δικούς τους λόγους. Για τους οδηγούς το περιβάλλον θα πρέπει να είναι φιλικό και εύχρηστο ενώ για τους ενοικιαστές θα πρέπει να υπάρχει μία σαφής και απλή διαδικασία λειτουργίας.

#### 4.3.3 Περιπτώσεις Χρήσης

Η ανάλυση των περιπτώσεων χρήσης είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των απαιτήσεων ενός συστήματος και των πληροφοριών που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των χρησιμοποιούμενων διαδικασιών και των κλάσεων, του διαγράμματος περίπτωσης χρήσης και της γενικής περίπτωσης χρήσης στην ανάπτυξη ενός συστήματος ή προγράμματος λογισμικού. Η ανάλυση της περίπτωσης χρήσης αποτελεί το θεμέλιο πάνω στο οποίο θα κατασκευαστεί το σύστημα [42].

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα περιγραφούν οι περιπτώσεις χρήσης για την πλοήγηση του χρήστη στην εφαρμογή και θα διατυπωθούν με τη βοήθεια διαγραμματικών κυρίως τεχνικών, που υποστηρίζουν την απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων, ενώ παράλληλα διαθέτουν την απαιτούμενη αυστηρότητα για την ακρίβεια της περιγραφής. Στην εικόνα 16 ακολουθεί το διάγραμμα περίπτωσης χρήσης (use case).



Εικόνα 16: Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης

Οι παρακάτω λειτουργίες εκτελούνται από τον χρήστη-οδηγό:

**Εγγραφή:** Ο χρήστης εγκαθιστά την εφαρμογή και εφ' όσον απαραίτητη προϋπόθεση για την χρήση της εφαρμογής είναι η σύνδεση του ως εγγεγραμμένου χρήστη, μεταφέρεται στην οθόνη δημιουργίας λογαριασμού. Εκεί συμπληρώνει κάποια προσωπικά στοιχεία που σκιαγραφούν το προφίλ του (Username, Password, Email, CarSize) και εφόσον γίνουν αποδεκτά από το σύστημα, καταχωρείται ως νέος χρήστης ο οποίος στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή.

**Σύνδεση:** Ο χρήστης αφού πρωτίστως έχει εγκαταστήσει την εφαρμογή στη συσκευή του και έχει κάνει εγγραφή στο σύστημα, έχει πλέον τη δυνατότητα να συνδεθεί στο λογαριασμό του, χρησιμοποιώντας μόνο το Username και το Password του.

**Προβολή διαθέσιμων θέσεων:** Ο χρήστης εφόσον βρίσκεται σε μία περιοχή όπου υπάρχουν εγγραφές στη βάση δεδομένων με διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης, μπορεί μέσω του

πλαίσιου ελέγχου (checkbox) να επιλέξει τους τύπους θέσεων στάθμευσης (On Street, Rentals, Garages) που επιθυμεί να του εμφανίζονται στην κύρια οθόνη της εφαρμογής.

**Χειρισμός των θέσεων στο δρόμο (On Street):** Σε αντίθεση με τους άλλους δύο τύπους θέσεων, (οι οποίοι εμφανίζονται αυτόματα με την επιλογή τους από το πλαίσιο ελέγχου (checkbox)), για να εμφανιστούν οι ελεύθερες θέσεις στάθμευσης στον δρόμο (On Street) πάνω στο χάρτη, ο χρήστης πρέπει να ενεργοποιήσει το πρώτο κουμπί που βρίσκεται στην κάτω μπάρα ελέγχου (Show Parking, Just Parked!, Just Left!) και αντίστοιχα με τα υπόλοιπα δύο, να ενημερώσει το σύστημα για την στάθμευση ή την αποδέσμευση του χώρου.

**Ανανέωση συνεδρίας:** Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως όταν ο χρήστης δεν δηλώσει στο σύστημα την αποχώρησή του από μία θέση που είχε καταλάβει στο δρόμο αλλά έχει αποκρυνθεί από αυτή, οι επιλογές προβολής των ελεύθερων θέσεων είναι ανενεργές. Γι' αυτό, δίνεται η δυνατότητα να τις επαναφέρει στις αρχικές τους ρυθμίσεις.

**Προσθήκη μίας ιδιωτικής θέσης ως διαθέσιμη για ενοικίαση:** Όπως υποδεικνύεται και στο κάτω μέρος της κεντρικής οθόνης του χάρτη, ο χρήστης μπορεί εύκολα να προσθέσει τη δική του θέση στάθμευσης στο σύστημα, ως διαθέσιμη προς ενοικίαση.

**Προβολή διαθέσιμων πληροφοριών για κάθε θέση:** Ο χρήστης, εφόσον έχει επιλέξει ποιοι τύποι από τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης θα εμφανίζονται στην οθόνη του, μπορεί να προβάλλει επιπρόσθετες πληροφορίες για κάθε μία από αυτές, επιλέγοντας το κουμπί με το χαρακτηριστικό i (Detail Disclosure).

**Κατοχύρωση μεμονωμένης θέσης στάθμευσης:** Ο χρήστης, αφού επιλέξει να σταθμεύσει σε κάποια θέση στάθμευσης ενός ιδιώτη (Rentals), μπορεί να κατοχυρώσει την θέση αυτή, για όσο βρίσκεται παρκαρισμένος σε αυτήν, πατώντας το κουμπί που εμφανίζεται στον παραπάνω πλαίσιο πληροφοριών (μπλε αυτοκίνητο σε ιδιωτικό χώρο). Έτσι, δεν θα εμφανίζεται η ίδια κατοχυρωμένη θέση σε άλλους τυχόν ενδιαφερόμενους στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Παράλληλα, εμφανίζεται ένα ίδιο κουμπί σε κόκκινο χρώμα στην κεντρική οθόνη, που με το άγγιγμα του αποδεσμεύεται η θέση που είχε κατοχυρωθεί.

**Πλοήγηση στην επιλεγμένη θέση:** Αφού ο χρήστης αποφασίσει σε ποια θέση θα ήθελε να σταθμεύσει, μπορεί να πλοηγηθεί προς αυτή την κατεύθυνση μέσω των χαρτών της συσκευής.

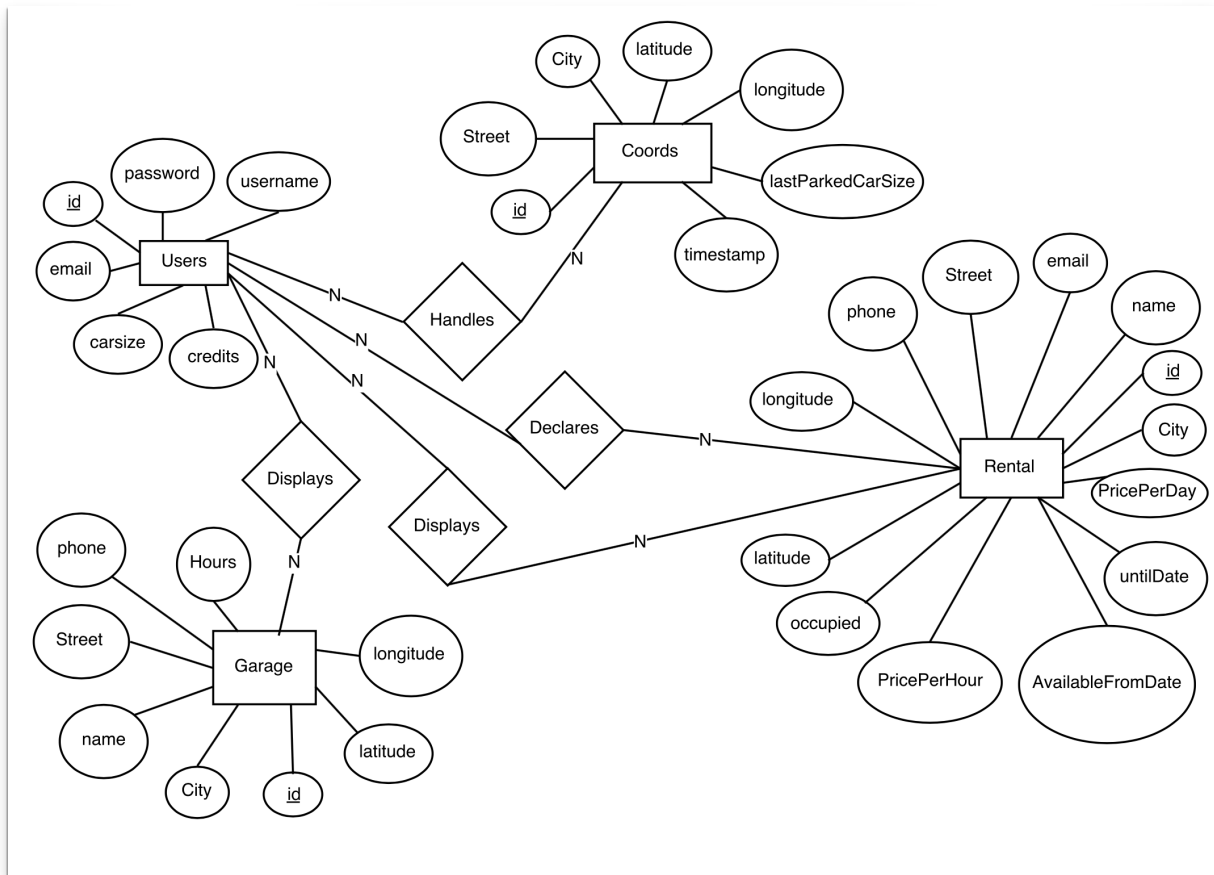
**Διαμόρφωση προφίλ:** Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να διαμορφώσει όπως επιθυμεί τις ρυθμίσεις του προφίλ του. Αναφέρονται ενδεικτικά η επιθυμητή ακτίνα προβολής θέσεων, η επιλογή για αυτόματη είσοδο, ο τύπος χάρτη και η λίστα με τις ιδιωτικές θέσεις στάθμευσης που έχει καταχωρήσει ο ίδιος ως διαθέσιμες.

**Αναζήτηση και προβολή θέσεων σε απομακρυσμένη τοποθεσία:** Μία ακόμα επιλογή που έχει ο χρήστης είναι η δυνατότητα του να αναζητεί διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης σε οποιαδήποτε περιοχή ή πόλη επιθυμεί μέσω της γραμμής αναζήτησης.

#### 4.3.4 Διάγραμμα Οντοτήτων-Συσχετίσεων και Διάγραμμα Κλάσεων

Το μοντέλο οντότητας-συσχετίσης (ER) των δεδομένων επιτρέπει και καθιστά δυνατή την περιγραφή των δεδομένων μιας πραγματικής επιχείρησης, απεικονίζοντας αντικείμενα και συσχετίσεις, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί μια δημοφιλή μεθοδολογία ανάπτυξης του αρχικού σχεδιασμού μιας βάσης δεδομένων. Μας παρέχει χρήσιμες έννοιες οι οποίες μας επιτρέπουν να φύγουμε από την ανεπίσημη περιγραφή αυτών που θέλουν οι χρήστες από τη βάση δεδομένων τους, και να προχωρήσουμε σε μια πιο λεπτομερή περιγραφή μεγαλύτερης ακρίβειας αυτών που μπορούν να υλοποιηθούν σε ένα σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων [43].

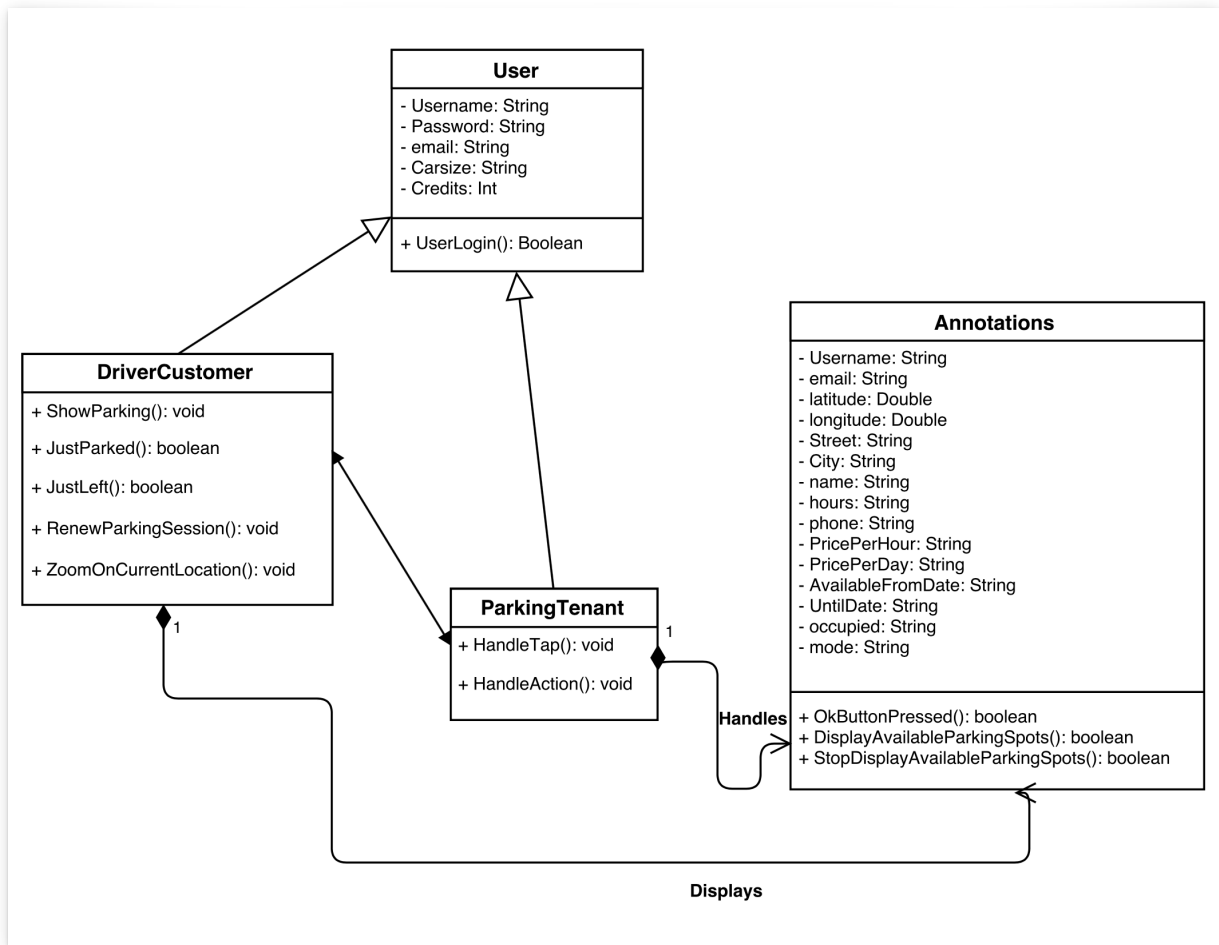
Τα βασικά βήματα για την σχεδίαση μίας βάσης δεδομένων, είναι αρχικά ο προσδιορισμός του σκοπού που θα έχει η βάση δεδομένων, ο προσδιορισμός των πινάκων και των πεδίων τους, η επιλογή του πρωτεύοντος κλειδιού για κάθε πίνακα και τέλος, οι συσχετίσεις μεταξύ των πινάκων. Σημαντικό επιπλέον βήμα για την σχεδίαση της βάσης είναι η βελτίωση του αρχικού σχεδιασμού μέσα από την ανάλυση του για σφάλματα και τις ανάγκες που μπορεί να προκύψουν στην πορεία. Παρακάτω, στην εικόνα 17 παρουσιάζεται αναλυτικά το διάγραμμα οντοτήτων-συσχετίσεων που σχεδιάστηκε για την εφαρμογή “ParkIT”.



Εικόνα 17: Διάγραμμα οντοτήτων-συσχετίσεων (ER)

Τα διαγράμματα κλάσεων χρησιμοποιούνται στην ανάλυση για την ανάδειξη των σημαντικότερων εννοιών του προβλήματος, όπως επίσης και στη σχεδίαση για τη λεπτομερέστερη προδιαγραφή των βασικότερων μονάδων του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού που είναι οι κλάσεις του λογισμικού. Αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα διαγράμματα της UML και χρησιμοποιείται καθόλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του λογισμικού [44].

Στην εικόνα 18, φαίνεται το διάγραμμα κλάσεων που σχεδιάστηκε στα πλαίσια της υλοποίησης της εφαρμογής “ParkIT”. Για τον προγραμματισμό της επιλέχθηκε η γλώσσα SWIFT. Λόγω της αντικειμενοστραφούς φύσης της γλώσσας, κρίθηκε απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα διάγραμμα με τις κλάσεις που χρειάστηκαν για την υλοποίηση της. Στο διάγραμμα αυτό, αποτυπώνονται όλα τα private και public δεδομένα, τα στοιχεία που έχει η κάθε κλάση, οι μέθοδοι που υποστηρίζει και τέλος οι σχέσεις μεταξύ των κλάσεων.



Εικόνα 18: Διάγραμμα κλάσεων (UML-class)

#### 4.4 Εργαλεία και Τεχνολογίες Ανάπτυξης της Εφαρμογής

Κατά την διάρκεια της ανάπτυξης της έξυπνης εφαρμογής διαχείρισης και ανεύρεσης χώρου στάθμευσης “ParkIT” χρησιμοποιήθηκε μια πληθώρα εργαλείων και τεχνολογιών. Η εφαρμογή υλοποιήθηκε στην πλατφόρμα iOS και χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα iOS 10.3.2 της Apple που κυκλοφόρησε τον Σεπτέμβριο του 2016. Οι συμβατές συσκευές του λειτουργικού αυτού είναι όλες οι συσκευές iPhone, από το iPhone 5 έως και το iPhone 7, iPod touch (6ης γενιάς), καθώς και όλες οι συσκευές iPad, από το iPad (4ης γενιάς) έως και το iPad Pro . Η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε είναι η Swift που πρωτοεμφανίστηκε τον Ιούνιο του 2014 σαν αντικαταστάτης της μέχρι τότε γλώσσας προγραμματισμού για iOS συσκευές, Objective-C. Το περιβάλλον ανάπτυξης (IDE - Integrated Development Environment) που χρησιμοποιήθηκε είναι το XCode Version 8.3.3.

#### 4.4.1 Apple iOS

Το iOS είναι το λειτουργικό σύστημα (Operating System, OS) που «τρέχει» στις φορητές συσκευές της Apple, το iPhone, το iPod και το iPad. Το λειτουργικό σύστημα διαχειρίζεται το hardware της συσκευής και παρέχει τις τεχνολογίες που είναι απαραίτητες για τη λειτουργία των εγκατεστημένων εφαρμογών.

Το iOS Software Development Kit (SDK) περιέχει τα εργαλεία και τις διεπαφές που απαιτούνται για την ανάπτυξη, εγκατάσταση, λειτουργία και τη δοκιμή των εφαρμογών που εμφανίζονται στην αρχική οθόνη μιας iOS συσκευής. Όλες οι εφαρμογές κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας τα πλαίσια (frameworks) του συστήματος του iOS και την αντικειμενοστραφή γλώσσα προγραμματισμού Swift ή Objective-C. Οι εφαρμογές εγκαθίστανται και τοποθετούνται δίπλα στις άλλες εγκατεστημένες εφαρμογές στην αρχική οθόνη της συσκευής και είναι πάντα διαθέσιμες στο χρήστη. Η κατανόηση των τεχνολογιών και των εργαλείων που συνθέτουν το iOS SDK είναι απαραίτητη για να σχεδιασθεί και να υλοποιηθεί αποτελεσματικά μία εφαρμογή.

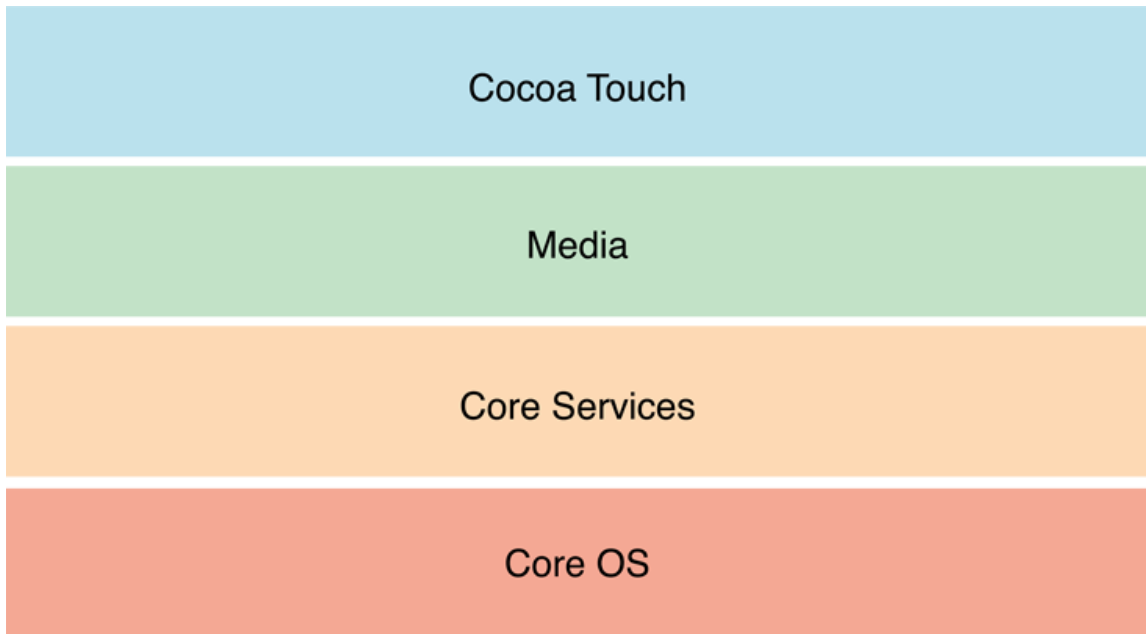
Τη στιγμή που γράφεται η εργασία το λειτουργικό σύστημα iOS βρίσκεται στην δέκατη του έκδοση (iOS 10.3.2) με την εντέκατη έκδοση (iOS 11) να βρίσκεται σε μορφή beta. Η πλατφόρμα θα αναλυθεί σύμφωνα με αυτά που ισχύουν στην δέκατη έκδοση του λειτουργικού συστήματος.

