



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ
ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΓΙΑ ΕΥΡΕΣΗ ΧΩΡΟΥ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΕ ΠΟΛΥΣΥΧΝΑΣΤΑ ΜΕΡΗ**

του ΚΑΡΑΜΙΝΤΖΙΟΥ ΜΑΡΙΟΥ – ΙΩΑΝΝΗ

Επιβλέπων:

Αγγελίδης Παντελής, Καθηγητής

Κοζάνη, Οκτώβριος 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ
ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΓΙΑ ΕΥΡΕΣΗ ΧΩΡΟΥ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΕ ΠΟΛΥΣΥΧΝΑΣΤΑ ΜΕΡΗ**

του ΚΑΡΑΜΙΝΤΖΙΟΥ ΜΑΡΙΟΥ – ΙΩΑΝΝΗ

Επιβλέπων:

Αγγελίδης Παντελής, Καθηγητής

Κοζάνη, Οκτώβριος 2021

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΓΙΑ ΕΥΡΕΣΗ ΧΩΡΟΥ
ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΕ ΠΟΛΥΣΥΧΝΑΣΤΑ ΜΕΡΗ

Τίτλος: “Σχεδιασμός και ανάπτυξη εφαρμογής για βελτιστοποίηση διαδρομής για εύρεση χώρου στάθμευσης σε πολυσύχναστα μέρη”

Περιγραφή: Διπλωματική εργασία στα πλαίσια των σπουδών για την απόκτηση του Διπλώματος που απονέμει το Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας με τίτλο “Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών”

Λέξεις κλειδιά: έξυπνο πάρκινγκ, Google Maps, συμβολική ευφυΐα, crowdsourcing, Android, Flutter, χρήσιμες εφαρμογές, αποφυγή συμφόρησης

Δημιουργός: Καραμίντζιος Μάριος Ιωάννης

Ημερομηνία δημιουργίας: 01-06-2021

Έτος έκδοσης: 2021

Χώρα έκδοσης: GR

Γλώσσα κειμένου: Ελληνικά

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

Εγκρίθηκε .../.../2021 από Εξεταστική Επιτροπή αποτελούμενη από τους:

Όνοματεπώνυμο:

Βαθμίδα:

Υπογραφή:

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή της διπλωματικής μου, κύριο Αγγελίδα Παντελή, για την καθοδήγηση και την βοήθειά του, όπως επίσης και τον υποψήφιο Διδάκτορα Μπονότη Παναγιώτη, ο οποίος συνέβαλε καθοριστικά στην ολοκλήρωση της εργασίας.

Επιπλέον, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου οι οποίοι στάθηκαν δίπλα μου καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών, στο θείο μου για τη φιλολογική του επιμέλεια και ειδικότερα στους φίλους μου για την διαρκή τους υποστήριξη και τα κίνητρα που μου παρείχαν.

Κοζάνη, Ιούνιος 2021
Καραμίντζιος Μάριος Ιωάννης

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

“Σχεδιασμός και ανάπτυξη εφαρμογής για βελτιστοποίηση διαδρομής για εύρεση χώρου στάθμευσης σε πολυσύχναστα μέρη”

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. **Αγγελίδη Παντελή**, 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 © Καραμίντζιος Μάριος Ιωάννης, Αγγελίδης Παντελής, 2021, Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή



Περίληψη

Στη σύγχρονη εποχή με τα εξελιγμένα τεχνολογικά μέσα ζητούμενο αποτελεί η αναβάθμιση της ποιότητας ζωής ειδικά στα αστικά κέντρα, όπου η μεγάλη κυκλοφορία των οχημάτων δημιουργεί πολυποίκιλα προβλήματα και ως ένα από αυτά είναι η εύρεση κατάλληλων και διαθέσιμων χώρων στάθμευσης κυρίως σε πολυσύχναστα μέρη. Το πρόβλημα συνεχώς οξύνεται αφού οι τρέχοντες μη διαχειριζόμενοι χώροι πάρκινγκ καθιστούν δύσκολη την προσαρμογή του αυξανόμενου αριθμού οχημάτων με κατάλληλο και βολικό τρόπο, έτσι ώστε είναι αδήριτη ανάγκη να υπάρχει ένα αποτελεσματικό και έξυπνο σύστημα στάθμευσης. Όσο ο άνθρωπος χρειάζεται τα οχήματα και ο πληθυσμός έχει την τάση να αστικοποιείται, αυτό θα φέρει την κυκλοφοριακή επιδείνωση σε πολλές χώρες σε συνάρτηση με τις ανάγκες που προκύπτουν από την τεχνολογική ανάπτυξη.