#### Η διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική του iOS

Στο υψηλότερο επίπεδο, το iOS ενεργεί ως μεσάζων μεταξύ του υποκείμενου hardware και των εφαρμογών που εμφανίζονται στην οθόνη. Οι εφαρμογές σπάνια επικοινωνούν άμεσα με το hardware της συσκευής. Αντιθέτως, η επικοινωνία γίνεται μέσω μιας σειράς καλά καθορισμένων διεπαφών του συστήματος, γεγονός που προστατεύει την εφαρμογή από αλλαγές στο hardware. Αυτό σημαίνει ότι οι εφαρμογές μπορούν να λειτουργούν σε συσκευές με διαφορετικό hardware. Οι τεχνολογίες του iOS μπορούν να συγκεντρωθούν σε τέσσερα στρώματα:

- Το στρώμα Cocoa Touch
- Το στρώμα Media
- Το στρώμα Core Services
- Το στρώμα Core OS

Στα κατώτερα στρώματα του συστήματος βρίσκονται οι θεμελιώδεις υπηρεσίες και τεχνολογίες, στις οποίες βασίζονται όλες οι εφαρμογές, ενώ τα στρώματα υψηλότερου επιπέδου περιέχουν πιο εξελιγμένες υπηρεσίες και τεχνολογίες [45].



Εικόνα 19: Η Διαστρωματωμένη Αρχιτεκτονική του iOS.

Η Apple προσφέρει τις περισσότερες από τις διεπαφές του συστήματος, οργανωμένες σε ειδικά πακέτα που ονομάζονται πλαίσια (frameworks). Ένα πλαίσιο είναι ένας κατάλογος που περιέχει μια δυναμική κοινή βιβλιοθήκη και τους πόρους (όπως αρχεία επικεφαλίδας, εικόνες) που χρειάζονται για την υποστήριξη της. Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί κάποιο πλαίσιο απαιτείται η σύνδεση της εφαρμογής με αυτό, όπως γίνεται με οποιαδήποτε κοινή βιβλιοθήκη. Η σύνδεση αυτή δίνει την απαραίτητη πρόσβαση στα χαρακτηριστικά του πλαισίου.

### **Το στρώμα Cocoa Touch**

Το στρώμα Cocoa Touch περιέχει τα βασικά πλαίσια που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία εφαρμογών στο iOS. Αυτό το στρώμα καθορίζει τη βασική υποδομή της εφαρμογής και την υποστήριξη των βασικών τεχνολογιών, όπως η πολυδιεργασία (multitasking), η τεχνολογία της οθόνης αφής, οι γνωστοποιήσεις τύπου push και πολλές άλλες υπηρεσίες υψηλού επιπέδου. Κατά το σχεδιασμό της εφαρμογής, θα πρέπει να



διερευνηθεί αν οι τεχνολογίες του στρώματος αυτού ανταποκρίνονται στις ανάγκες της εφαρμογής.

Οι βασικές τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες στο συγκεκριμένο στρώμα επιγραμματικά είναι: Handoff, Document Picker, AirDrop, TextKit, UIKit Dynamics, Multitasking, Auto Layout, Storyboards, UI State Preservation, Apple Push Notification Service, Local Notifications, Gesture Recognizers, Standard System View Controllers.

### **Το στρώμα Core Media**

Το στρώμα Media περιέχει τις τεχνολογίες γραφικών, ήχου και βίντεο και είναι προσανατολισμένο στη δημιουργία εφαρμογών πολυμέσων με πολύ καλή εμπειρία. Οι τεχνολογίες αυτές είναι πολύ εύκολες στη χρήση.

Οι βασικές τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες στο συγκεκριμένο στρώμα επιγραμματικά είναι: Graphics Technologies, Audio Technologies, Video Technologies, AirPlay.

### **Το στρώμα Core Services**

Το στρώμα Core Services περιέχει τις θεμελιώδεις υπηρεσίες συστήματος τις οποίες χρησιμοποιούν όλες οι εφαρμογές. Βασικό στοιχείο μεταξύ αυτών των υπηρεσιών είναι τα Core Foundation και Foundation, τα οποία καθορίζουν τους βασικούς τύπους που χρησιμοποιούν όλες οι εφαρμογές. Αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει επίσης μεμονωμένες τεχνολογίες για υποστήριξη λειτουργιών όπως η τοποθεσία, το iCloud, τα κοινωνικά μέσα και η δικτύωση.

Οι βασικές τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες στο συγκεκριμένο στρώμα επιγραμματικά είναι: Peer-to-Peer Services, iCloud Storage, Block Objects, Data Protection, File-Sharing Support, Grand Central Dispatch, In-App Purchase, SQLite, XML Support.

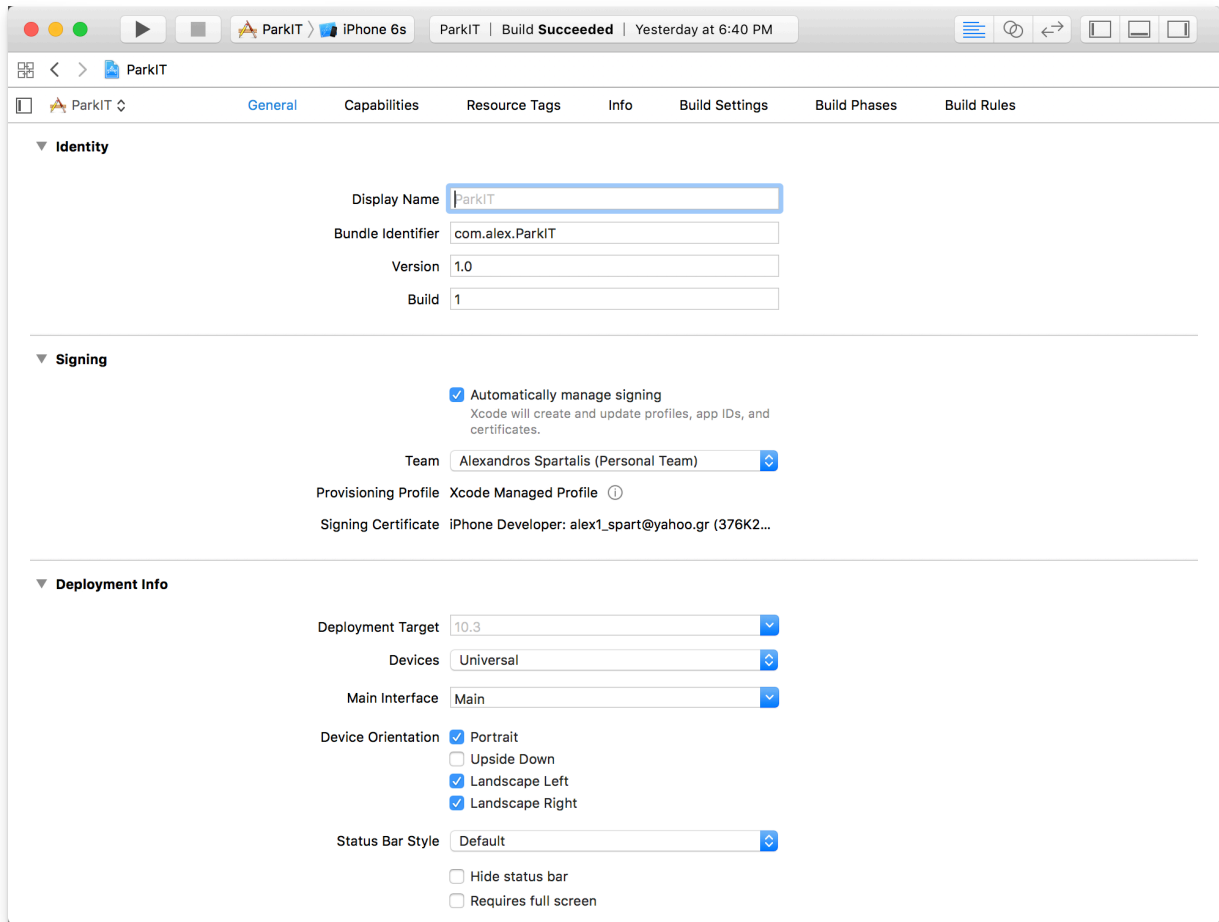
### **Το στρώμα Core Os**

Το στρώμα Core OS περιέχει όλα τα χαρακτηριστικά στα οποία βασίζονται οι περισσότερες άλλες τεχνολογίες. Ακόμα κι αν δε χρησιμοποιούνται άμεσα από την εφαρμογή, χρησιμοποιούνται από άλλα πλαίσια. Στην περίπτωση που χρειάζεται ασφάλεια ή επικοινωνία με κάποιο εξωτερικό hardware, χρησιμοποιούνται τα πλαίσια αυτού του στρώματος.

#### 4.4.2 Xcode

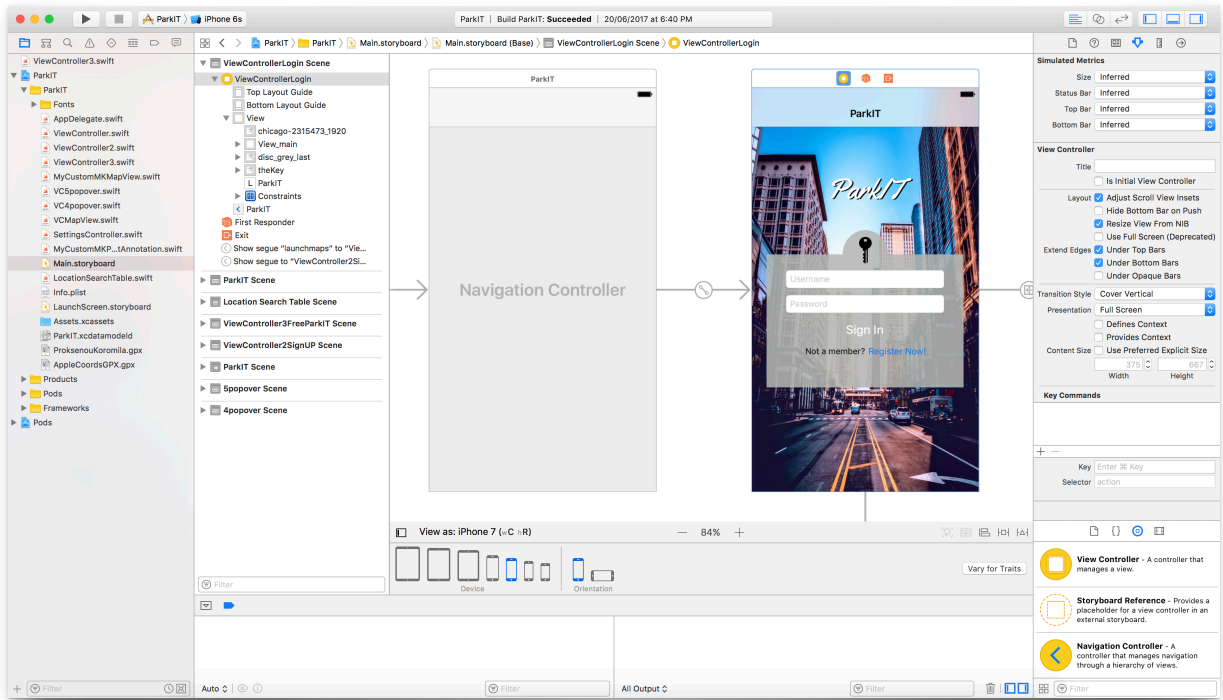
Το Xcode είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (Integrated Development Environment, IDE) που παρέχει όλα τα εργαλεία τα οποία απαιτούνται για τη δημιουργία και διαχείριση των εφαρμογών, τη σχεδίαση και την υλοποίηση της διεπαφής χρήστη, την αποσφαλμάτωση του κώδικα και πολλά άλλα. Προσφέρει δύο επιλογές στον προγραμματιστή για να «τρέξει» και να δοκιμάσει την εφαρμογή του. Αυτές είναι ο iOS Simulator ή χρήση μίας πραγματικής iOS συσκευής. Ο iOS Simulator είναι ένας προσομοιωτής των iOS συσκευών και παρέχει στον προγραμματιστή τη δυνατότητα να βεβαιωθεί ότι η εφαρμογή του συμπεριφέρεται όπως θα ήθελε, εξομοιώνοντας ακόμα και λειτουργίες που θα ήταν αδύνατο να δοκιμαστούν από ένα εργασιακό περιβάλλον, όπως στην περίπτωση μας, η ορθή λειτουργία των χαρτών. Η δοκιμή παρ' όλα αυτά στη συσκευή, αποτελεί το καλύτερο περιβάλλον δοκιμής.

Με τη δημιουργία ενός νέου Xcode project έχουμε τη δυνατότητα να επιλέξουμε την έκδοση του λειτουργικού συστήματος που στοχεύουμε να αναπτυχθεί η εφαρμογή (Deployment Target), τις συσκευές με τις οποίες είναι συμβατή (Devices), καθώς και τον προσανατολισμό της συσκευής που υποστηρίζει (Device Orientation). Στην προκειμένη περίπτωση, όπως φαίνεται και στην εικόνα 20, ως Deployment Target επιλέχθηκε το iOS 10.3 το οποίο είναι και το πιο πρόσφατο «σταθερό» λειτουργικό που μπορούμε να επιλέξουμε. Ως συμβατές συσκευές επιλέχθηκε ο όρος Universal που σημαίνει ότι η εφαρμογή μπορεί να εγκατασταθεί σε οποιαδήποτε συσκευή λειτουργεί με λειτουργικό iOS, και τέλος, ως Device Orientation επιλέχθηκαν οι λειτουργίες Portrait, Landscape Left και Landscape Right που μας επιτρέπουν να χρησιμοποιούμε την εφαρμογή είτε σε κατακόρυφη είτε σε οριζόντια διάταξη.



Εικόνα 20: Γενικές επιλογές προγράμματος

Για τον προγραμματισμό της εφαρμογής “ParkIT” χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός της γλώσσας Swift, η οποία ήταν απαραίτητη για την υλοποίηση των λειτουργικών κυρίως διαδικασιών της, των Storyboards και των Segues. Το Storyboard, ορίζει τις συνδέσεις μεταξύ των διαφορετικών οθονών στην εφαρμογή, ενώ τα Segues καθορίζουν την μετάβαση από την μία οθόνη στην άλλη. Τα δύο τελευταία χρησιμοποιούνται κυρίως για λόγους ευκολίας στην δημιουργία του περιβάλλοντος του χρήστη καθώς ο προγραμματιστής μπορεί οπτικά να διαμορφώνει το γραφικό περιβάλλον έτσι όπως το έχει φανταστεί. Στην εικόνα 21, φαίνεται το εύχρηστο περιβάλλον που παρέχεται από το Xcode για την δημιουργία των διαφορετικών οθονών της εφαρμογής, καθώς μας προσφέρει μία πληθώρα από χρήσιμες λειτουργίες που μπορούμε να προσθέσουμε χωρίς την απαίτηση κώδικα, όπως και την δυνατότητα προβολής της εμφάνισης της εφαρμογής σε συσκευές διαφορετικού μεγέθους.

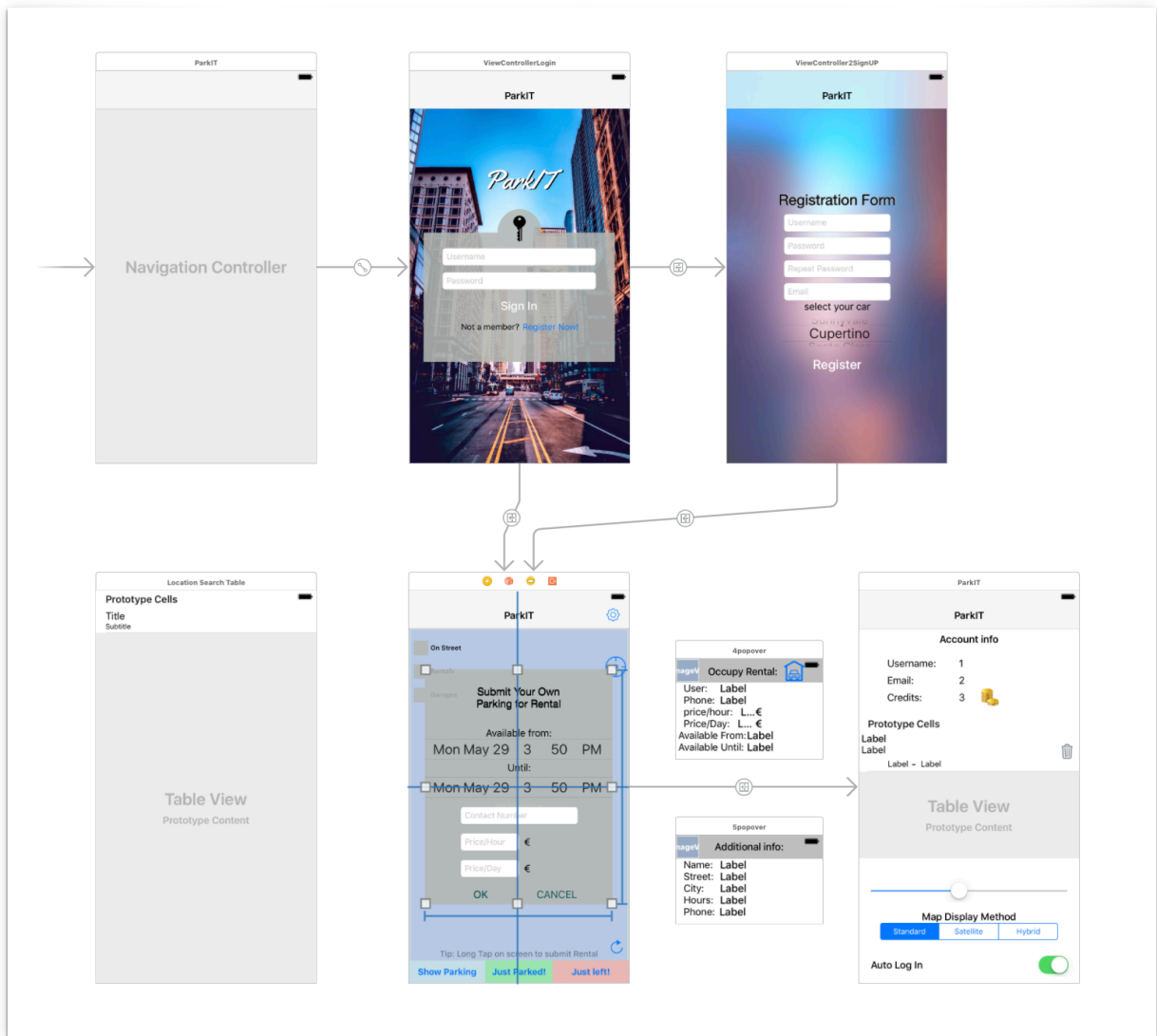


Εικόνα 21: Γραφική απεικόνιση εφαρμογής (Storyboard)

Η δομή της εφαρμογής, που φαίνεται στην εικόνα 22, αποτελείται από τα παρακάτω παράθυρα (views) :

- ViewcontrollerLogin - Η αρχική οθόνη της εφαρμογής. Από αυτό πραγματοποιείται η είσοδος στην εφαρμογή.
- Viewcontroller2SignUp - Η οθόνη από την οποία γίνεται η εγγραφή χρήστη.
- Viewcontroller3ParkIT - Η κύρια οθόνη. Περιέχει το χάρτη, διάφορα κουμπιά που πραγματοποιούν τις λειτουργίες της εφαρμογής καθώς και το πλαίσιο που εμφανίζεται κατά την εισαγωγή μίας ιδιωτικής θέσης.
- 4pover, 5pover - Πρόκειται για ειδικά διαμορφωμένες οθόνες που χρησιμοποιούνται για την προβολή πληροφοριών στις ιδιωτικές και επαγγελματικές θέσεις στάθμευσης.
- ViewcontrollerSetnigs - Η οθόνη αυτή προβάλλει διάφορες πληροφορίες του χρήστη, και δίνει πρόσβαση στις ρυθμίσεις λειτουργίας της εφαρμογής.

- LocationSearchTable - Η οθόνη όπου εμφανίζονται τα λήμματα της αναζήτησης.



Εικόνα 22: Main Storyboard “ParkIT”

Κάποιες από τις προκαθορισμένες μεταβάσεις που προσφέρει το Storyboard είναι το Show, το Show Detail, το Present Modally και το Present As Popover. Για τη μετάβαση μεταξύ των οθονών χρησιμοποιήθηκε η μετάβαση Show ενώ για την προβολή των 4popover και 5popover χρησιμοποιήθηκε η μετάβαση Present As Popover. Όλες οι οθόνες υλοποιήθηκαν κληρονομώντας τα χαρακτηριστικά της κλάσης UIViewController που παρέχεται από το iOS. Για την μετάβαση από την μία σκηνή στην άλλη χρησιμοποιήθηκε ένας ελεγκτής πλοήγησης (Navigation Controller) που κληρονομεί την κλάση

UINavigationController. Η εμφάνιση του Navigation Bar έχει επιλεγθεί να μην εμφανίζεται σε μερικές οθόνες, όπως για παράδειγμα, στην αρχική οθόνη για αισθητικούς λόγους.

Για την εύρυθμη λειτουργία της εφαρμογής χρειάζεται να γίνουν αποδεκτά από τον χρήστη ορισμένα δικαιώματα ώστε να έχουμε πρόσβαση σε κάποιες λειτουργίες της συσκευής. Στην εικόνα 23 μπορούμε να δούμε αναλυτικά όλα τα δικαιώματα που περιγράφονται από το αρχείο Info.plist . Ανάμεσα σε αυτά απαραίτητα διακρίνονται τα δικαιώματα που επιτρέπουν στην εφαρμογή να έχει πρόσβαση στην ακριβή τοποθεσία της συσκευής ώστε να χρησιμοποιούμε τις συντεταγμένες για διάφορες λειτουργίες, καθώς επίσης και η άδεια της συσκευής να επικοινωνεί με διακομιστή που δεν διαθέτει πρωτόκολλο ασφαλείας.

Key	Type	Value
Information Property List	Dictionary	(19 items)
Localization native development region	String	en
Document types	Array	(1 item)
Executable file	String	\$(EXECUTABLE_NAME)
Bundle identifier	String	\$(PRODUCT_BUNDLE_IDENTIFIER)
InfoDictionary version	String	6.0
Bundle name	String	\$(PRODUCT_NAME)
Bundle OS Type code	String	APPL
Bundle versions string, short	String	1.0
Bundle version	String	1
Application requires iPhone environment	Boolean	YES
Maps routing app supported modes	Array	(2 items)
App Transport Security Settings	Dictionary	(1 item)
Privacy - Location Always Usage Description	String	App needs Location always
Privacy - Location When In Use Usage Description	String	App needs Location when in use
Launch screen interface file base name	String	LaunchScreen
Main storyboard file base name	String	Main
Required device capabilities	Array	(1 item)
Supported interface orientations	Array	(3 items)
Supported interface orientations (iPad)	Array	(4 items)

Εικόνα 23: Info.plist

#### 4.4.3 Βιβλιοθήκες Εφαρμογής

Τα Frameworks που χρησιμοποιηθήκαν για την υλοποίηση της εφαρμογής είναι οι ακόλουθες:

- UIKit
- Foundation
- MapKit
- CoreLocation
- Alamofire

Οι τέσσερις πρώτες βιβλιοθήκες υπάρχουν προεγκατεστημένες στο Xcode και έτσι μπορούν πολύ εύκολα να συμπεριληφθούν σε οποιοδήποτε project, ενώ για την εισαγωγή της βιβλιοθήκης Alamofire χρειάστηκε η εγκατάσταση του CocoaPods, ενός διαχειριστή εξάρτησης βιβλιοθηκών τύπου Cocoa Touch Class, που έχουν υλοποιηθεί είτε σε Swift είτε σε Objective-C [46].

Η βιβλιοθήκη UIKit παρέχει την απαιτούμενη υποδομή για τις εφαρμογές iOS ή tvOS. Παρέχει την αρχιτεκτονική παράθυρου και προβολής για την υλοποίηση της διεπαφής, την υποδομή διαχείρισης συμβάντων για την απόδοση του Multitouch και άλλων τύπων εισόδου στην εφαρμογή και τον κύριο βρόχο εκτέλεσης που απαιτείται για τη διαχείριση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ του χρήστη, του συστήματος και της εφαρμογής. Άλλες λειτουργίες που προσφέρονται από το πλαίσιο UIKit περιλαμβάνουν υποστήριξη κινούμενης επιφάνειας, υποστήριξη εγγράφων, υποστήριξη σχεδίασης και εκτύπωσης, πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα συσκευή, διαχείριση κειμένου και οθόνη, υποστήριξη αναζήτησης, υποστήριξη προσβασιμότητας, υποστήριξη επέκτασης εφαρμογών και διαχείριση πόρων [47].

Η βιβλιοθήκη Foundation παρέχει ένα βασικό επίπεδο λειτουργικότητας για εφαρμογές και πλαίσια, όπως αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων, επεξεργασία κειμένου, υπολογισμοί ημερομηνίας και ώρας, ταξινόμηση, φιλτράρισμα και δικτύωση. Οι κλάσεις, τα πρωτόκολλα και οι τύποι δεδομένων που ορίζονται από την βιβλιοθήκη Foundation χρησιμοποιούνται σε όλα τα SDK (Software Development Kit) των macOS, iOS, watchOS και tvOS [48].

Η βιβλιοθήκη MapKit παρέχει την εύκολη ενσωμάτωση των χαρτών απευθείας σε παράθυρα και οθόνες. Δίνει τη δυνατότητα για προσθήκη επισημάνσεων (annotations) και επικαλύψεων (overlays) στο χάρτη σε διάφορα σημεία ενδιαφέροντος ή προορισμούς χρηστών. Προσφέρει επίσης τη δυνατότητα αυτοσυμπλήρωσης κειμένου για αναζήτηση στο χάρτη, πληκτρολογώντας, σε περίπτωση πληκτρολόγησης ενός σημείου ενδιαφέροντος. Μία ακόμα δυνατότητα που προσφέρει η βιβλιοθήκη MapKit είναι η συνεργασία με τους Χάρτες, κάνοντας διαθέσιμες πληροφορίες και οδηγίες από την εφαρμογή μας σε αυτούς [49].

Η βιβλιοθήκη CoreLocation ή αλλιώς τοποθεσία πυρήνα παρέχει υπηρεσίες για τον προσδιορισμό της γεωγραφικής θέσης μιας συσκευής, του υψομέτρου, του προσανατολισμού ή της θέσης σε σχέση με ένα κοντινό iBeacon. Η βιβλιοθήκη χρησιμοποιεί όλο το διαθέσιμο ενσωματωμένο υλικό, όπως Wi-Fi, GPS, Bluetooth, μαγνητόμετρο, βαρόμετρο και κυψελοειδές υλικό για τη συλλογή δεδομένων [50].

Η βιβλιοθήκη Alamofire είναι μια βιβλιοθήκη δικτύωσης HTTP γραμμένη σε γλώσσα Swift. Αξιοποιεί το NSURLSession και το σύστημα φόρτωσης URL της βιβλιοθήκης Foundation για την παροχή δυνατοτήτων δικτύωσης πρώτης κατηγορίας σε ένα βολικό περιβάλλον όμοιο με αυτό της Swift. Τα αιτήματα επικοινωνίας γίνονται έξω από το κυρίως UI νήμα της εφαρμογής καθώς αποτελεί ένα ασύγχρονο HTTP Client και εξυπηρετεί απροβλημάτιστα κάθε εφαρμογή που απαιτεί συνεχή και επαναλαμβανόμενη επικοινωνία με τον διακομιστή. Η βιβλιοθήκη δημιουργήθηκε από την ομάδα «The Alamofire Software Foundation», όλα τα προϊόντα της οποίας κυκλοφορούν υπό την άδεια του MIT (Massachusetts Institute of Technology). Ανάμεσα στα δικαιώματα της ανωτέρω άδειας εμπεριέχονται η Εμπορική χρήση, η Τροποποίηση, η Διανομή και η Ιδιωτική χρήση γεγονός που χαρακτηρίζει την χρήση της συγκεκριμένης βιβλιοθήκης ως ιδανική για τον σκοπό μας [51] [52].

#### **4.4.4 Http Post και JSON**

Το JSON είναι μία «ελαφριά», βασισμένη σε κείμενο και ανεξάρτητη από οποιαδήποτε γλώσσα προγραμματισμού, μορφή ανταλλαγής δεδομένων και προέρχεται από το Πρότυπο Γλώσσας Προγραμματισμού. Το JSON ορίζει ένα μικρό σύνολο κανόνων μορφοποίησης για τη φορητή αναπαράσταση δομημένων δεδομένων [53].



Το JSON έχει σχεδιαστεί για να είναι μια γλώσσα ανταλλαγής δεδομένων, η οποία είναι αναγνώσιμη από τον άνθρωπο και εύκολη για τους υπολογιστές στην ανάλυση και στη χρησιμοποίησή της. Υποστηρίζεται απευθείας από το JavaScript και είναι το καλύτερο για εφαρμογές JavaScript. Παρέχοντας έτσι σημαντικά οφέλη απόδοσης σε σχέση με την XML. Εκτιμάται ότι αναλύεται εκατοντάδες φορές πιο γρήγορα από την XML σε σύγχρονα προγράμματα περιήγησης, αλλά παρά τους ισχυρισμούς αξιοσημείωτης απόδοσης, τα επιχειρήματα κατά του JSON περιλαμβάνουν, έλλειψη υποστήριξης ονομάτων, έλλειψη επικύρωσης εισόδου και μειονεκτήματα επεκτασιμότητας [54].

Το JSON είναι θεμελιωμένο πάνω σε δύο δομές:

- Ένα σύνολο από ζεύγη ονόματος-τιμής. Στις διάφορες γλώσσες αυτό μεταφράζεται ως αντικείμενο, record, struct, dictionary, πίνακας ή λίστα.
- Μία ταξινομημένη λίστα τιμών. Στις περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού αυτό γίνεται αντιληπτό σαν πίνακας ή λίστα.

Αυτές είναι ευρέως αναγνωρίσιμες δομές δεδομένων. Όλες οι σύγχρονες γλώσσες προγραμματισμού μπορούν να τις υποστηρίξουν με τον ένα τρόπο ή τον άλλον. Αυτό φυσικά είναι και το μεγάλο πλεονέκτημα του JSON. Το γεγονός δηλαδή ότι μέσω του JSON, τα δεδομένα μπορούν να πάρουν μία μορφή που είναι αναγνώσιμη από πολλές διαφορετικές γλώσσες και επιπλέον, μπορεί να λύσει σημαντικά προβλήματα που αφορούν στη μεταφορά δεδομένων.

Για την αποστολή των δεδομένων από το κινητό στη βάση χρησιμοποιείται η μέθοδος request που εμπεριέχεται στην βιβλιοθήκη Alamofire. Η εφαρμογή “ParkIT” χρησιμοποιεί την παράμετρο POST, γιατί τα δεδομένα που στέλνονται με την μέθοδο αυτή, δεν μπορούν να εμφανιστούν ούτε να αποθηκευτούν στη μνήμη κάποιου φυλλομετρητή ή κάποιου προγράμματος που έχει πρόσβαση στη βάση, σε αντίθεση με τη μέθοδο GET. Επίσης δεν υπάρχει κάποιο όριο αποστολής δεδομένων με την μέθοδο POST η οποία προσθέτει μεγαλύτερη ασφάλεια σε σχέση με την μέθοδο GET. Αφού τα δεδομένα αποθηκευτούν επιτυχώς στην βάση δεδομένων του server, ανακτώνται με τη μέθοδο GET.

Στην εικόνα 24 που ακολουθεί, παρατηρούμε την αποστολή αιτήματος στο διακομιστή με τη μέθοδο POST.

```

//Sending http post request
Alamofire.request(self.URL_USER_REMOVE_CREDIT, method: .post, parameters: parameters )
    .responseJSON (completionHandler:{
        response in
        debugPrint(response)
        guard response.result.isSuccess else {
            print("Error while fetching data: /(response.result.error)")
            return
        }
    })
}
}

```

Εικόνα 24: HTTP request

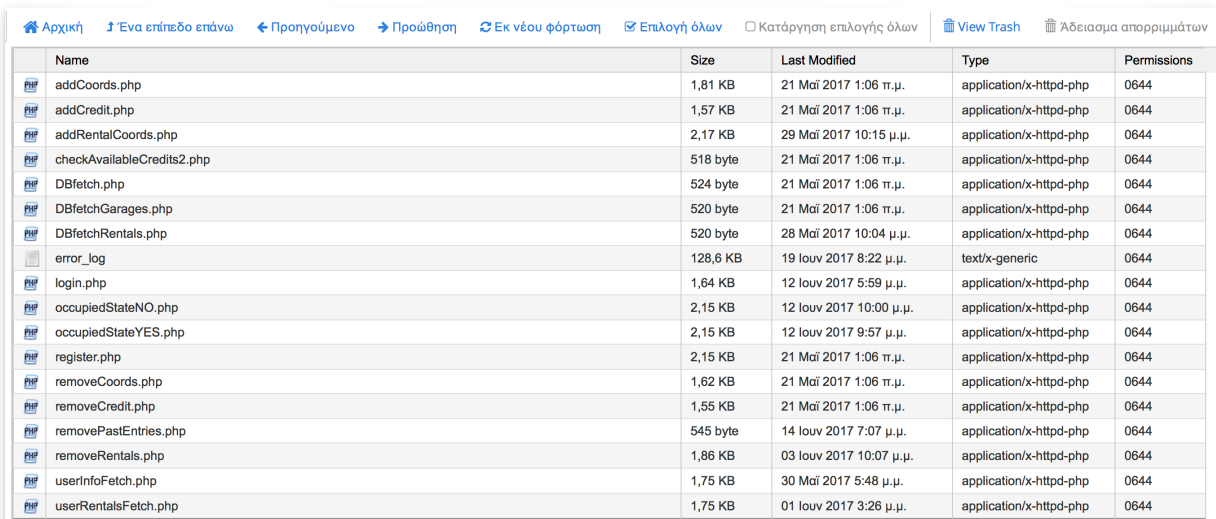
#### 4.4.5 MySQL και PHP

Όλες οι πληροφορίες που χρειάζονται για να λειτουργήσει η πλατφόρμα διαχείρισης και ανεύρεσης διαθέσιμων θέσεων στάθμευσης, βρίσκονται σε απομακρυσμένο server. Συγκεκριμένα, στον server «στήθηκε» μία βάση δεδομένων που αποτελείται από τέσσερις πίνακες όπου εκεί, αποθηκεύονται και ανακτώνται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες. Για τις ανάγκες της δοκιμής της ορθής λειτουργίας της εφαρμογής αλλά και της χρήσης εύχρηστων εργαλείων όπως το phpMyAdmin και το cPanel χρησιμοποιήθηκε ιδιωτικός χώρος σε εταιρία φιλοξενίας ιστοσελίδων.

Η βάση δεδομένων στήθηκε με τη βοήθεια της γλώσσας MySQL ενώ η επικοινωνία της με εφαρμογή “ParkIT” γίνεται μέσω scripts γραμμένων σε γλώσσα PHP. Η PHP είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται ευρέως για server scripting καθώς επίσης και ένα ισχυρό εργαλείο για τη δημιουργία δυναμικών και διαδραστικών ιστοσελίδων και web εφαρμογών. Ο λόγος που επιλέχθηκε είναι διότι αποτελεί μια ευρέως χρησιμοποιούμενη, δωρεάν και αποτελεσματική γλώσσα που εξυπηρετεί πλήρως τις ανάγκες μας [55]

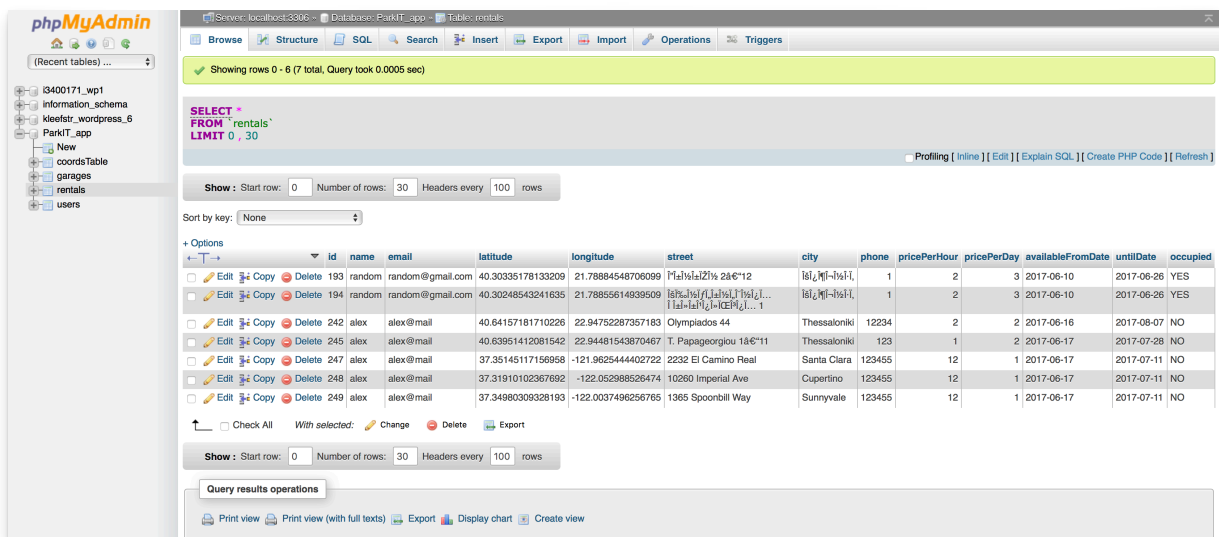
Στις εικόνες 25 και 26, φαίνεται το περιβάλλον των εργαλείων cPanel και phpMyAdmin, αντίστοιχα.

## Έξυπνη Εφαρμογή Διαχείρισης και Ανεύρεσης Χώρου Στάθμευσης



Name	Size	Last Modified	Type	Permissions
addCoords.php	1,81 KB	21 Μαΐ 2017 1:06 π.μ.	application/x-httpd-php	0644
addCredit.php	1,57 KB	21 Μαΐ 2017 1:06 π.μ.	application/x-httpd-php	0644
addRentalCoords.php	2,17 KB	29 Μαΐ 2017 10:15 μ.μ.	application/x-httpd-php	0644
checkAvailableCredits2.php	518 byte	21 Μαΐ 2017 1:06 π.μ.	application/x-httpd-php	0644
DBfetch.php	524 byte	21 Μαΐ 2017 1:06 π.μ.	application/x-httpd-php	0644
DBfetchGarages.php	520 byte	21 Μαΐ 2017 1:06 π.μ.	application/x-httpd-php	0644
DBfetchRentals.php	520 byte	28 Μαΐ 2017 10:04 μ.μ.	application/x-httpd-php	0644
error_log	128,6 KB	19 Ιουν 2017 8:22 μ.μ.	text/x-generic	0644
login.php	1,64 KB	12 Ιουν 2017 5:59 μ.μ.	application/x-httpd-php	0644
occupiedStateNO.php	2,15 KB	12 Ιουν 2017 10:00 μ.μ.	application/x-httpd-php	0644
occupiedStateYES.php	2,15 KB	12 Ιουν 2017 9:57 μ.μ.	application/x-httpd-php	0644
register.php	2,15 KB	21 Μαΐ 2017 1:06 π.μ.	application/x-httpd-php	0644
removeCoords.php	1,62 KB	21 Μαΐ 2017 1:06 π.μ.	application/x-httpd-php	0644
removeCredit.php	1,55 KB	21 Μαΐ 2017 1:06 π.μ.	application/x-httpd-php	0644
removePastEntries.php	545 byte	14 Ιουν 2017 7:07 μ.μ.	application/x-httpd-php	0644
removeRentals.php	1,86 KB	03 Ιουν 2017 10:07 μ.μ.	application/x-httpd-php	0644
userInfoFetch.php	1,75 KB	30 Μαΐ 2017 5:48 μ.μ.	application/x-httpd-php	0644
userRentalsFetch.php	1,75 KB	01 Ιουν 2017 3:26 μ.μ.	application/x-httpd-php	0644

Εικόνα 25: **cPanel**



Showing rows 0 - 6 (7 total. Query took 0.0005 sec)

```
SELECT * FROM `rentals` LIMIT 0 , 30
```

	id	name	email	latitude	longitude	street	city	phone	pricePerHour	pricePerDay	availableFromDate	untilDate	occupied
<input type="checkbox"/>	193	random	random@gmail.com	40.30335178133209	21.78884548706089	Μακαριστών 2&σ#12	Αθήνα		1	2	3 2017-06-10	2017-06-26	YES
<input type="checkbox"/>	194	random	random@gmail.com	40.30248543241635	21.78855614939509	Μακαριστών 1	Αθήνα		1	2	3 2017-06-10	2017-06-26	YES
<input type="checkbox"/>	242	alex	alex@mail	40.64157181710226	22.94752287357183	Olympiados 44	Thessaloniki	12234	2	2	2 2017-06-16	2017-08-07	NO
<input type="checkbox"/>	245	alex	alex@mail	40.63951412081542	22.94481543870467	T. Papaageorgiou 1&σ#11	Thessaloniki	123	1	2	2 2017-06-17	2017-07-28	NO
<input type="checkbox"/>	247	alex	alex@mail	37.35145117156958	-121.9625444402722	2232 El Camino Real	Santa Clara	123455	12	1	1 2017-06-17	2017-07-11	NO
<input type="checkbox"/>	248	alex	alex@mail	37.31910102367692	-122.052988526474	10260 Imperial Ave	Cupertino	123455	12	1	1 2017-06-17	2017-07-11	NO
<input type="checkbox"/>	249	alex	alex@mail	37.34980309328193	-122.0037496256765	1365 Spoonbill Way	Sunnyvale	123455	12	1	1 2017-06-17	2017-07-11	NO

Εικόνα 26: **phpMyAdmin**

Αναλυτικότερα, η βάση δεδομένων “Parkit\_App” με την οποία επικοινωνεί η εφαρμογή, αποτελείται από τέσσερις πίνακες όπου κάθε ένας εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό. Αυτοί είναι ο πίνακας users, ο coordsTable, ο rentals και ο πίνακας garages. Στον πρώτο πίνακα (users) αποθηκεύονται όλα τα προσωπικά στοιχεία του χρήστη, ενώ στην Εικόνα 27, εμφανίζονται δύο παραδείγματα εγγραφής στον πίνακα.

Στο πρώτο πεδίο του πίνακα αποθηκεύεται η ταυτότητα του χρήστη (id) ως πρωτεύον κλειδί ώστε να μπορούμε να κάνουμε αναφορά σε κάποιον χρήστη με την χρήση αυτού του μοναδικού αριθμού. Στη συνέχεια, αποθηκεύεται το όνομα εισόδου στην εφαρμογή (username), ο κωδικός (password), η διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του χρήστη (email), το μέγεθος του αυτοκινήτου του (carsize), και οι διαθέσιμες πιστώσεις του (credits). Το id και credits εισάγονται ως ακέραιοι αριθμοί (int), το username, το email και το carsize ως αλφαριθμητικά (varchar) και τέλος το password εισάγεται ως κείμενο (text).

		id	username	password	email	carsize	credits
<input type="checkbox"/>	Edit  Copy  Delete	17	alex	202cb962ac59075b964b07152d234b70	alex@mail.com	Large	56
<input type="checkbox"/>	Edit  Copy  Delete	21	nkaramicha	81dc9bdb52d04dc20036dbd8313ed055	nkaram@gmail.com	Large	5

Εικόνα 27: Πίνακας users

Στον δεύτερο πίνακα (coordsTable), αποθηκεύονται όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την διαχείριση των ελεύθερων θέσεων στάθμευσης στο δρόμο (On Street). Στην Εικόνα 28, εμφανίζονται δύο παραδείγματα εγγραφής στον πίνακα.

Στο πρώτο πεδίο του πίνακα, αποθηκεύεται η ταυτότητα εγγραφής της συγκεκριμένης θέσης (id) ως πρωτεύον κλειδί. Στη συνέχεια, αποθηκεύεται το γεωγραφικό πλάτος της αποθηκευμένης θέσης (latitude), το γεωγραφικό μήκος (longitude), το μέγεθος του αυτοκινήτου που είχε σταθμεύσει τελευταία φορά στη συγκεκριμένη θέση και πραγματοποίησε εγγραφή (lastParkedCarSize), η οδός όπου είχε σταθμεύσει (street), καθώς και η πόλη (city). Στο τελευταίο πεδίο, αποθηκεύεται ο χρόνος κατά τον οποίο πραγματοποιήθηκε η εγγραφή (timestamp). Το id εισάγεται ως ακέραιος αριθμός (int), το latitude και longitude ως αριθμοί κινητής υποδιαστολής διπλής ακρίβειας (double), τα lastParkedCarSize, street, city ως αλφαριθμητικά (varchar) και τέλος το timestamp ως αποτύπωμα του χρόνου (timestamp).