Αν και υπάρχουν σήμερα πολλαπλές εφαρμογές σε κινητά τηλέφωνα με στόχο την ανεύρεση χώρων στάθμευσης, ο τρόπος αλληλεπίδρασης με το χρήστη δεν είναι βέλτιστος. Ταυτόχρονα, στα πλαίσια τρόπου λειτουργίας των 'έξυπνων πόλεων' έχουν εγκατασταθεί έξυπνοι αισθητήρες σε εμπορικά κέντρα, αεροδρόμια και περιοχές στις οποίες σημειώνεται μεγάλη κίνηση, παρέχοντας πολλές σημαντικές πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απλοποίηση της καθημερινότητας ενός οδηγού.

Επομένως, στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύχθηκε μια εφαρμογή που αναφέρει την πιθανότητα της επιλεγμένης περιοχής να έχει διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης και θα αποτυπώνει τη διαδρομή στους χάρτες με μεγάλη ακρίβεια. Για την επίτευξη αυτού του στόχου θα εκμεταλλευτούμε την αλληλεπίδραση χρηστών με την εφαρμογή, την πλατφόρμα Maps της Google, όπως επίσης και τη συμβολική ευφυΐα. Το σύστημα θα αναφέρει τις περιοχές που έχουν υψηλή πιθανότητα εύρεσης θέσεων πάρκινγκ για αποφυγή μεγάλης συμφόρησης και θα υπάρχει εξιδανίκευση για κάθε χρήστη με βάση τις προτιμήσεις του. Το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα είναι η εύκολη εύρεση θέσης στάθμευσης σε περιοχές ενδιαφέροντος, η αποφυγή της κίνησης και σπατάλης χρόνου, η αρκετά μεγάλη μείωση ρύπων προς το περιβάλλον και τέλος η απλοποίηση μιας αγχώδους δραστηριότητας, συμβάλλοντας έτσι στην αναβάθμιση της ποιότητας της ζωής των ανθρώπων.

Λέξεις - κλειδιά: έξυπνο πάρκινγκ, Google Maps, συμβολική ευφυΐα, crowdsourcing, Android, Flutter, χρήσιμες εφαρμογές, αποφυγή συμφόρησης

Abstract

In modern times, with the advanced technological means, the aim is to upgrade the quality of life, especially in urban centers, where heavy traffic creates various problems and one of those is to find suitable and available parking spaces, mainly in busy places. The problem is constantly exacerbated as the current unmanaged parking spaces make it difficult to adapt the growing number of vehicles in a convenient way, so there is an urgent need for an efficient and intelligent parking system. As long as people need vehicles and population tends to be urbanized, it will bring traffic deterioration in many countries depending on the needs arising from technological development.

Although there are currently many applications on mobile phones aimed at finding parking spaces, the interaction with the users is not the best. At the same time, in the context of operation of 'smart cities', smart sensors have been installed in shopping malls, airports and areas where there is heavy traffic, providing a lot of important information that can be used to simplify the daily life of a driver.

Therefore, in the present dissertation, an application was developed indicating the likelihood that the selected area will have parking spaces available and will show directions on the map with great accuracy. To achieve this, we will take advantage of user interaction with the application, Google Maps platform, as well as symbolic intelligence. The system will list the areas that have a high probability of finding parking spaces to avoid heavy congestion and there will be a tailor-made experience for each user based on personal preference. The desired result is the facile discovery of parking space in places of interest, congestion and waste of time avoidance, large reduction of pollutants towards the environment and finally simplification of a stressful activity, thus contributing to improving the quality of life.