Το χαρακτηριστικό timestamp έχει πολύ σημαντικό ρόλο στην λειτουργία του συστήματος καθώς είναι αυτό που κρίνει αν μια εγγραφή πρέπει να βρίσκεται μέσα στον πίνακα, και συνεπώς να εμφανίζεται ως διαθέσιμη θέση στάθμευσης, ή αν πρέπει να διαγραφεί. Για την απόφαση αυτή έχει υλοποιηθεί κατάλληλο script, το οποίο ελέγχει όλες τις

εγγραφές του πίνακα coordsTable και διαγράφει αυτές τις οποίες έχουν περάσει δύο ή περισσότερες ώρες από την δημιουργία τους.



	id	latitude	longitude	lastParkedCarSize	street	city	timestamp
17	37.32949164059004	-122.0004272460938	mikro	La Herran Dr	Santa Clara	2017-06-12 02:02:27	
18	37.29535926405661	-122.0124435424805	mikro	Petal Way	San Jose	2017-06-12 02:02:27	

Εικόνα 28: Πίνακας coordsTable

Στον τρίτο πίνακα (rentals), αποθηκεύονται όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την διαχείριση των ιδιωτικών θέσεων στάθμευσης (Rentals). Στην Εικόνα 29 ,εμφανίζονται δύο παραδείγματα εγγραφής στον πίνακα.

Στο πρώτο πεδίο του πίνακα αποθηκεύεται η ταυτότητα εγγραφής της συγκεκριμένης θέσης (id) ως πρωτεύον κλειδί. Στη συνέχεια, αποθηκεύεται το όνομα εισόδου του χρήστη (name), η διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email), το γεωγραφικό πλάτος της αποθηκευμένης θέσης (latitude), το γεωγραφικό μήκος (longitude), η οδός όπου βρίσκεται ο χώρος στάθμευσης (street), η πόλη (city), το τηλέφωνο του ενοικιαστή (phone), η ωριαία χρέωση για την συγκεκριμένη θέση (pricePerHour), η ημερήσια χρέωση (pricePerDay), η ημερομηνία από την οποία έχει ορίσει ο ενοικιαστής ως διαθέσιμη την θέση του (availableFromDate) και η ημερομηνία μέχρι την οποία είναι διαθέσιμο. Στο τελευταίο πεδίο, αποθηκεύεται μια μεταβλητή που ορίζει αν η θέση είναι κατειλημμένη ή όχι (occupied). Το id εισάγεται ως ακέραιος αριθμός (int), τα latitude, longitude, pricePerHour και pricePerDay ως αριθμοί κινητής υποδιαστολής διπλής ακρίβειας (double), τα name, email, street, city, phone και occupied ως αλφαριθμητικά (varchar) και τέλος τα availableFromDate και untilDate ως ημερομηνίες (date).

Τα χαρακτηριστικά availableFromDate και untilDate έχουν παρόμοιο ρόλο με το timestamp του προηγούμενου πίνακα σε ένα πιο «χαλαρό» μοτίβο. Χρησιμοποιούνται από αντίστοιχο script που έχει δημιουργηθεί ώστε να διαγράφει από την βάση απαρχαιωμένες εγγραφές.

	id	name	email	latitude	longitude	street	city	phone	pricePerHour	pricePerDay	availableFromDate	untilDate	occupied
<input type="checkbox"/>	265	alex	alex@mail	37.34017157234092	-122.0318871236769	1631 Albatross Dr	Sunnyvale	6975678008	1	5	2017-06-22	2017-06-22	NO
<input type="checkbox"/>	266	alex	alex@mail	37.32779082883805	-122.0331127504178	10355 N De Anza Blvd	Cupertino	6975678008	2	10	2017-06-22	2017-06-22	YES

Εικόνα 29: Πίνακας rentals

Στον τέταρτο και τελευταίο πίνακα (garages), αποθηκεύονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την προβολή των επαγγελματικών χώρων στάθμευσης (Garages). Στην Εικόνα 30 εμφανίζονται δύο παραδείγματα εγγραφής στον πίνακα.

Τα πεδία εγγραφής που υπάρχουν σε αυτό τον πίνακα είναι αντίστοιχα με κάποια από τα παραπάνω, με μόνες διαφορές το πεδίο (name) όπου αποθηκεύεται, η επωνυμία της επιχείρησης και το πεδίο (hours) όπου αποθηκεύεται το ωράριο λειτουργίας της.

	id	name	latitude	longitude	street	city	phone	hours
<input type="checkbox"/>	35	Parking O.L.TH	40.6340774	22.937016900000003	Navarchou Kountouriotou 9	Thessaloniki	231 059 3181	8:00-24:00
<input type="checkbox"/>	36	Parking Ag. Sofias	40.6331117	22.948319599999999	Geor. Charalampous Kipriou 3	Thessaloniki	694 413 5006	8:00-22:00

Εικόνα 30: Πίνακας garages

#### 4.4.6 Ασφάλεια

Στα πλαίσια των μέτρων ασφαλείας που πάρθηκαν προκειμένου να αποφευχθεί κάποια εισβολή και κλοπή προσωπικών στοιχείων από τρίτους στη βάση δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν η χρήση περιόδων σύνδεσης HTTP (sessions) και η χρήση αλγορίθμου κρυπτογράφησης MD5.

Οι περίοδοι σύνδεσης HTTP (sessions) είναι μια ευρέως διαδεδομένη δυνατότητα που επιτρέπει στους διακομιστές (Web Servers) να διατηρούν την ταυτότητα των χρηστών και να αποθηκεύουν συγκεκριμένα δεδομένα του χρήστη κατά τη διάρκεια πολλαπλών αλληλεπιδράσεων (request/response) μεταξύ μιας εφαρμογής και μιας εφαρμογής Web. Έτσι, αντί να αποθηκεύονται μεγάλες και διαρκώς μεταβαλλόμενες πληροφορίες μέσω cookies στο πρόγραμμα περιήγησης του χρήστη, αποθηκεύεται στην πλευρά του πελάτη μόνο ένα μοναδικό αναγνωριστικό (αποκαλούμενο "id session"). Αυτό το αναγνωριστικό περιόδου σύνδεσης διαβιβάζεται στον διακομιστή ιστού κάθε φορά που το πρόγραμμα περιήγησης κάνει αίτημα HTTP (δηλ. μια σύνδεση σελίδας ή στην περίπτωση μας ένα αίτημα για εκτέλεση PHP script). Η Web εφαρμογή, αντιστοιχεί αυτή την περίοδο σύνδεσης με την εσωτερική βάση δεδομένων της και ανακτά τις αποθηκευμένες μεταβλητές για χρήση από τη ζητούμενη διεύθυνση, [56].

Οι συνεδρίες HTTP διατηρούν:

- Πληροφορίες σχετικά με την ίδια την περίοδο λειτουργίας (αναγνωριστικό περιόδου λειτουργίας, χρόνος δημιουργίας, χρόνος τελευταίας πρόσβασης κ.λπ.)
- Συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με το χρήστη (κατάσταση σύνδεσης πελάτη και οτιδήποτε άλλο χρειάζεται για την αποθήκευση της Web εφαρμογής).

Ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης MD5 χρησιμοποιήθηκε ώστε να προστατευθούν κάποια ευάλωτα δεδομένα του χρήστη, όπως ο κωδικός πρόσβασης του. Ο κωδικός κρυπτογραφείται πριν διαβαστεί ή εγγραφεί στη βάση όταν ο χρήστης επιχειρεί κάποιο αίτημα σύνδεσης ή εγγραφής.

Ο αλγόριθμος MD5 αναπτύχθηκε από τον R.Rivest και μέχρι πρότινος ήταν ο πιο διαδεδομένος ασφαλής αλγόριθμος σύνοψης. Ο αλγόριθμος λαμβάνει ως είσοδο μήνυμα αυθαίρετου μήκους και παράγει ως έξοδο μία σύνοψη των 128 bits. Η είσοδος χωρίζεται σε τμήματα των 512 bits για να επεξεργαστεί [57].

Στην εικόνα 31 φαίνονται οι PHP συναρτήσεις όπου χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος MD5.

```
//Function to create a new user
public function createUser($username, $pass, $email, $carsize, $credits)
{
    if (!$this->isUserExist($username, $email)) {
        $password = md5($pass);
        $stmt = $this->conn->prepare("INSERT INTO users (username, password, email, carsize, credits) VALUES (?, ?, ?, ?, ?)");
        $stmt->bind_param("sssss", $username, $password, $email, $carsize, $credits);
        if ($stmt->execute()) {
            return USER_CREATED;
        } else {
            return USER_NOT_CREATED;
        }
    } else {
        return USER_ALREADY_EXIST;
    }
}

//Function to login
public function loginUser($username, $password)
{
    $secured_password = md5($password);
    $stmt = $this->conn->prepare("SELECT id FROM users WHERE username = ? AND password = ? ");
    $stmt->bind_param("ss", $username, $secured_password);
    $stmt->execute();

    $stmt->store_result();

    if ($stmt->num_rows > 0) {
        return 'SUCCESSFUL_LOGIN';
    } else {
        return 'WRONG_USERNAME_OR_PASSWORD';
    }
}
```

Εικόνα 31: Συναρτήσεις με χρήση MD5

## **4.5 Έξυπνα στοιχεία εφαρμογής**

Η εφαρμογή διαχείρισης και εύρεσης χώρου στάθμευσης έχει σαν κύριο σκοπό την βελτιστοποίηση της καθημερινότητας των οδηγών μέσα από ένα σύνολο έξυπνων λειτουργιών. Σημαντικότερες από αυτές είναι η χρήση “crowdsourcing” τεχνικών για την συλλογή και αξιοποίηση της πληροφορίας, το σύστημα επιβράβευσης με credits, η δυνατότητα αναζήτησης θέσεων σε οποιαδήποτε τοποθεσία και η δυνατότητα πλοήγησης προς την επιλεγμένη θέση.

### **4.5.1 Crowdsourcing Τεχνικές**

Ένα από τα «έξυπνα» στοιχεία που προστέθηκαν στην εφαρμογή είναι η χρήση “crowdsourcing” τεχνικών. Η ενσωμάτωση τέτοιων τεχνικών αποκτά ολοένα και μεγαλύτερο έδαφος σε mobile και web εφαρμογές, και η ορθή ενσωμάτωση και αξιοποίηση τους μπορούν να κάνουν την εφαρμογή ένα δυναμικό και φερέγγυο εργαλείο για την επίλυση των καθημερινών ζητημάτων. Στην περίπτωση μας το μεγαλύτερο μέρος των πληροφοριών που παρέχονται στους χρήστες-οδηγούς προέρχονται από τέτοιες τεχνικές. Με λίγα λόγια, οι ελεύθερες θέσεις στάθμευσης στο δρόμο καθώς και οι ιδιωτικές θέσεις που εμφανίζονται στην οθόνη του κινητού τηλεφώνου, είναι αυτές που εισήγαγαν άλλοι χρήστες στη βάση δεδομένων, χρησιμοποιώντας την ίδια εφαρμογή. Λογικό επακόλουθο της κατανόησης της λειτουργίας του συστήματος μας είναι η παραδοχή ότι: “Το ποσοστό επιτυχημένης υπόδειξης κάποιας ελεύθερης θέσης κυρίως στο δρόμο είναι ανάλογο του ποσοστού των ενεργών χρηστών της εφαρμογής”. Επομένως, παρόλο που η συλλογική συμμετοχή ενεργών χρηστών μπορεί να θεωρηθεί ως βασικό προαπαιτούμενο για την ορθή λειτουργία του συστήματος, η αποδοτικότητα του σε ιδανικές συνθήκες εφαρμογής, είναι αδιαμφισβήτητη.

### **4.5.2 Σύστημα επιβράβευσης με Credits**

Όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η συχνή και θεμιτή συμμετοχή ενός μεγάλου αριθμού χρηστών, «είναι το κλειδί της επιτυχίας» κάθε crowdsourced εφαρμογής. Για την διασφάλιση αυτής της παραμέτρου δημιουργήθηκε ένα σύστημα επιβράβευσης των ενεργών χρηστών με Credits. Προκειμένου να εμφανιστούν οι διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης στο δρόμο (On Street) ο οδηγός πρέπει να ενεργοποιήσει την αναζήτηση τους μέσω κατάλληλου κουμπιού. Κατή τη διαδικασία αυτή το Credit balance του χρήστη μειώνεται κατά μία μονάδα, αφού πρώτα ενημερωθεί -και συμφωνήσει- από το σύστημα για την ενέργεια αυτή. Αντίστοιχα, κατά την δήλωση της αποδέσμευσης του χώρου,



επιβραβεύεται -αφού πρώτα γίνουν οι απαραίτητοι έλεγχοι αξιοπιστίας- με ένα Credit για την συνδρομή του στο σύστημα. Με αυτό τον τρόπο δίνεται ένα ισχυρό κίνητρο στο χρήστη για να συνεχίσει να χρησιμοποιεί την εφαρμογή σε καθημερινή βάση, ενώ ταυτόχρονα ενισχύεται η αποδοτικότητα της εφαρμογής όσον αφορά την παροχή έγκυρης πληροφορίας η οποία θα μειωνόταν κατακόρυφα όσο μεγάλωνε το ποσοστό των παθητικών χρηστών<sup>2</sup>.

#### **4.5.3 Αναζήτηση θέσεων σε οποιαδήποτε τοποθεσία**

Μία ακόμα έξυπνη λειτουργία που προστέθηκε στην εφαρμογή, είναι η δυνατότητα αναζήτησης θέσεων στάθμευσης σε οποιαδήποτε τοποθεσία επιθυμεί ο χρήστης. Αντιλαμβανόμενοι την ανάγκη των οδηγών να μπορούν να προεπιλέξουν την θέση που θα σταθμεύσουν προτού φτάσουν ή ακόμα προτού ξεκινήσουν για την τοποθεσία που τους ενδιαφέρει, κρίθηκε απαραίτητο να ενσωματωθεί μία μέθοδος που θα πραγματοποιεί αξιόπιστα αυτή τη λειτουργία. Έτσι, ο χρήστης μπορεί εύκολα να αναζητήσει τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης όλων των ειδών (On Street, Rentals, Garages) σε οποιαδήποτε τοποθεσία επιθυμεί, ανεξάρτητα από την πραγματική του τοποθεσία. Η λειτουργία αυτή προσθέτει στην εφαρμογή την ιδιότητα της καθολικής διαχείρισης θέσεων στάθμευσης, καθώς καταργούνται οι γεωγραφικοί και χρονικοί περιορισμοί και καθιστά την περαιτέρω εξέλιξη της πολλά υποσχόμενη στον τομέα του «Smart Parking».

#### **4.5.4 Δυνατότητα πλοήγησης προς μία επιλεγμένη θέση**

Η τέταρτη έξυπνη λειτουργία είναι η δυνατότητα πλοήγησης προς την θέση που θα επιλέξει ο οδηγός. Η χρήση της εφαρμογής “ParkIT” ανοίγει νέους ορίζοντες στην αναζήτηση θέσεων μεταφορικά αλλά και κυριολεκτικά. Πολλές φορές η αναζήτηση θέσης στάθμευσης καταλήγει να εντάσσεται στη ρουτίνα της καθημερινότητας, καθώς ο οδηγός επικεντρώνεται «μηχανικά» στις περιοχές που ο ίδιος γνωρίζει ή έχει σταθμεύσει ξανά στο παρελθόν, αγνοώντας πιθανές θέσεις που μπορεί να τον βολεύουν περισσότερο. Καθώς λοιπόν η εφαρμογή μας είναι σε θέση να του υποδείξει όλες αυτές τις θέσεις, δημιουργήθηκε η ανάγκη να συμπεριληφθεί η διαδικασία πλοήγησης με γραφιστικές και φωνητικές εντολές στο σημείο ενδιαφέροντος μέσα από τους χάρτες της συσκευής. Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας αυτής, προσθέτει έναν ακόμα στοιχείο που κάνει την εφαρμογή “ParkIT” ελκυστική και φιλική προς το χρήστη.

---

<sup>2</sup> ως παθητικοί χρήστες ορίζονται αυτοί που χρησιμοποιούν την εφαρμογή μόνο για να αποσπάσουν πληροφορίες δίχως να συνεισφέρουν ενεργά στο σύστημα.

## 4.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά και Μετρικές

Στη συγκεκριμένη παράγραφο, θα γίνει μία παρουσίαση ορισμένων τεχνικών χαρακτηριστικών της πλατφόρμας και κάποιες από τις σημαντικές μετρικές αυτής. Η εφαρμογή “ParkIT” αποτελείται από δέκα αρχεία κώδικα Swift συνολικού μήκους 3171 γραμμών ενώ για τη σύνδεση της με το server και τις διάφορες λειτουργίες στην βάση δεδομένων υλοποιήθηκαν είκοσι αρχεία κώδικα σε PHP γλώσσα.

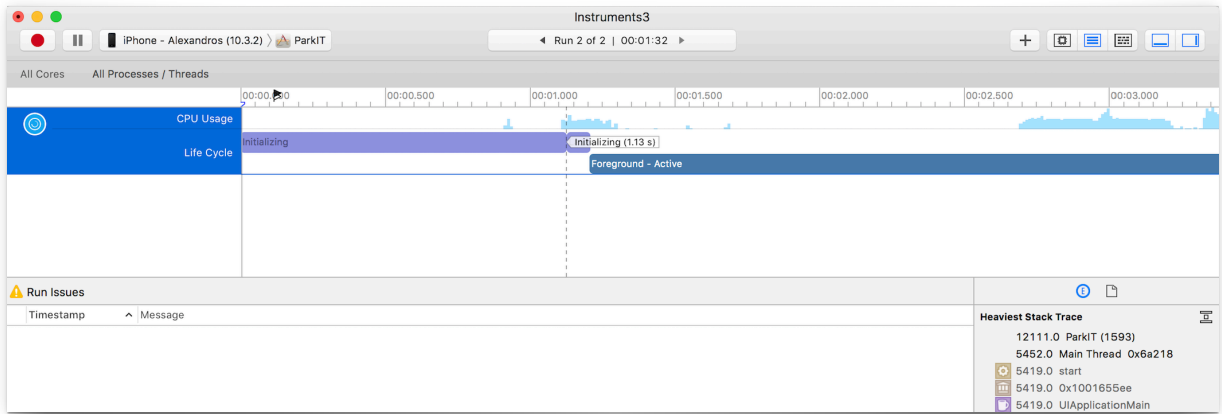
### Instruments

Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε η ενσωματωμένη στο Xcode εφαρμογή, Instruments. Το περιβάλλον του Instruments επιτρέπει στον προγραμματιστή να αναλύσει την απόδοση της εφαρμογής του, όταν αυτή λειτουργεί στο iOS Simulator ή στη συσκευή που είναι συνδεδεμένη στον υπολογιστή. Κρίθηκε σκοπιμότερο να δοκιμαστεί σε μία πραγματική συσκευή και όχι σε simulator ώστε τα αποτελέσματα να αντικατοπτρίζουν την πραγματικότητα, πράγμα που έγινε και οδήγησε στις μετρήσεις που ακολουθούν παρακάτω. Πιο συγκεκριμένα, συγκεντρώνει δεδομένα από τη λειτουργία της εφαρμογής και τα παρουσιάζει σε ένα χρονοδιάγραμμα. Τα δεδομένα που συλλέγονται είναι σχετικά με το ποσοστό χρήσης του επεξεργαστή και της μνήμης της εφαρμογής, τη δραστηριότητα του δίσκου, τη δραστηριότητα του δικτύου, την απόδοση των γραφικών, καθώς και την ενεργειακή κατανάλωση. Το χρονοδιάγραμμα μπορεί να εμφανίζει όλα τα είδη πληροφορίας, επιτρέποντας στον προγραμματιστή να συσχετίσει τη συνολική συμπεριφορά της εφαρμογής. Τέλος, το Instruments προσφέρει τη δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων, ώστε να μπορεί να αναλυθεί η συμπεριφορά της εφαρμογής με την πάροδο του χρόνου καθώς και να συγκριθούν οι επιδόσεις της με καινούριες ανανεωμένες εκδόσεις.

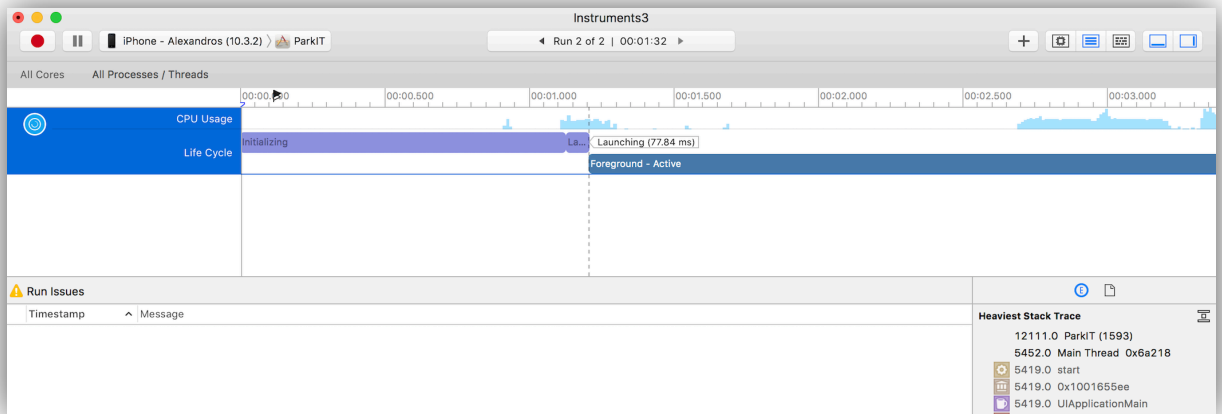
Για τις ανάγκες της δοκιμής της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το iOS Simulator και μία κινητή συσκευή iPhone 6s.

Ο απαιτούμενος αποθηκευτικός χώρος σε μία συσκευή είναι 36 MB.

Η αρχικοποίηση (initializing) της εφαρμογής απαιτεί 1.14 sec ενώ η εκκίνησή της (launching) απαιτεί 77.84 msec. Ο χρόνος απόκρισης διατηρείται περίπου στα 0.1sec. Στις εικόνες 32 και 33, φαίνονται οι παραπάνω μετρήσεις.



Εικόνα 32: Initializing application



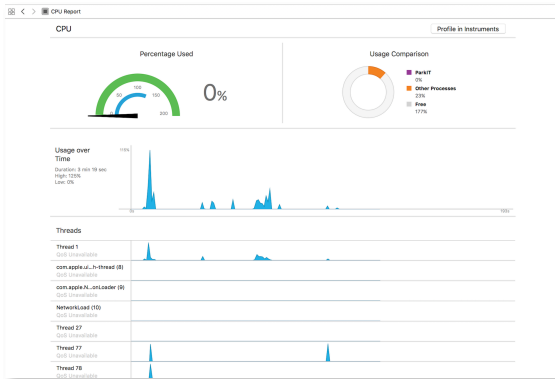
Εικόνα 33: Launching application

Περισσότερες μετρήσεις σχετικά με τις επιδόσεις της εφαρμογής, έδειξαν ότι η εφαρμογή που δημιουργήθηκε δεν απαιτεί ιδιαίτερα μεγάλη επεξεργαστική ισχύ για τη λειτουργία της, ενώ η δραστηριότητα δίσκου, δικτύου, και μονάδας επεξεργασίας γραφικών παραμένει σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Το ποσοστό χρήσης της μνήμης που χρησιμοποιείται κυμαίνεται σε γενικές γραμμές από τα 200 έως τα 280 MB, και τέλος, η μέση ενεργειακή κατανάλωση βαθμολογήθηκε με «high», στην κλίμακα low-high-very high. Η τελευταία μέτρηση ήταν αναμενόμενη και απολύτως φυσιολογική, καθώς όλες οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν χάρτες και υπηρεσίες εντοπισμού θέσης έχουν υψηλή κατανάλωση ενέργειας.<sup>3</sup>

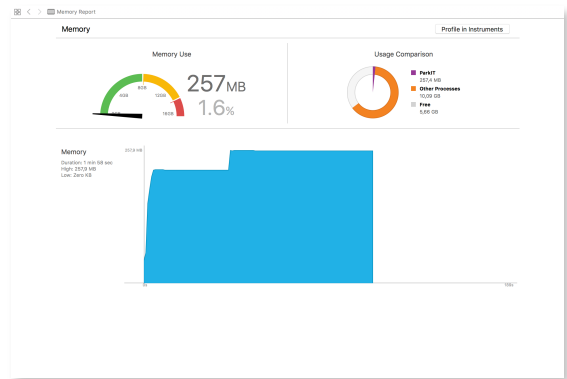
Παρακάτω στις εικόνες 34, 35, 36, 37 και 38, φαίνονται συνοπτικά οι ανωτέρω μετρήσεις.

<sup>3</sup> Στην εφαρμογή “ParkIT” ως επιθυμητή ακρίβεια για τον εντοπισμό θέσης έχει οριστεί η καλύτερη δυνατή προκειμένου να έχουμε ακριβή αποτελέσματα.

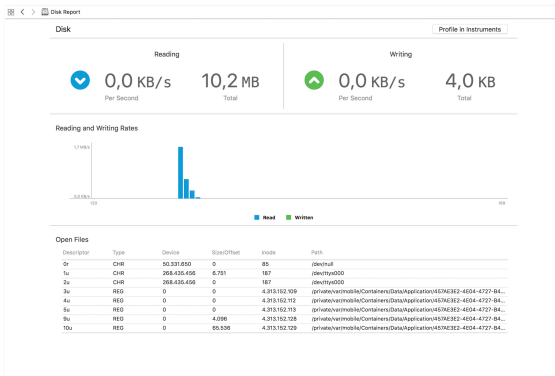
# Έξυπνη Εφαρμογή Διαχείρισης και Ανεύρεσης Χώρου Στάθμευσης



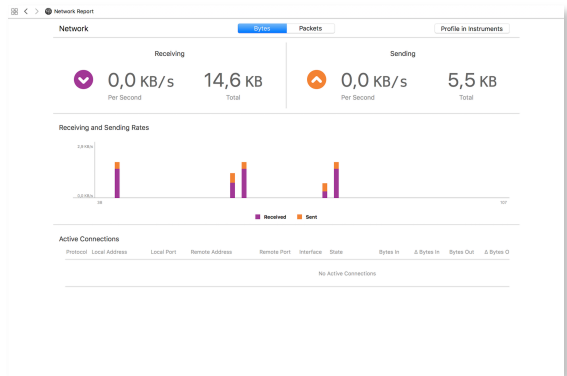
Εικόνα 34: Χρήση επεξεργαστή



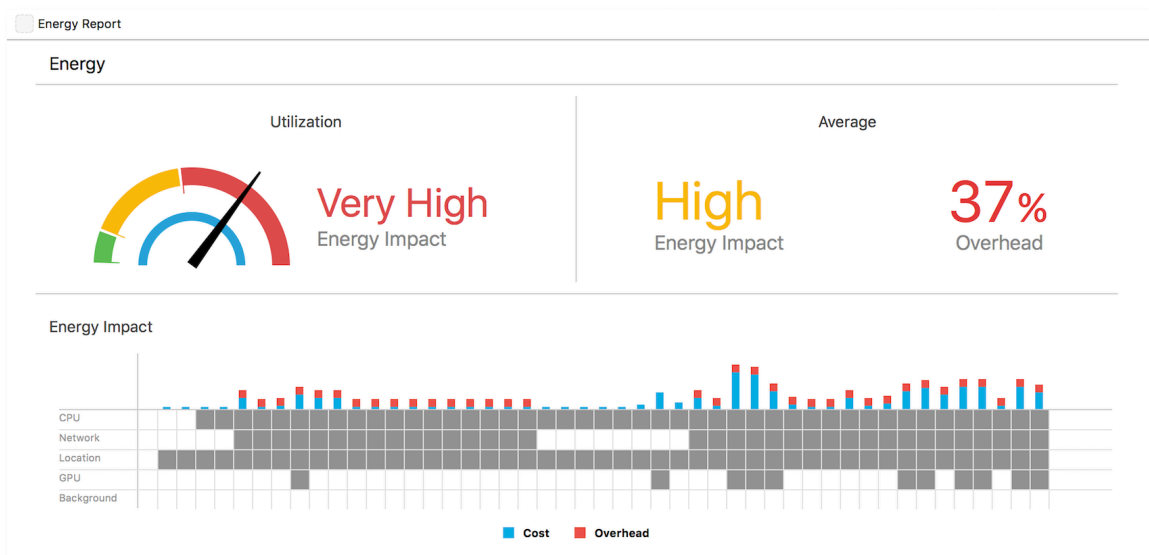
Εικόνα 35: Χρήση μνήμης



Εικόνα 36: Δραστηριότητα δίσκου



Εικόνα 37: Δικτυακή δραστηριότητα



Εικόνα 38: Ενεργειακή κατανάλωση

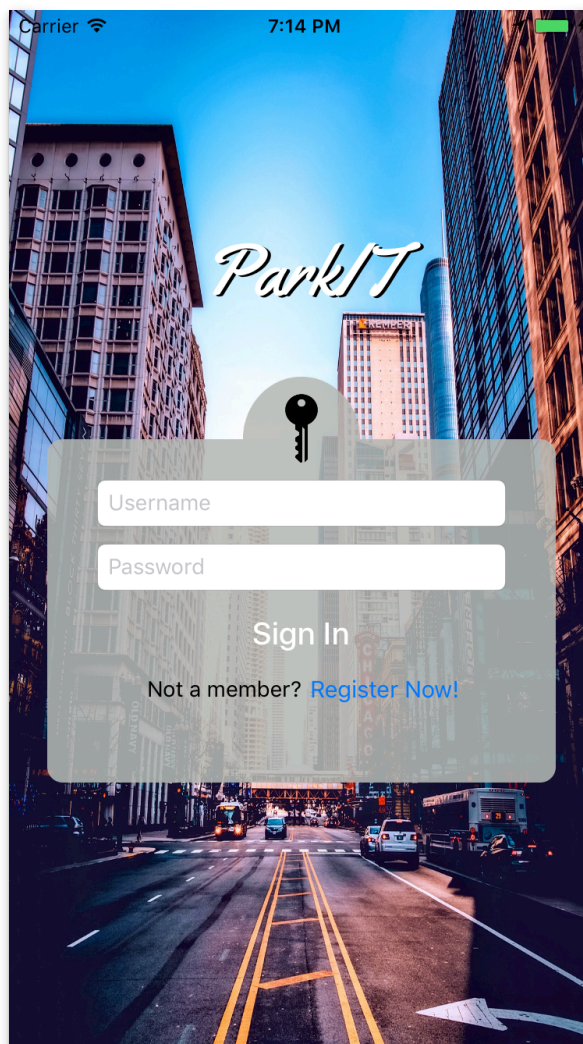
## Κεφάλαιο 5 - Παρουσίαση “ParkIT”

### 5.1 Εκκίνηση της Εφαρμογής - Sign In

Έπειτα από την επιτυχημένη εγκατάσταση της εφαρμογής εμφανίζεται το εικονίδιο της εφαρμογής “ParkIT” όπως αποτυπώνεται στην 39 εικόνα παρακάτω.

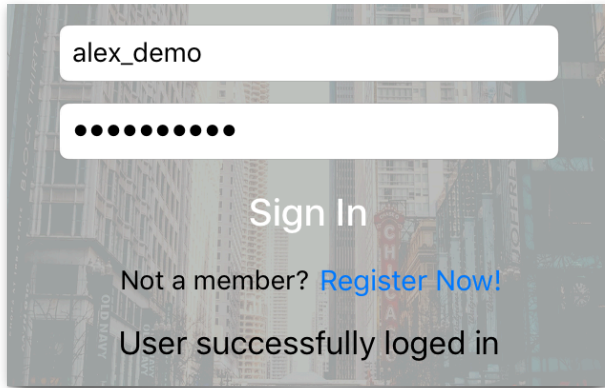


Αφού ο χρήστης επιλέξει το εικονίδιο, γίνεται η εκκίνηση της εφαρμογής και εμφανίζεται η οθόνη σύνδεσης, εικόνα 40. Στη συγκεκριμένη οθόνη ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί στο λογαριασμό του, -εφόσον είναι εγγεγραμμένος χρήστης- εισάγοντας το Username και το Password του και επιλέγοντας την ένδειξη «Sign In». Εάν η ταύτιση των στοιχείων που εισήχθησαν, με τα στοιχεία της βάσης δεδομένων είναι επιτυχής, γίνεται μετάβαση στην κύρια οθόνη με τον χάρτη.

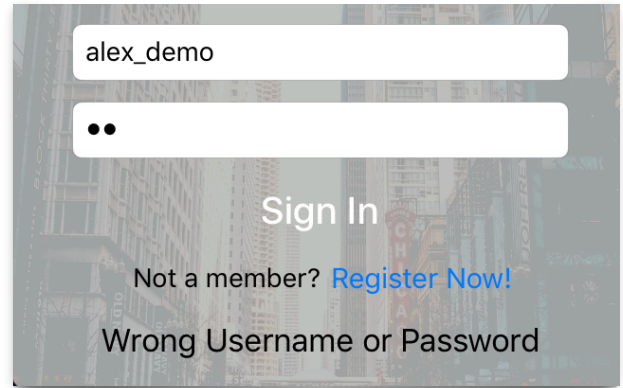


Εικόνα 40: Οθόνη σύνδεσης

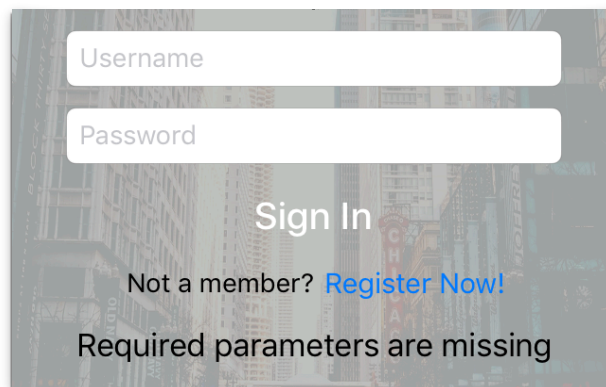
Σε κάθε άλλη περίπτωση εμφανίζεται ανάλογο μήνυμα σφάλματος. Στις εικόνες 41, 42 και 43 φαίνονται χαρακτηριστικά τα σφάλματα που εμφανίζονται κατά την προσπάθεια εισόδου, σε περίπτωση που ο χρήστης εισάγει τα στοιχεία του σωστά, γράψει λάθος κάποιο από τα στοιχεία ή δεν συμπληρώσει κάποια από τα απαιτούμενα πεδία.



Εικόνα 41: Επιτυχής σύνδεση



Εικόνα 42: Εισαγωγή λάθος στοιχείων

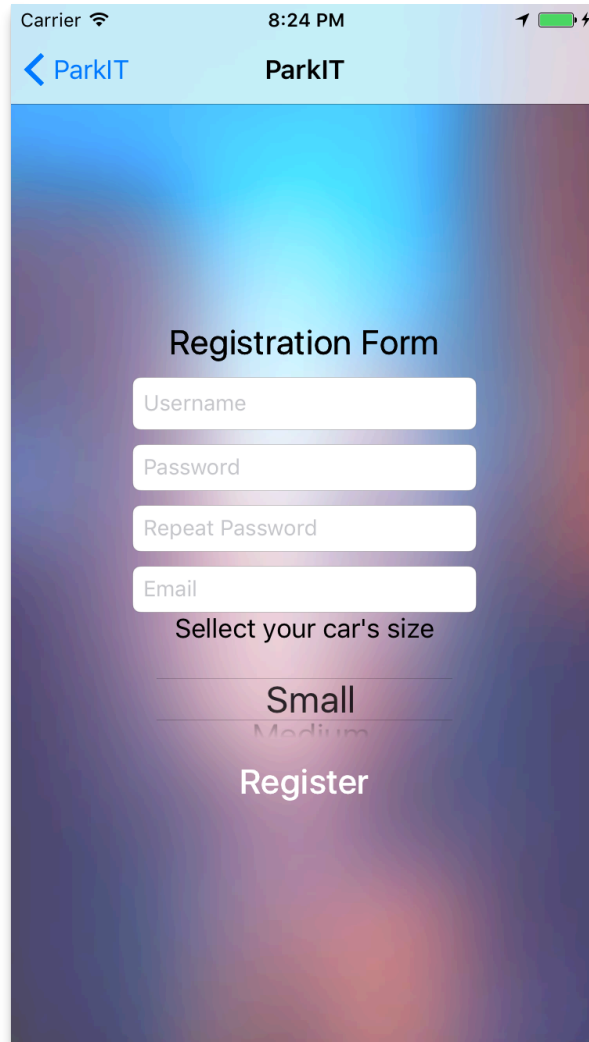


Εικόνα 43: Παράλειψη απαιτούμενων στοιχείων

## 5.2 Εγγραφή στην εφαρμογή “ParkIT”

Στην περίπτωση που ο χρήστης δεν διαθέτει λογαριασμό, έχει τη δυνατότητα να τον δημιουργήσει, πατώντας το κουμπί «Register Now!» που βρίσκεται στην αρχική οθόνη σύνδεσης. Από εκεί μεταφέρεται στην οθόνη εγγραφής, όπου υπάρχει μία φόρμα συμπλήρωσης με τα στοιχεία που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί μία εγγραφή στο σύστημα. Αυτά είναι το όνομα χρήστη (Username), ο κωδικός του (Password), ο λογαριασμός του ηλεκτρονικού του ταχυδρομείου (Email) και το μέγεθος του αυτοκινήτου (Car Size), μέσα από ένα pickerView. Η χρήση του τελευταίου εργαλείου βοηθά ιδιαίτερα

στην καθοδήγηση του χρήστη, ώστε να εισάγει μία από τις επιθυμητές επιλογές τις οποίες «καταλαβαίνει» το σύστημα μας. Στην εικόνα 44 αποτυπώνεται η οθόνη εγγραφής χρήστη της εφαρμογής.



Εικόνα 44: Οθόνη εγγραφής

Κατά την επιτυχή εγγραφή νέου χρήστη στο σύστημα, προστίθενται στο λογαριασμό του πέντε Credits ώστε να μάθει να χρησιμοποιεί την εφαρμογή.

Όπως και κατά την εισαγωγή στοιχείων στη σύνδεση χρήστη, έτσι και κατά την εγγραφή γίνονται κάποιοι έλεγχοι αναφορικά με τα στοιχεία που εισάγονται. Έτσι, παρουσιάζεται ανάλογο σφάλμα στις περιπτώσεις που επιχειρείται εγγραφή και ο χρήστης, έχει εισάγει κάποιο Username ή Email που ήδη υπάρχει στον πίνακα users της βάσης, έχει

εισάγει διαφορετικούς κωδικούς, έχει εισάγει λανθασμένη μορφή διεύθυνσης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή έχει αφήσει κάποιο από τα πεδία κενό. Εικόνες 45, 46, 47 και 48.

Registration Form

alex\_demo

.....

.....

alex\_demo@mail.com

Select your car's size

Small

Medium

Large

Register

*User created successfully*

Εικόνα 45: Επιτυχής εγγραφή

Registration Form

alex

.....

.....

alex@mail.com

Select your car's size

Small

Medium

Large

Register

*User already exist*

Εικόνα 46: Ο χρήστης υπάρχει

Registration Form

alex\_demo

.....

.....

alex\_demo@mail.com

Select your car's size

Small

Medium

Large

Register

*Passwords don't match*

Εικόνα 47: Οι κωδικοί διαφέρουν

Registration Form

alex\_demo

.....

.....

alex\_demo#mail.com

Select your car's size

Small

Medium

Large

Register

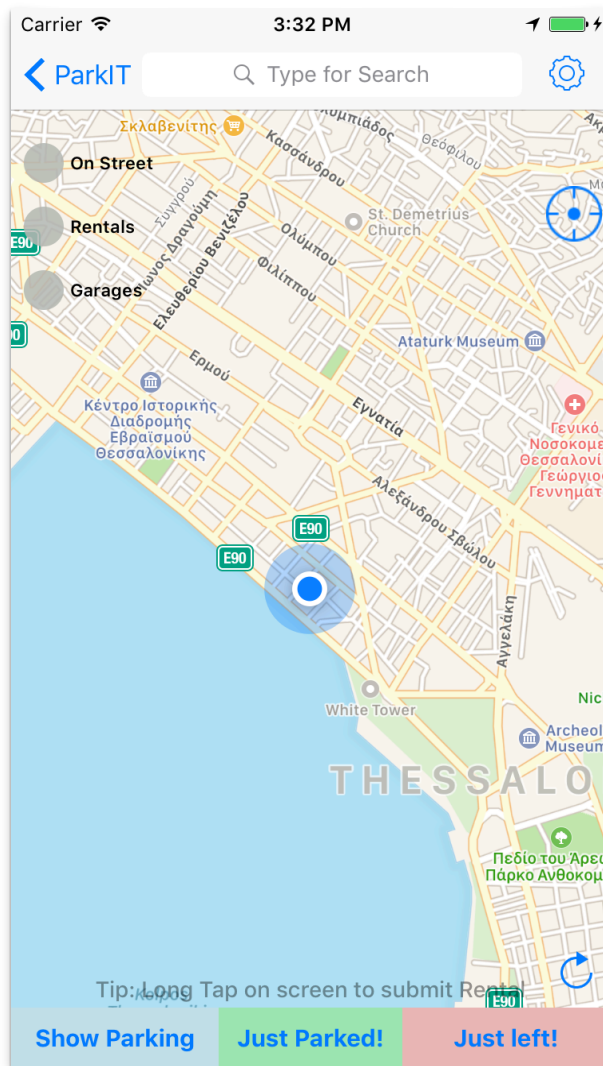
*Invalid email format*

Εικόνα 48: Μη έγκυρη μορφή email



### 5.3 Κύρια οθόνη - Χάρτης

Μετά την πραγματοποίηση επιτυχούς σύνδεσης γίνεται μεταφορά στην κύρια οθόνη της εφαρμογής. Αυτή αποτελείται από ένα χάρτη, πάνω στον οποίο αποτυπώνονται όλες οι πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την εύρεση θέσεων στάθμευσης, και από έναν ελεγκτή πλοήγησης (Navigation Controller). Ο συγκεκριμένος περιέχει ένα «back button» που αναγράφει την ονομασία της εφαρμογής, μία μπάρα αναζήτησης (search bar), και μία ένδειξη ρυθμίσεων. Στην εικόνα 49, που ακολουθεί φαίνεται η κύρια οθόνη της εφαρμογής.



Εικόνα 49: Κύρια οθόνη εφαρμογής

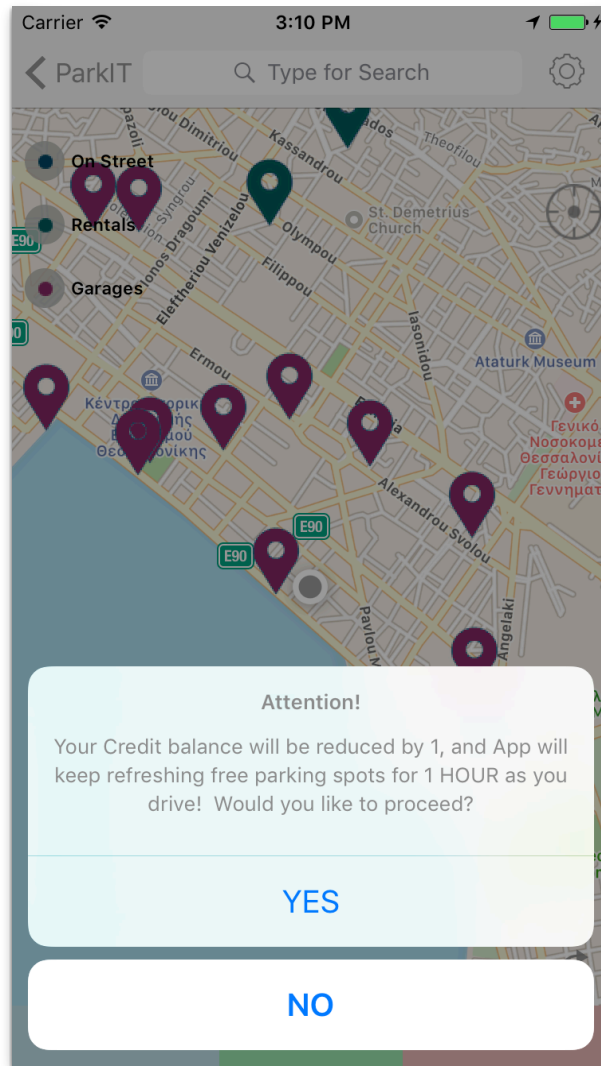
Στην επάνω αριστερή γωνία βρίσκεται το πλαίσιο ελέγχου (checkbox), μέσω του οποίου ο χρήστης επιλέγει τους τύπους των διαθέσιμων θέσεων στάθμευσης που επιθυμεί να

εμφανίζονται στον χάρτη. Με τον τρόπο αυτό έχει τη δυνατότητα να φιλτράρει τις θέσεις που προβάλλονται και επομένως πραγματοποιείται πιο στοχευμένη αναζήτηση. Επιπλέον, η εφαρμογή έχει την ικανότητα να «θυμάται» τις επιλογές προβολής που έθεσε. Αφού επιλέξει τους τύπους στάθμευσης, οι θέσεις εμφανίζονται στο χάρτη με τη μορφή επισημάνσεων (annotations). Οι θέσεις που αφορούν αυτές οι οποίες είναι ελεύθερες στο δρόμο (On Street), προβάλλονται με μπλέ annotation, οι θέσεις που αφορούν τις ιδιωτικές ενοικιαζόμενες θέσεις (Rentals) προβάλλονται με πράσινο annotation, ενώ αυτές που αφορούν επαγγελματικούς χώρους (Garages), προβάλλονται με μπορντώ. Στο πλαίσιο ελέγχου έχουν χρησιμοποιηθεί τα ίδια χρώματα ώστε να γίνεται αυτόματα ο συσχετισμός από τον χρήστη και να επιτυγχάνεται καλύτερη εμπειρία χρήσης.