Keywords: smart parking, Google Maps, Symbolic Intelligence, Crowdsourcing, Android, Flutter, Useful applications, Congestion avoidance

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΓΙΑ ΕΥΡΕΣΗ ΧΩΡΟΥ
ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΕ ΠΟΛΥΣΥΧΝΑΣΤΑ ΜΕΡΗ

Πίνακας Περιεχομένων

| | |
|--|----|
| Ευχαριστίες..... | 6 |
| Περίληψη..... | 9 |
| Πίνακας Περιεχομένων..... | 12 |
| Κατάλογος Εικόνων..... | 14 |
| Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή..... | 17 |
| 1.1 Το πρόβλημα της στάθμευσης..... | 17 |
| 1.2 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας..... | 18 |
| 1.3 Δομή της διπλωματικής εργασίας..... | 19 |
| Κεφάλαιο 2 – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση..... | 21 |
| 2.1 Αναζήτηση θέσης στάθμευσης και έξυπνο Parking..... | 21 |
| 2.1.1 Αναζήτηση θέσης στάθμευσης και σχετικές μελέτες..... | 21 |
| 2.1.2 Η έννοια του έξυπνου Parking..... | 24 |
| 2.2 Έξυπνες πόλεις και Crowdsourcing..... | 26 |
| 2.2.1 Τάσεις προς τη δημιουργία έξυπνων πόλεων..... | 26 |
| 2.2.2 Εφαρμογές των έξυπνων πόλεων..... | 27 |
| 2.2.3 Περιληπτικά για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things)..... | 30 |
| 2.2.4 Τι είναι το Crowdsourcing..... | 32 |
| 2.2.5 Εφαρμογές Crowdsourcing και η αποτελεσματικότητά του ως μοντέλο..... | 33 |
| 2.3 Η σημασία της κινητικότητας..... | 36 |
| 2.4 Τεχνητή Νοημοσύνη..... | 38 |
| 2.4.1 Η έννοια της Τεχνητής Νοημοσύνης..... | 38 |
| 2.4.2 Συμβολική Ευφυΐα..... | 39 |
| Κεφάλαιο 3 – Μεθοδολογική Προσέγγιση..... | 41 |
| 3.1 Εύρεση πάρκινγκ με τη χρήση έξυπνων εφαρμογών..... | 41 |
| 3.2 Αναφορά σε σχετικές εφαρμογές έξυπνου Parking..... | 41 |
| Κεφάλαιο 4 – Σχεδιασμός και υλοποίηση της εφαρμογής..... | 48 |
| 4.1 Περιγραφή απαιτήσεων..... | 48 |
| 4.1.1 Περιγραφή Χρηστών..... | 49 |
| 4.1.2 Παράμετροι χρηστικότητας..... | 49 |
| 4.1.3 Σενάρια χρήσης..... | 50 |
| 4.2 Περιγραφή της εφαρμογής “ParkEZ”..... | 56 |