Η ένδειξη η οποία βρίσκεται επάνω δεξιά επαναφέρει τον χάρτη στην προεπιλεγμένη θέση προβολής του, δηλαδή κεντραρισμένο στην μπλέ κουκίδα που υποδηλώνει την τρέχουσα τοποθεσία.

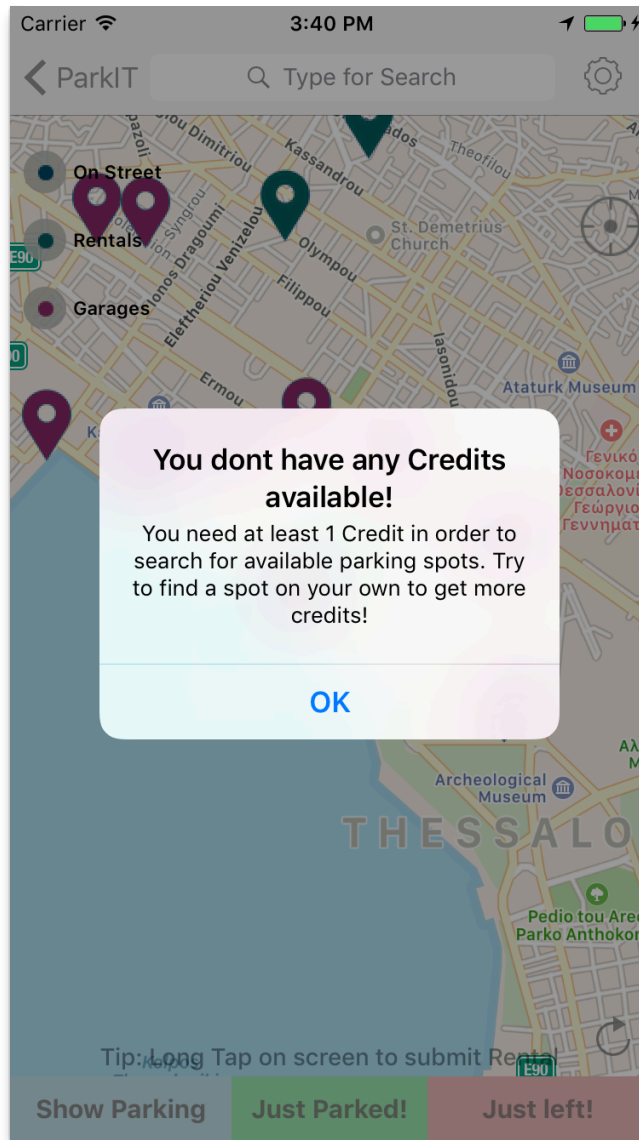
### **5.3.1 «On Street» θέσεις**

Με το άγγιγμα των checkbox ενεργοποιούνται και εμφανίζονται αυτόματα οι διαθέσιμες θέσεις για τα «Rentals» και τα «Garages», όμως δεν συμβαίνει το ίδιο για τις «On Street» θέσεις. Για να εμφανιστούν αυτές, πρέπει να επιλέξει την ένδειξη «Show Parking». Με τη συγκεκριμένη επιλογή ενεργοποιείται ένας συναγερμός (alert), ο οποίος με απλά λόγια αποτελεί ένα πλαίσιο διαλόγου που ενημερώνει το χρήστη για τη συνέχεια της διαδικασίας, όπως φαίνεται στην εικόνα 50.



Εικόνα 50: Show Parking alert dialog

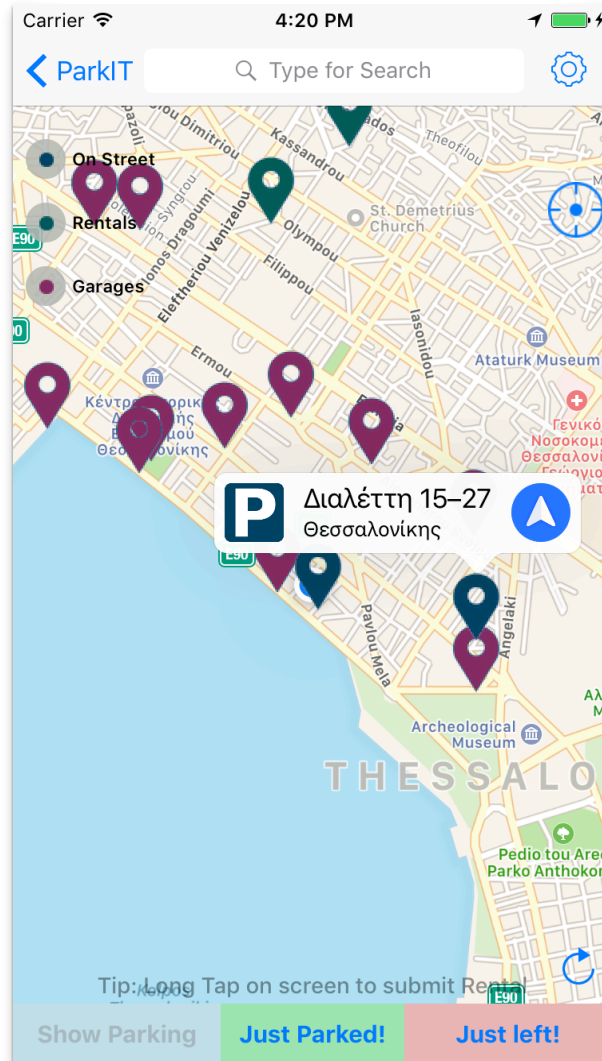
Στην περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει την ένδειξη «NO», το πλαίσιο διαλόγου εξαφανίζεται και επιστρέφει στην κύρια οθόνη της εφαρμογής χωρίς να γίνει καμία αλλαγή. Αντίθετα, αν ο χρήστης συμφωνήσει να συνεχίσει επιλέγοντας την ένδειξη «YES», γίνεται έλεγχος από το σύστημα (αναζήτηση στη βάση δεδομένων), για το αν ο χρήστης διαθέτει στο λογαριασμό του τα απαραίτητα για την προβολή των ελεύθερων θέσεων Credits. Στην περίπτωση που ο χρήστης δεν έχει στην κατοχή του κανένα Credit, εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα που τον ενημερώνει ότι απαιτείται τουλάχιστον ένα Credit προκειμένου να πραγματοποιήσει αναζήτηση των θέσεων στο δρόμο (On Street). Επιπλέον τον προτρέπει, αφού εντοπίσει κάποια θέση στάθμευσης μόνος του, να ενημερώσει το σύστημα για την στάθμευση και την αναχώρηση του από τη θέση, ώστε να έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει την επιλογή «Show Parking» στο μέλλον, όπως φαίνεται στην εικόνα 51.



Εικόνα 51: 0 Credits available

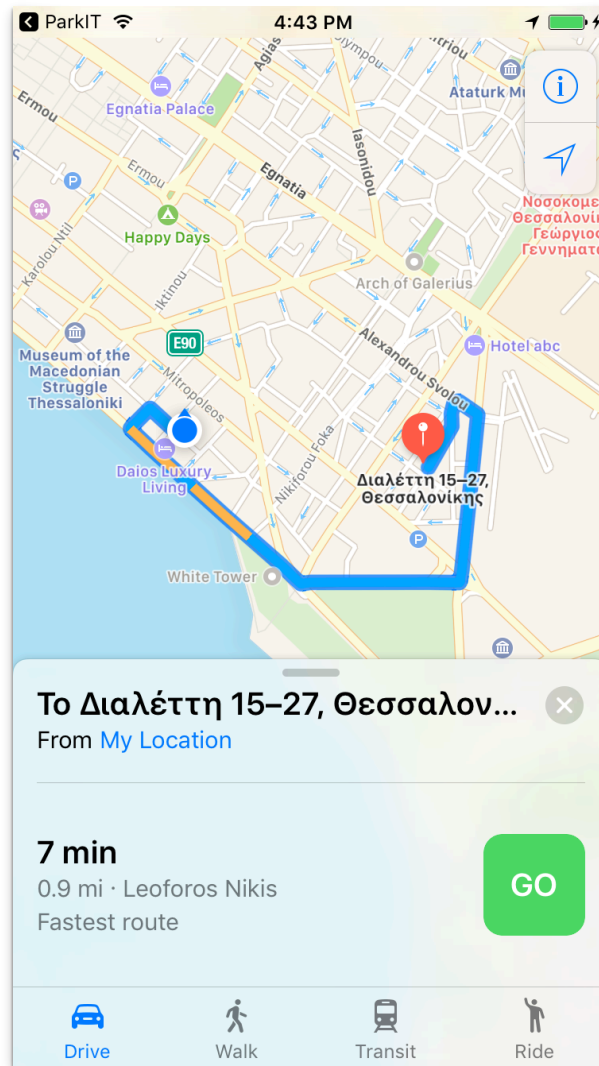
Στην περίπτωση που κατέχει στον λογαριασμό του τουλάχιστον ένα Credit, το Credit Balance του λογαριασμού του μειώνεται κατά μία μονάδα, το πλαίσιο διαλόγου εξαφανίζεται και ταυτόχρονα εμφανίζονται στον χάρτη όλες οι ελεύθερες θέσεις στο δρόμο -εφόσον υπάρχουν διαθέσιμες- στη συγκεκριμένη περιοχή για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Οι θέσεις αυτές ανανεώνονται συνεχώς για την επόμενη ώρα, καθώς το αυτοκίνητο κινείται, ή μέχρι να σταθμεύσει σε κάποιο σημείο. Έτσι, διαγράφονται από τον χάρτη εκείνες που είχαν εμφανιστεί, αλλά πλέον δεν βρίσκονται μέσα στην ακτίνα αναζήτησης, καθώς το αυτοκίνητο αλλάζει συνεχώς θέση. Επίσης, διαγράφονται και αυτές που είχαν εμφανιστεί, αλλά καταλήφθηκαν από κάποιον άλλο οδηγό που χρησιμοποιεί την εφαρμογή. Ο χρήστης έχει τη

δυνατότητα, αγγίζοντας το annotation που τον ενδιαφέρει, να εμφανίσει ένα πλαίσιο (Callout) το οποίο περιέχει την ακριβή διεύθυνση της τοποθεσίας καθώς και μία μπλέ κυκλική ένδειξη με το χαρακτηριστικό σύμβολο της οδικής πλοήγησης στα δεξιά της, εικόνα 52.



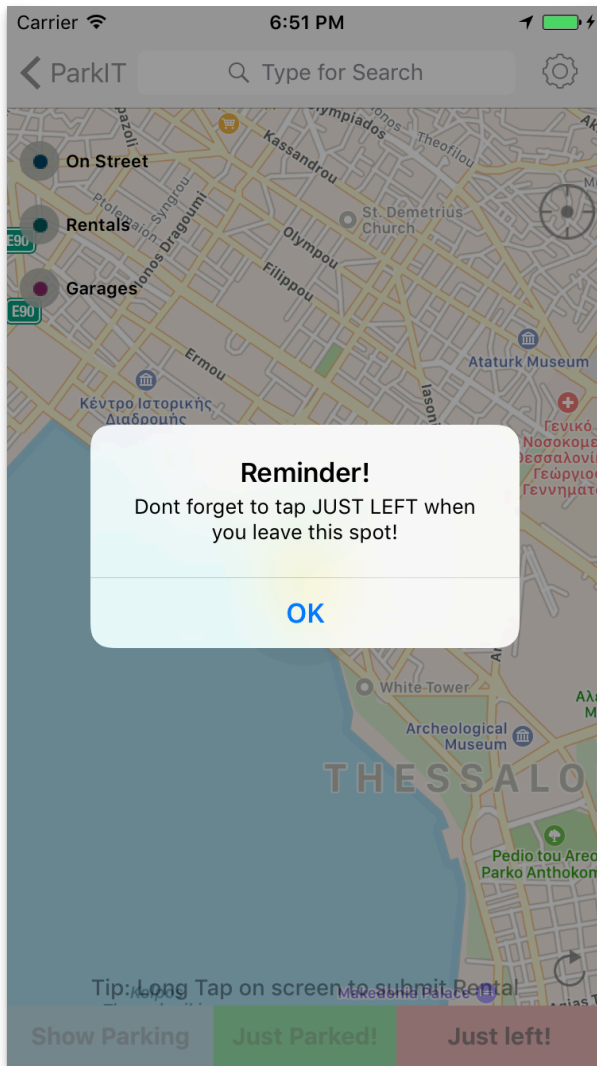
Εικόνα 52: «On Street» Callout

Έχοντας αποφασίσει που θα σταθμεύσει, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να πλοηγηθεί προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση -όπως προαναφέρθηκε- επιλέγοντας την ένδειξη της πλοήγησης. Μόλις την επιλέξει, πραγματοποιείται μετάβαση στους Χάρτες, όπου δίνονται οι οπτικοακουστικές οδηγίες, με αφετηρία την τρέχουσα τοποθεσία του χρήστη και προορισμό τη θέση που επιλέχθηκε, χρησιμοποιώντας την συντομότερη χιλιομετρικά διαδρομή. Οι οδηγίες παρέχονται με προκαθορισμένη επιλογή την οδήγηση. Στην εικόνα 53 φαίνεται η συγκεκριμένη λειτουργία.

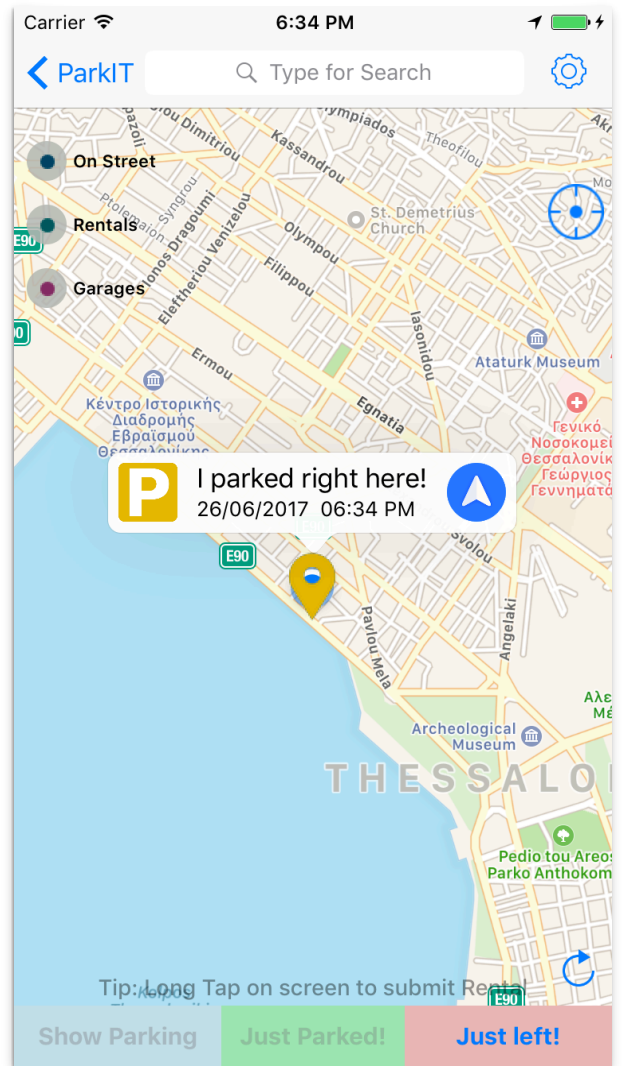


Εικόνα 53: Οδηγίες προς την επιλεγμένη θέση

Μόλις ο οδηγός φτάσει στον προορισμό του, καλείται να επιστρέψει στην κύρια οθόνη της εφαρμογής και να δηλώσει ότι κατοχύρωσε τη θέση στάθμευσης στην οποία όδευε, επιλέγοντας την ένδειξη «Just Parked!». Με αυτό τον τρόπο, διαγράφεται η θέση από την βάση δεδομένων, έτσι ώστε, να μην εμφανίζεται ως διαθέσιμη σε κάποιον άλλο χρήστη, που πιθανώς να βρίσκεται σε αναζήτηση στάθμευσης στην ίδια περιοχή. Ταυτόχρονα αποθηκεύονται κάποιες πληροφορίες όπως, οι συντεταγμένες του σημείου στο οποίο βρίσκεται και η ημερομηνία στάθμευσης. Παράλληλα, εμφανίζεται ένα πλαίσιο διαλόγου το οποίο υπενθυμίζει στον οδηγό ότι πρέπει να επιλέξει την ένδειξη «Just Left!» όταν αποδεσμεύσει τη θέση, εικόνα 54. Στη συνέχεια διαγράφονται όλα τα annotations που βρίσκονται στο χάρτη, ενώ προστίθεται ένα, που αντιστοιχεί στην κατοχυρωμένη θέση. Αυτό φαίνεται στην εικόνα 55 παρακάτω.



Εικόνα 54: Υπενθύμιση

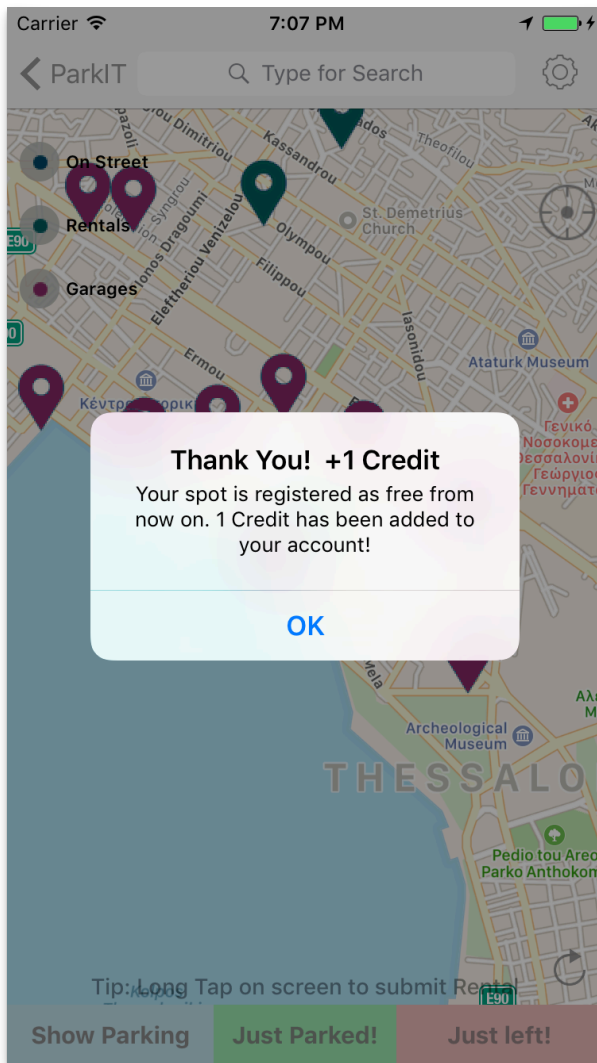


Εικόνα 55: Κατοχυρωμένη «On Street» θέση

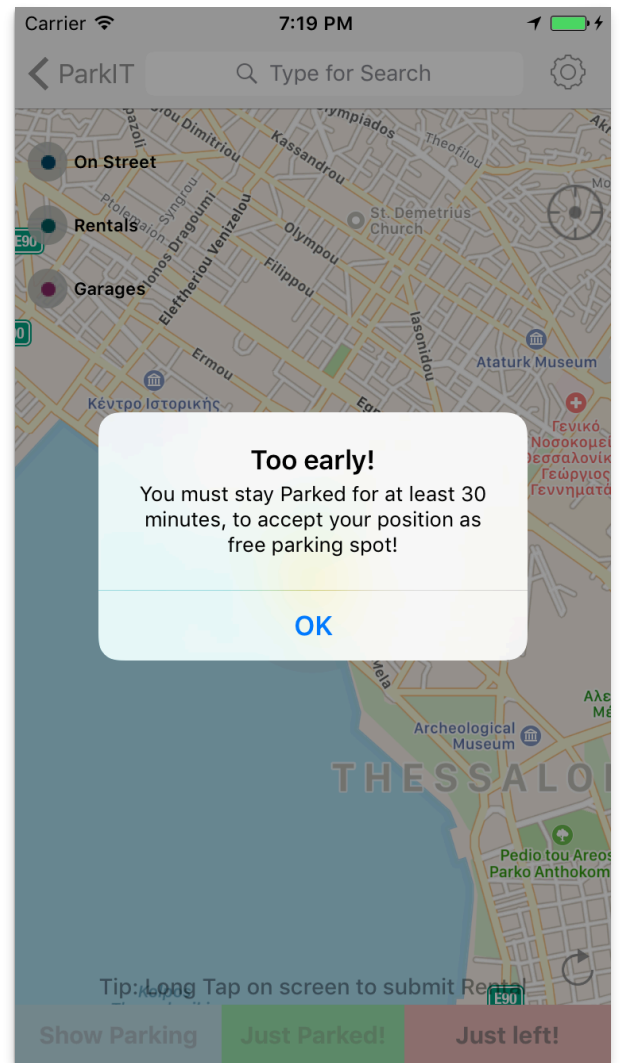
Το χρώμα του συγκεκριμένου annotation είναι κίτρινο, ενώ στο πλαίσιο πληροφοριών του αναγράφεται η ένδειξη «I parked right here!», έτσι ώστε να καταλαβαίνει εύκολα ο χρήστης ότι σε αυτή την τοποθεσία στάθμευσε τελευταία φορά το αυτοκίνητο του. Επίσης, αναγράφεται στο Callout του annotation η ακριβής ώρα στάθμευσης. Η αναγραφόμενη ώρα μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα βοηθητική, σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν χρονικοί περιορισμοί για την επιτρεπόμενη χρονική διάρκεια της στάθμευσης. Στην περίπτωση που ο χρήστης δεν θυμάται την διαδρομή, προκειμένου να γυρίσει πίσω στο αυτοκίνητο του και να αποχωρήσει, έχει τη δυνατότητα με όμοιο τρόπο, να επιλέξει την ένδειξη της πλοήγησης και στη συνέχεια να τσεκάρει τις οδηγίες που προσφέρονται για τους πεζούς.

Πρίν αποχωρήσει από τη θέση του, καλείται να πατήσει την ένδειξη που βρίσκεται κάτω δεξιά με την αναγραφόμενη ονομασία «Just Left!». Αυτό είναι το στάδιο με την

μεγαλύτερη σημασία, καθώς επιλέγοντας την ένδειξη αυτή, η εφαρμογή επαληθεύει κάποια στοιχεία σχετικά με τη στάθμευση, ώστε να εξασφαλίσει την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος. Ταυτόχρονα και στην περίπτωση που περάσει επιτυχώς τους απαραίτητους ελέγχους, ενημερώνεται η βάση δεδομένων για την θέση στάθμευσης που αποδεσμεύτηκε και προστίθεται στον λογαριασμό του ένα Credit. Σε αντίθετη περίπτωση εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα στην οθόνη. Στις εικόνες 56 και 57 που ακολουθούν αποτυπώνεται η προαναφερόμενη διαδικασία.



Εικόνα 56: Επιτυχής αποδέσμευση θέσης



Εικόνα 57: Ανεπιτυχής αποδέσμευση

Τα στοιχεία που ελέγχονται, όπως ενδεικτικά φαίνεται από την εικόνα 57, είναι η ώρα στάθμευσης και η τοποθεσία. Προκειμένου να ολοκληρωθεί επιτυχώς η διαδικασία, θα πρέπει



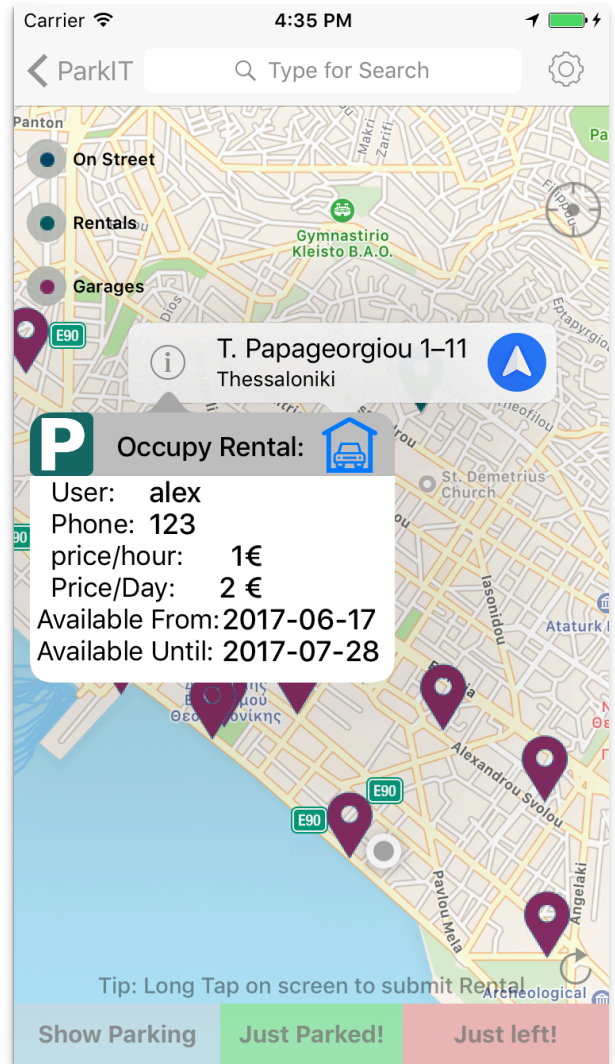
να έχουν παρέλθει τριάντα λεπτά της ώρας ενώ ο χρήστης -και επομένως το αυτοκίνητο- θα πρέπει να βρίσκεται στην τοποθεσία όπου είχε σταθμεύσει. Σημειώνεται ότι, οι ένδειξεις που διαχειρίζονται τις «On Street» θέσεις απενεργοποιούνται και ενεργοποιούνται καταλλήλως, ώστε να διασφαλίζεται η σωστή χρονική σειρά εκτέλεσης της διαδικασίας. Τέλος, σε περίπτωση που ο οδηγός φύγει από την θέση που είχε σταθμεύσει, θα πρέπει να ανανεώσει την διαδικασία που περιγράφηκε επιλέγοντας την ένδειξη της ανανέωσης, η οποία βρίσκεται επάνω από την ένδειξη «Just Left!».

### 5.3.2 «Rentals» θέσεις

Με το άγγιγμα του δεύτερου «checkbox» ενεργοποιούνται και εμφανίζονται αυτόματα οι διαθέσιμες θέσεις που αφορούν τα «Rentals». Τέτοιες είναι, ιδιοτικοί χώροι στάθμευσης, που έχουν καταχωρήσει προς ενοικίαση οι χρήστες της εφαρμογής. Ο χρήστης, επιλέγοντας το annotation που τον ενδιαφέρει, εμφανίζεται ένα πλαίσιο (Callout) το οποίο περιέχει την ακριβή διεύθυνση της τοποθεσίας. Στην δεξιά πλευρά του πλαισίου, υπάρχει η ένδειξη της πλοήγησης ενώ στην αριστερή, μία ένδειξη με το χαρακτηριστικό σύμβολο « i ». Η μορφή του callout εμφανίζεται στην εικόνα 58.



Εικόνα 58: «Rentals» Callout



Εικόνα 59: «Rentals» information box

Με το άγγιγμα της ένδειξης « i » εμφανίζονται σε ξεχωριστό αναδυόμενο πλαίσιο, επιπρόσθετες πληροφορίες για την εκάστοτε θέση. Αυτές οι πληροφορίες βοηθούν τον οδηγό, να σχηματίσει μία ευρύτερη εικόνα για την θέση που τον ενδιαφέρει, ώστε να αποφασίσει τελικά αν τον συμφέρει να οδεύσει προς εκείνη την κατεύθυνση ή να αναζητήσει κάποια άλλη θέση. Οι πληροφορίες που αναγράφονται για κάθε θέση «Rental» εμφανίζονται στην εικόνα 59.

Κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα να καταχωρήσει τη θέση του, επιλέγοντας ο ίδιος το χρονικό διάστημα διάθεσης της και την τιμή που επιθυμεί, δηλώνοντας ένα τηλέφωνο επικοινωνίας. Επιπλέον, δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των θέσεων στάθμευσης που μπορεί να δηλώσει ως διαθέσιμες, εφόσον έχει στη διάθεση του παραπάνω από μία. Όπως αναγράφεται στο κάτω μέρος της κύριας οθόνης, ο χρήστης, για να προσθέσει μία τέτοια

θέση, αρκεί να ακουμπήσει παρατεταμένα το δάχτυλο του στο σημείο όπου βρίσκεται η θέση του. Σε περίπτωση που αδυνατεί να εντοπίσει πάνω στο χάρτη την τοποθεσία που επιθυμεί, έχει τη δυνατότητα να την αναζητήσει εύκολα από την μπάρα αναζήτησης. Μόλις ολοκληρώσει την ενέργεια αυτή, εμφανίζεται μία φόρμα συμπλήρωσης, στην οποία καλείται να συμπληρώσει τα απαραίτητα στοιχεία που προαναφέρθηκαν. Η λειτουργία αυτή αποτυπώνεται στην εικόνα 60.

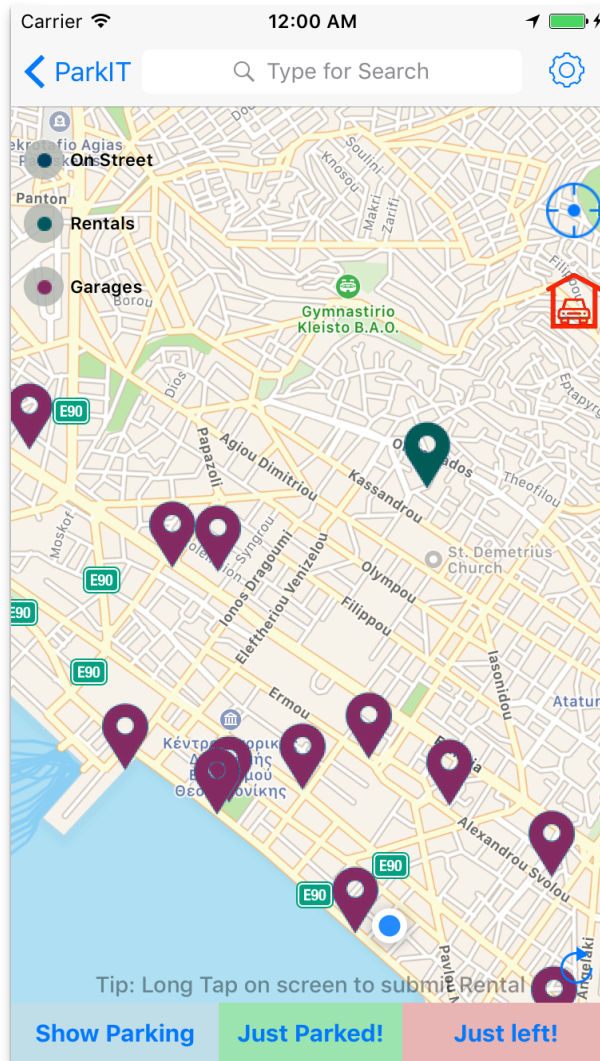
The screenshot shows the ParkIT app interface. At the top, there's a status bar with 'Carrier', signal strength, '8:41 PM', and battery level. Below that is a navigation bar with a back arrow, the 'ParkIT' logo, a search bar with the placeholder 'Type for Search', and a settings gear icon. The main area is a map with several location pins. A semi-transparent modal form is displayed in the center, titled 'Submit Your Own Parking for Rental'. The form contains the following elements:

- Available from:** Today 8 40 PM
- Until:** Today 8 40 PM
- Contact Number:** A text input field.
- Price/Hour:** A text input field followed by a Euro symbol (€).
- Price/Day:** A text input field followed by a Euro symbol (€).
- Buttons:** 'OK' and 'CANCEL' buttons at the bottom of the form.
- Tip:** 'Tip: Long Tap on screen to submit Rental' at the bottom of the modal.
- Bottom Bar:** Three buttons: 'Show Parking' (blue), 'Just Parked!' (green), and 'Just left!' (red).

Εικόνα 60: «Rentals» submission form

Στο πλαίσιο πληροφοριών των «Rentals» υπάρχει μία μπλέ ένδειξη με ένα ένα αυτοκίνητο. Η επιλογή της ένδειξης αυτής τροποποιεί την τρέχουσα κατάσταση της στη βάση, ως κατειλημμένη. Έτσι, δεν εμφανίζεται προσωρινά σε άλλους χρήστες, αλλά η εγγραφή της παραμένει στη βάση δεδομένων. Για την επαναφορά της κατάστασης της ως μή

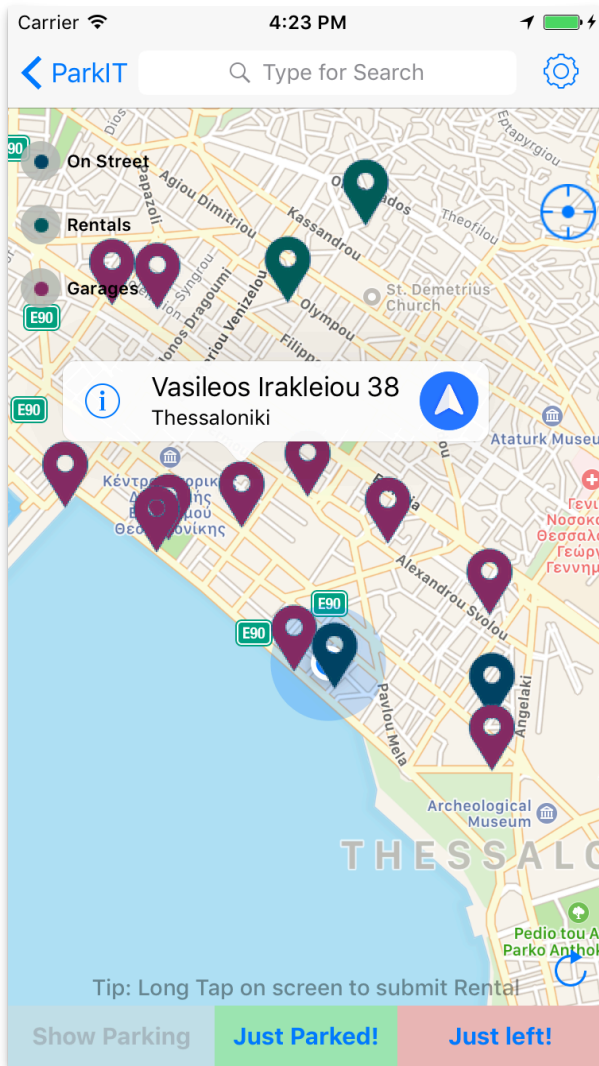
κατειλημμένη, αρκεί η επιλογή της αντίστοιχης κόκκινης ένδειξης η οποία και σηματοδοτεί την αποδέσμευση της θέσης στάθμευσης, εικόνα 61.



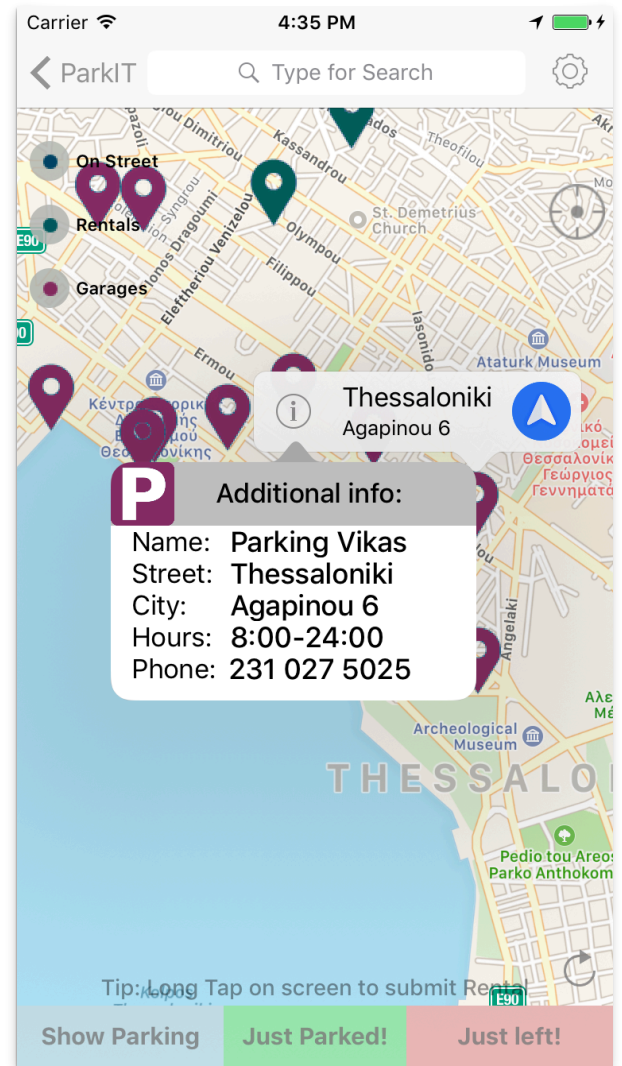
Εικόνα 61: Κατειλημμένη «Rentals» θέση

### 5.3.3 «Garages» θέσεις

Με την επιλογή του τρίτου «checkbox» ενεργοποιούνται και εμφανίζονται αυτόματα οι διαθέσιμες θέσεις που αφορούν τα «Garages». Ως «Garages» ονομάζουμε τους επαγγελματικούς χώρους στάθμευσης που λειτουργούν σε κάθε πόλη. Ο χρήστης, επιλέγοντας το annotation που τον ενδιαφέρει, εμφανίζεται ένα πλαίσιο (Callout), η μορφή του οποίου είναι όμοια με το Callout των «Rentals», εικόνα 62.



Εικόνα 62: «Garages» Callout



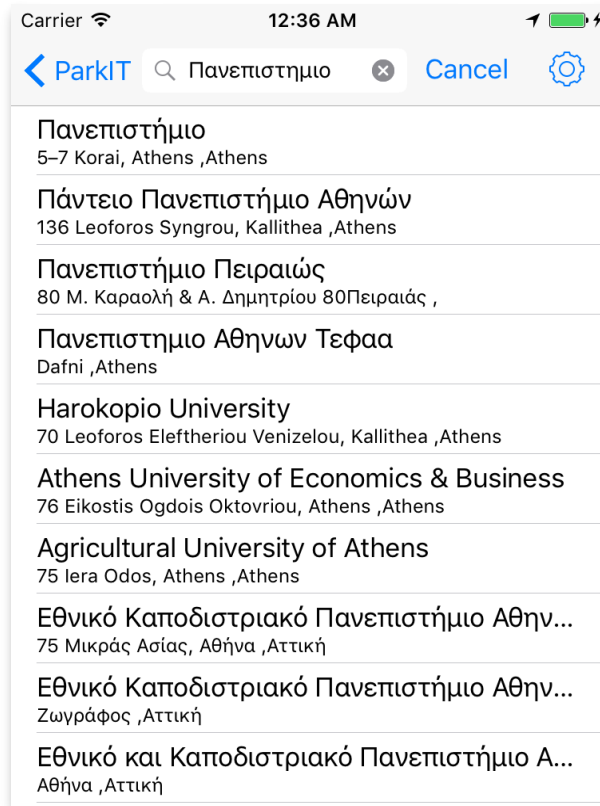
Εικόνα 63: «Garages» information box

Στο πλαίσιο επιπρόσθετων πληροφοριών που εμφανίζεται με την επιλογή της ένδειξης « i » εμφανίζονται σε ξεχωριστό αναδυόμενο πλαίσιο, επιπρόσθετες πληροφορίες σχετικά με την επωνυμία του Parking, τη διεύθυνση του, την πόλη, τις ώρες λειτουργίας καθώς και το τηλέφωνο επικοινωνίας, εικόνα 63.

Οι εγγραφές για τα «Garages» εισάγονται στη βάση δεδομένων από το διαχειριστή του συστήματος.

Με την χρήση της μπάρας αναζήτησης που βρίσκεται στον «Navigation Controller» ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αναζητήσει θέσεις σε οποιαδήποτε τοποθεσία επιθυμεί, πληκτολογώντας, είτε στην ελληνική, είτε στην αγγλική γλώσσα μία διεύθυνση ή ακόμα και κάποιο οργανισμό/κατάστημα. Με την επιλογή κάποιου από τα αποτελέσματα αναζήτησης, ο

χάρτης εστιάζει στο σημείο ενδιαφέροντος και προστίθεται ένα κίτρινο annotation. Στην εικόνα 64, πραγματοποιείται ένα παράδειγμα αναζήτησης.



Εικόνα 64: Αναζήτηση τοποθεσίας

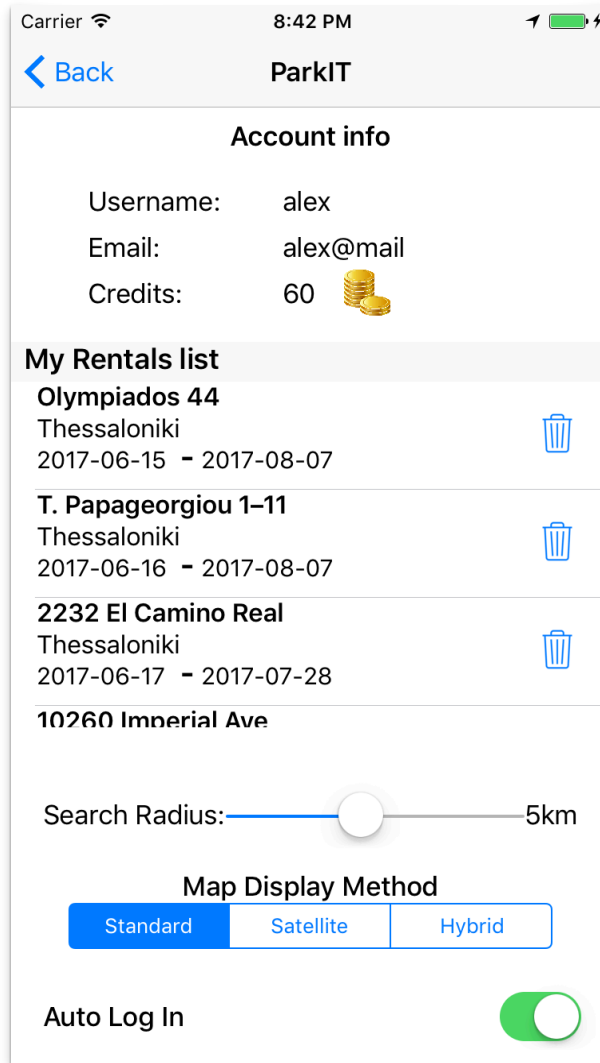
## 5.4 Οθόνη πληροφοριών και ρυθμίσεων

Στην οθόνη πληροφοριών και ρυθμίσεων εμφανίζονται οι βασικές πληροφορίες του λογαριασμού του χρήστη, όπως το όνομα χρήστη, ο λογαριασμός του ηλεκτρονικού του ταχυδρομίου και ο αριθμός των υπολειπόμενων Credits του.

Επίσης, εμφανίζονται οι θέσεις στάθμευσης τύπου «Rental» που έχει καταχωρήσει ο συγκεκριμένος χρήστης σε μία δυναμική λίστα. Από τη συγκεκριμένη λίστα ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να τις διαχειρίζεται καθώς και να τις αφαιρεί από την βάση δεδομένων μέσω της επιλογής διαγραφής στα δεξιά τους.

Τέλος, ο χρήστης μέσω της συγκεκριμένης οθόνης έχει τη δυνατότητα να τροποποιήσει την ακτίνα αναζήτησης θέσεων, να επιλέξει το είδος του χάρτη που επιθυμεί να εμφανίζεται (Standard/Satellite/Hybrid), καθώς και να επιλέξει την αυτόματη είσοδο ή όχι

κατα την εκκίνηση της εφαρμογής. Ακολουθεί η οθόνη πληροφοριών και ρυθμίσεων, εικόνα 65 .



Εικόνα 65: Οθόνη πληροφοριών και ρυθμίσεων

## Κεφάλαιο 6 - Αντιμετώπιση προβλημάτων

Κατα τη διάρκεια της υλοποίησης του συστήματος, εμφανίστηκαν ποικίλα προβλήματα τεχνικής φύσεως κυρίως. Ένα από τα αρχικά προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν, ήταν η δυσκολία στην ανάπτυξη της εφαρμογής, καθώς δεν υπήρχε καμία εξοικείωση με την γλώσσα προγραμματισμού Swift και με το προγραμματιστικό περιβάλλον Xcode.

- Ο αρχικός σχεδιασμός της εφαρμογής διέφερε από τον τελικό, καθώς οι διάφορες θέσεις στάθμευσης προβάλλονταν σε διαφορετικούς χάρτες, έναν για κάθε τύπο στάθμευσης («On Street», «Rentals», «Garages»). Στην πορεία όμως κρίθηκε σκόπιμο για την καλύτερη εμπειρία χρήσης, να μπορεί ο χρήστης να προβάλλει όλες τις διαθέσιμες θέσεις στον ίδιο χάρτη. Έτσι προέκυψε η ανάγκη για την ανάπτυξη ενός πλαισίου επιλογής (checkbox) που θα λειτουργούσε ως φίλτρο, δεδομένου ότι το Xcode δεν δίνει τη δυνατότητα χρήσης κάποιας έτοιμης βιβλιοθήκης για το σκοπό αυτό.
- Η εφαρμογή αρχικά είχε την ικανότητα να προβάλλει μόνο όσες θέσεις στάθμευσης βρίσκονταν μέσα στην ακτίνα αναζήτησης, με κέντρο την στιγμιαία τοποθεσία του χρήστη. Αυτή η παράμετρος είναι μόνιμα μεταβαλλόμενη από το χρήστη, αλλά δέχεται ως μέγιστη τιμή τα δέκα χιλιόμετρα. Επομένως, για να καλύπτει η εφαρμογή όλες τις ανάγκες του χρήστη, συμπεριλαμβανομένης και της ανάγκης για αναζήτηση θέσεων σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, τροποποιήθηκε ο κώδικας των συναρτήσεων και προστέθηκε μία επιπλέον μπάρα αναζήτησης έτσι ώστε να εξυπηρετηθεί η λειτουργία αυτή κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο.
- Ο χάρτης, από προεπιλογή εστιάζει σε ένα συγκεκριμένο ύψος με κέντρο εστίασης την στιγμιαία τοποθεσία στην οποία βρίσκεται ο χρήστης, και ακολουθεί αυτές τις ρυθμίσεις αυτές όσο το αυτοκίνητο κινείται. Προκειμένου όμως να δοθεί η δυνατότητα στο χρήστη να μεταβάλλει την εστίαση και την τοποθεσία προβολής χειροκίνητα, προστέθηκε μία επιπλέον επιλογή με σύμβολο το στόχο. Έτσι, κάθε φορά που ο χρήστης «σέρνει» τον χάρτη ή αλλάζει την εστίαση, απενεργοποιείται η αυτόματη εστίαση, ενώ με το άγγιγμα της συγκεκριμένης επιλογής ενεργοποιείται, και μεταφέρεται αυτόματα στην στιγμιαία τοποθεσία του.



- Κατά τη δοκιμή της εφαρμογής, αναφορικά με την ορθή λειτουργία της, παρατηρήθηκε ότι στις εγγραφές νέων ελεύθερων θέσεων στάθμευσης στη βάση δεδομένων, τα πεδία του γεωγραφικού πλάτους και μήκους (latitude, longitude) συμπληρώνονται με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια (δεκαδικοί αριθμοί με δεκατέσσερα δεκαδικά ψηφία). Έτσι, κατά την αποδέσμευση μιας θέσης, η τοποθεσία του χρήστη είναι πολύ πιθανό να διαφέρει σε κάποιο βαθμό από αυτήν που είχε καταχωρηθεί, ακόμα και στην περίπτωση βρίσκεται μέσα στο αυτοκίνητο του (δηλαδή, στη θέση ακριβώς που είχε παρκάρει). Το γεγονός αυτό αποτέλεσε πρόβλημα, καθώς λόγω της διαφορετικότητας των τιμών latitude και longitude, ήταν αδύνατο να γίνει ταυτοποίηση της συγκεκριμένης θέσης και επομένως διαγραφή της. Αποτέλεσμα του συγκεκριμένου σφάλματος ήταν να «γεμίζει» η βάση δεδομένων με εγγραφές και ταυτόχρονα να μην διαγράφεται σχεδόν καμία. Ο τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίστηκε το συγκεκριμένο πρόβλημα, ήταν να γίνεται προσωρινή αποθήκευση των συντεταγμένων στο κινητό, τη στιγμή που δηλώνεται η στάθμευση, και στη συνέχεια να χρησιμοποιούνται αυτά τα στοιχεία αργότερα, κατά την διαγραφή των θέσεων. Επίσης για τη σύγκριση της τρέχουσας τοποθεσίας με αυτήν που έχει αποθηκευτεί, (έλεγχος πραγματικής τοποθεσίας και πεπερασμένου χρόνου που πραγματοποιεί η ένδειξη «Just Left!») χρησιμοποιήθηκε ένα κατώφλι (threshold) της τάξης των τριάντα μέτρων.
- Ένα επιπλέον πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε επιτυχώς ήταν η ποιότητα της πληροφορίας που λάμβανε ο χρήστης. Με απλά λόγια, οι «On Street» θέσεις που είναι καταγεγραμμένες στη βάση πρέπει να έχουν ένα καλό ποσοστό έγκυρης πληροφορίας. Έπρεπε δηλαδή, να εξασφαλιστεί κατά το δυνατόν, ότι η θέση που υποδικνύεται από την εφαρμογή, να είναι και πραγματικά διαθέσιμη. Όπως είναι φυσικό, δεν έχουμε τη δυνατότητα να αποσπάσουμε την πληροφορία της δέσμευσης μιας θέσης από έναν συμβατικό οδηγό που δεν χρησιμοποιεί την εφαρμογή. Μπορούμε όμως να του παρέχουμε πληροφορία η οποία να είναι «φρέσκια». Για τον λόγο αυτό οι εγγραφές του πίνακα με τις «On Street» θέσεις, διαγράφονται αυτόματα με το πέρας δύο ωρών από την ώρα εγγραφής τους στο σύστημα. Με αντίστοιχο τρόπο, διαγράφονται και οι εγγραφές του πίνακα με τις «Rentals» θέσεις, όταν επέλθει η ημερομηνία, μέχρι την οποία είχε δηλώσει ο χρήστης ότι διαθέτει τη θέση του προς ενοικίαση.

## Κεφάλαιο 7 - Επίλογος

### 7.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη την αύξηση του αστικού πληθυσμού και συνεπώς την αύξηση του πλήθους των οχημάτων, την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αποφέρει, καθώς και την επιρροή του παράγοντα χρόνου στις σύγχρονες κοινωνίες, η διαδικασία αναζήτησης και ανεύρεσης χώρου στάθμευσης των οχημάτων αποτελεί σημαντικό κοινωνικό και οικονομικό ζήτημα. Η υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας προσφέρει αξιόπιστες λύσεις, μέσω μίας έξυπνης εφαρμογής διαχείρισης των διαθέσιμων χώρων στάθμευσης, η οποία έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, ενισχύοντας έτσι τις πρωτοβουλίες για την ανάπτυξη έξυπνων πόλεων.

Το mobile crowdsourcing αποτελεί έναν δημοφιλή μηχανισμό για την υλοποίηση εφαρμογών οι οποίες εκμεταλλεύονται μεγάλο όγκο δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, για τη βελτίωση της ποιότητας της καθημερινής ζωής. Η πλατφόρμα “ParkIT”, που δημιουργήθηκε στα πλαίσια του συγκεκριμένου εγχειρήματος, βασίζεται σε crowdsourcing τεχνικές, ώστε οι οδηγοί να συνεισφέρουν με τα δεδομένα τους στην ποιότητα της υπηρεσίας, με αποτέλεσμα να μπορούν να επωφεληθούν από το σύστημα και να αλλάξουν δυναμικά την υπάρχουσα κατάσταση σχετικά με την ανεύρεση χώρων στάθμευσης για τα οχήματά τους.

Τα ποιοτικά οφέλη της εφαρμογής “ParkIT” περιλαμβάνουν τη βελτιστοποίηση της κυκλοφοριακής ροής των οχημάτων στους δρόμους, την ευκολότερη πρόσβαση στους διαθέσιμους χώρους στάθμευσης και την ελάττωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Στα ποσοτικά οφέλη περιλαμβάνονται, η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, ένα οικονομικά βιωσιμότερο οικοσύστημα μεταφορών καθώς και η άνθηση της επιχειρηματικής οικονομίας, μέσα από ένα συντονισμένο crowdsourced σύστημα.

### 7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις/βελτιώσεις

Η εφαρμογή που παρουσιάστηκε αποτελεί την πρώτη έκδοση της (ParkIT v1.0). Συνεχώς όμως θα προκύπτουν ιδέες για νέα χαρακτηριστικά και δυνατότητες που θα μπορούσαν να προστεθούν στις ήδη υπάρχουσες ώστε η εφαρμογή να γίνει ακόμα πιο φιλική

και λειτουργική. Επιπλέον, ο προγραμματιστής έχει το χρέος να διορθώνει τα σφάλματα που προκύπτουν κατά τη χρήση της εφαρμογής και να παρέχει τις απαραίτητες αναβαθμίσεις όποτε αυτό είναι απαραίτητο.

Η υλοποίηση της εφαρμογής και σε άλλες πλατφόρμες με διαφορετικό λειτουργικό σύστημα (Android) βρίσκεται στην κορυφή της λίστας με τις επεκτάσεις που κρίνεται απαραίτητο να γίνουν. Και αυτό συμβαίνει διότι, μία εφαρμογή που βασίζεται στη μαζική συνεισφορά και αλληλεπίδραση των χρηστών δεν μπορεί να περιορίζεται μόνο στο ποσοστό των οδηγών που έχουν στην κατοχή τους μόνο μία συγκεκριμένη μάρκα κινητού τηλεφώνου.

Η ενσωμάτωση ενός φιλικού και εύχρηστου συστήματος κράτησης θέσεων και ηλεκτρονικής πληρωμής, αποτελεί δεύτερο στόχο στη λίστα των βελτιωτικών κινήσεων του συστήματος. Προκειμένου η εφαρμογή να ενταχθεί στην καθημερινότητα του κάθε οδηγού, θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να περατώνει γρήγορα και απλά, διαδικασίες που κατά κοινή ομολογία των χρηστών, χαρακτηρίζονται ως βαρετές, κουραστικές και χρονοβόρες.

Μία επιπλέον βελτίωση, ως προς τον τρόπο λειτουργίας, είναι η εγγραφή στο σύστημα, με τη χρήση του κωδικού IMEI, της εκάστοτε συσκευής. Ο κωδικός αυτός που ορίζεται από τον κατασκευαστή, βρίσκεται σε κάθε κινητή συσκευή και είναι μοναδικός. Η προτεινόμενη αναβάθμιση του συστήματος θα παρέχει τη δυνατότητα μιας επιπλέον σημαντικής βελτίωσης της αποδοτικότητας του, καθώς κάθε λογαριασμός θα ήταν ρητά συνδεδεμένος με μία συσκευή. Με τον τρόπο αυτό θα ελαχιστοποιούνταν οι περιπτώσεις όπου κάποιος χρήστης, εκμεταλλευόμενος την προσφορά των πέντε Credits κατά τη δημιουργία νέου λογαριασμού, θα δημιουργούσε συνεχώς καινούριους, με σκοπό την μονομερή απόσπαση πληροφοριών από το σύστημα.

Η βελτιστοποίηση εξαγωγής αποτελεσμάτων σχετικά με τις ελεύθερες θέσεις στάθμευσης θα βοηθούσε ιδιαίτερα στην παροχή εγκυρότερων πληροφοριών. Ο στόχος αυτός μπορεί να επιτευχθεί, με την προσθήκη επιπλέον πληροφοριών που αφορούν τις προβαλλόμενες θέσεις, όπως για παράδειγμα την ακριβή ώρα αποδέσμευσης μιας θέσης, καθώς και το μέγεθος του αυτοκινήτου που αποδέσμευσε τη θέση. Με τη συγκεκριμένη βελτίωση ο οδηγός θα έχει τη δυνατότητα, να αντιλαμβάνεται μόνος του την πιθανότητα να βρεί τη θέση διαθέσιμη, και άν η θέση αυτή καλύπτει ικανοποιητικά τις διαστάσεις του οχήματος του.

Τέλος, η δημιουργία ενός ενσωματωμένου συστήματος, ικανού να διαχειρίζεται και να πραγματοποιεί την ίδια διαδικασία που αναλύθηκε στην εφαρμογή “ParkIT”, αυτόματα, θα μπορούσε εύκολα να επιλύσει κάθε πρόβλημα, που σχετίζεται με την ανεύρεση θέσεως στάθμευσης. Η βελτίωση αυτή θα δώσει τη δυνατότητα στο σύστημα να αντιλαμβάνεται την κατάσταση του οχήματος στο οποίο είναι συνδεδεμένο, και να τροφοδοτεί τη βάση δεδομένων με πληροφορίες, αξιοποιώντας τον ανθρώπινο παράγοντα έμμεσα, και όχι άμεσα. Παρόλο που η υλοποίηση ενός τέτοιου εγχειρήματος θα συναντούσε αρκετά προβλήματα, όπως η συμβατότητα, η διαδικτυακή εικοινωνία και το «λεπτό» ζήτημα της διασφάλισης των προσωπικών δεδομένων, δεν είναι προφανές ότι θα λειτουργούσε με πολύ υψηλά ποσοστά επιτυχίας.

## Βιβλιογραφία

- [1] IBM. "Έκθεση Smarter Cities Challenge, Αθήνα, Ελλάδα", 2015. Available: <https://www.smartercitieschallenge.org/assets/cities/athens-greece/documents/athens-greece-full-report-2015-greek.pdf>
- [2] Why Car Parking Is Important by Witrafi, 05 Apr 2017. Available: <http://witrafi.com/why-car-parking-is-important>
- [3] BEGON, C., and E. GANTELET. "The impact of car parking policies on greenhouse gas emissions." *EUROPEAN TRANSPORT CONFERENCE 2008; PROCEEDINGS*. 2008.
- [4] Margreiter, Martin, Foteini Orfanou, and Philipp Mayer. "Determination of the parking place availability using manual data collection enriched by crowdsourced in-vehicle data." *Transportation Research Procedia* 25 (2017): 497-510.
- [5] Yan, Tingxin, et al. "CrowdPark: A crowdsourcing-based parking reservation system for mobile phones." *University of Massachusetts at Amherst Tech. Report* (2011).
- [6] Zambonelli, Franco. "Pervasive urban crowdsourcing: Visions and challenges." *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops)*, 2011 IEEE International Conference on. IEEE, 2011.
- [7] Τσαρχόπουλος, Παναγιώτης. *Ευφρείς πόλεις: τεχνολογίες, αρχιτεκτονικές και διακυβέρνηση του ψηφιακού χώρου*. Diss. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Πολυτεχνική. Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, 2013.
- [8] Brabham, Daren C. "Crowdsourcing as a model for problem solving: An introduction and cases." *Convergence* 14.1 (2008): 75-90.
- [9] The Wisdom of Crowds: Web Design for Crowdsourcing, March 2, 2016. Available: <http://www.smashstack.com/articles/the-wisdom-of-crowds-web-design-for-crowdsourcing>

- [10] Geiger, David, et al. "Managing the Crowd: Towards a Taxonomy of Crowdsourcing Processes." *AMCIS*. 2011.
- [11] Dimitrova, Sylvia Gueorguieva. Implementation of Crowdsourcing into Business and Innovation Strategies: A Case Study at Bombardier Transportation, Germany. Diss. École Polytechnique de Montréal, 2013.
- [12] 37 Great Examples of Crowdsourcing, March 15, 2017. Available:  
<https://www.wethinq.com/en/blog/2014/08/12/39-Great-Crowdsourcing-Examples.html>
- [13] 3 Examples Of Crowdsourcing Science. Available:  
<http://www.nextscientist.com/3-examples-crowdsourcing-science>
- [14] Santoso, Stephanie, and Andreas Kuehn. "Intelligent urbanism: Convivial living in smart cities" (2013)
- [15] Barcelona urban studies, 3 April 2011. Available:  
<http://geographyfieldwork.com/barcelona.html>
- [16] Schaffers, Hans, et al. "Smart cities and the future internet: Towards cooperation frameworks for open innovation." *The future internet* (2011): 431-446.
- [17] Komninos, Nicos, and E. Sefertzi. "Intelligent cities: R&D offshoring, Web 2.0 product development and globalisation of innovation systems." *Second Knowledge Cities Summit 2009* (2009)
- [18] Dirks, Susanne, and Mary Keeling. "A vision of smarter cities: How cities can lead the way into a prosperous and sustainable future." *IBM Institute for business Value* 8 (2009).
- [19] The City of Regina saves money with the cloud, May 10, 2016. Available:  
<https://enterprise.microsoft.com/en-us/industries/citynext/digital-cities>
- [20] Höjer, Mattias, and Josefin Wangel. "Smart sustainable cities: definition and challenges." *ICT innovations for sustainability*. Springer, Cham, 2015. 333-349.

- [21] Internet of Things (IoT) enabled Smart City, March 27, 2015. Available:  
<http://amarnaik.com/2015/03/27/internet-of-things-iot-enabled-smart-city>
- [22] Shoup, Donald C. "Cruising for parking." *Transport Policy* 13.6 (2006): 479-486.
- [23] Shoup, Donald C. *The high cost of free parking*. Vol. 206. Chicago: Planners Press, 2005.
- [24] Ayala, Daniel, et al. "Parking slot assignment games." Proceedings of the 19th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems. ACM, 2011.
- [25] Kokolaki, Evangelia, Merkouris Karaliopoulos, and Ioannis Stavrakakis. "Value of information exposed: wireless networking solutions to the parking search problem." *Wireless On-Demand Network Systems and Services (WONS), 2011 Eighth International Conference on*. IEEE, 2011.
- [26] Woods, Eric, and Noah Goldstein. "Navigant Research Leaderboard Report: Smart City Suppliers." Assessment of strategy and execution for 15 smart city suppliers. 2014.
- [27] Medagliani, Paolo, et al. "Bringing ip to low-power smart objects: The smart parking case in the CALIPSO project." Internet of Things Applications-From Research and Innovation to Market Deployment. The River Publishers Series in Communications (2014): 287-313.
- [28] GROWING SUSTAINABLE, January 14 2013. Available:  
<http://gsvcap.com/wp/sustainability/growing-sustainable>
- [29] Chandrahasan, Minla, et al. "Survey on Different Smart Parking Techniques."
- [30] Xia, Feng, et al. "Internet of things." *International Journal of Communication Systems* 25.9 (2012): 1101.
- [31] Kopetz, Hermann. "Internet of things." *Real-time systems*. Springer US, 2011. 307-323.

- [32] Wortmann, Felix, and Kristina Flüchter. "Internet of things." *Business & Information Systems Engineering* 57.3 (2015): 221-224.
- [33] THE INTERNET OF THINGS. Available:  
<https://www.ncta.com/positions/internet-of-things>
- [34] Smart Parking Systems, Sensor and Communications Hardware, Software, Services, and Smart City Applications: Global Market Analysis and Forecasts, 1Q 2017. Available: <https://www.navigantresearch.com/research/smart-parking-systems>
- [35] Jog, Yatin, et al. "Understanding smart and automated parking technology." *Int. J. u-e-Serv. Sci. Technol* 8 (2015): 251-262.
- [36] Lu, Rongxing, et al. "SPARK: A new VANET-based smart parking scheme for large parking lots." *INFOCOM 2009, IEEE*. IEEE, 2009.
- [37] ParkMe Parking By INRIX, Inc., May 30, 2017. Available:  
<https://itunes.apple.com/us/app/parkme-parking/id417605484?mt=8>
- [38] ParkU – the Parking App. Parking made simple. By parku, May 31, 2017. Available:  
<https://itunes.apple.com/us/app/parku-the-parking-app-parking-made-simple/id588223618?mt=8>
- [39] Parkarr By Parkarr LLC, May 24, 2017. Available:  
<https://itunes.apple.com/us/app/parkarr/id1061745625?mt=8>
- [40] Parkopedia Parking By Parkopedia Ltd, Feb 10, 2017. Available:  
<https://itunes.apple.com/us/app/parkopedia-parking/id409340361?mt=8>
- [41] PARKGURU - FREE PARKING APP By ParkGuru, 2 Jan 2017. Available:  
<https://itunes.apple.com/gr/app/parkguru-free-parking-app/id1198244304?l=el&mt=8>
- [42] Use-case analysis, 25 November 2016. Available:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Use-case\\_analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Use-case_analysis)



- [43] Ramakrishnan Gehrke. “Συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων”. Εκδόσεις Τζιόλα. P.25.2014
- [44] Μανώλης Γιακουμάκης, Νίκος Διαμαντίδης. “Τεχνολογία Λογισμικού”. Εκδόσεις Σταμούλη, Μάρτιος 2009. p.207,255.
- [45] Apple Inc., iOS Technology Overview, 2014-09-17. Available:  
[https://developer.apple.com/library/content/documentation/Miscellaneous/Conceptual/iPhoneOSTechOverview/Introduction/Introduction.html#//apple\\_ref/doc/uid/TP40007898-CH1-SW1](https://developer.apple.com/library/content/documentation/Miscellaneous/Conceptual/iPhoneOSTechOverview/Introduction/Introduction.html#//apple_ref/doc/uid/TP40007898-CH1-SW1)
- [46] COCOAPODS. Available: <https://cocoapods.org>
- [47] Apple Inc.,UIKit Framework. Available:  
<https://developer.apple.com/documentation/uikit>
- [48] Apple Inc.,Foundation Framework. Available:  
<https://developer.apple.com/documentation/foundation>
- [49] Apple Inc., MapKit Framework. Available:  
<https://developer.apple.com/documentation/mapkit>
- [50] Apple Inc., Core Location Framework. Available:  
<https://developer.apple.com/documentation/corelocation>
- [51] Github Inc., Alamofire Framework. Available:  
<https://github.com/Alamofire/Alamofire>
- [52] Github Inc., Alamofire Framework License. Available:  
<https://github.com/Alamofire/Alamofire/blob/master/LICENSE>
- [53] Crockford, Douglas. "The application/json media type for javascript object notation (json)." (2006).
- [54] Nurseitov, Nurzhan, et al. "Comparison of JSON and XML Data Interchange Formats: A Case Study." Caine 2009 (2009): 157-162.

[55] PHP documentation. Available: <https://www.w3schools.com/php/>

[56] Understanding Cookies and Sessions. Available:  
<http://www.lassosoft.com/Tutorial-Understanding-Cookies-and-Sessions>

[57] Στέφανου Γκρίτζαλη, Σωκράτη Κ. Κάτσικα, Δημήτρη Γκρίτζαλη. “Ασφάλεια δικτύων Υπολογιστών”. Εκδόσεις Παπασωτηρίου. p.120.