| | |
|--|----|
| 4.3 Ανάλυση τεχνολογικών όρων και εργαλεία..... | 59 |
| 4.3.1 Λειτουργικό σύστημα Android..... | 60 |
| 4.3.2 Android Studio & Visual Studio Code..... | 63 |
| 4.3.3 Flutter & Dart..... | 65 |
| 4.3.4 Βιβλιοθήκες εφαρμογής..... | 66 |
| 4.3.5 Google Maps..... | 68 |
| 4.3.6 Google Firebase..... | 69 |
| 4.4 Στοιχεία εφαρμογής έξυπνου πάρκινγκ..... | 70 |
| 4.4.1 Μοντέλο Crowdsourcing..... | 70 |
| 4.4.2 Εμφάνιση κυκλοφοριακής συμφόρησης..... | 70 |
| 4.4.3 Υπολογισμός πιθανότητας εύρεσης πάρκινγκ..... | 71 |
| 4.4.4 Δυνατότητα αποθήκευσης θέσεων..... | 71 |
| 4.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά..... | 72 |
| Κεφάλαιο 5 – Παρουσίαση και χρήση “ParkEZ”..... | 73 |
| 5.1 Εκκίνηση εφαρμογής – Αρχική σελίδα..... | 73 |
| 5.2 Σύνδεση – Εγγραφή χρηστών..... | 74 |
| 5.3 Βασική οθόνη και χάρτης..... | 79 |
| 5.3.1 Εμφάνιση δημοσίων και επαγγελματικών πάρκινγκ..... | 83 |
| 5.3.2 Λειτουργία εύρεσης πάρκινγκ..... | 84 |
| 5.3.3 Λειτουργία εμφάνισης κυκλοφοριακής συμφόρησης..... | 88 |
| 5.4 Εμφάνιση πιθανότητας εύρεσης χώρου στάθμευσης..... | 89 |
| 5.5 Λειτουργία υπενθύμισης κατοχυρωμένου πάρκινγκ..... | 91 |
| Κεφάλαιο 6 – Επίλογος..... | 96 |
| 6.1 Συμπεράσματα..... | 96 |
| 6.2 Μελλοντικές προτάσεις/βελτιώσεις..... | 97 |
| Βιβλιογραφία..... | 99 |

Κατάλογος Εικόνων

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1: Αποτελέσματα μελετών σχετικά με το Cruising for Parking | 22 |
| Εικόνα 2: Σενάριο χρήσης έξυπνου Parking..... | 25 |
| Εικόνα 3: Στοιχεία των έξυπνων πόλεων..... | 29 |
| Εικόνα 4: Διάγραμμα ανάπτυξης του IoT..... | 31 |
| Εικόνα 5: Το Crowdsourcing | 33 |
| Εικόνα 6: Παράμετροι επαρκούς αστικής κινητικότητας..... | 38 |
| Εικόνα 7: Αρχική οθόνη ParkAround..... | 43 |
| Εικόνα 8: Εύρεση πάρκινγκ ParkAround | 43 |
| Εικόνα 9: Εύρεση πάρκινγκ EasyPark..... | 44 |
| Εικόνα 10: Λειτουργία δυσκολίας εύρεσης πάρκινγκ EasyPark | 44 |
| Εικόνα 11: Αρχική οθόνη JustPark..... | 45 |
| Εικόνα 12: Εύρεση πάρκινγκ JustPark | 46 |
| Εικόνα 13: Εύρεση πάρκινγκ Parkopedia..... | 47 |
| Εικόνα 14: Εμφάνιση κυκλοφοριακής συμφόρησης σε πραγματικό χρόνο | 52 |
| Εικόνα 15: Οδηγίες προς την περιοχή ενδιαφέροντος..... | 52 |
| Εικόνα 16: Εμφάνιση διαθέσιμων χώρων πάρκινγκ..... | 53 |
| Εικόνα 17: Αποθηκευμένες τοποθεσίες πάρκινγκ | 54 |
| Εικόνα 18: Πιθανότητα εύρεσης στάθμευσης στην επιλεγμένη τοποθεσία | 55 |
| Εικόνα 19: Εμφάνιση τοποθεσίας σταθμευμένου αυτοκινήτου | 56 |
| Εικόνα 20: Οθόνη εκκίνησης..... | 57 |
| Εικόνα 21: Αρχική οθόνη..... | 57 |
| Εικόνα 22: Οθόνη σύνδεσης χρήστη | 58 |
| Εικόνα 23: Οθόνη εγγραφής χρήστη | 58 |
| Εικόνα 24: Κεντρική οθόνη συστήματος..... | 59 |
| Εικόνα 25: Η διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική του Android..... | 62 |
| Εικόνα 26: Επιλογή γλώσσας προγραμματισμού στο Visual Studio Code | 64 |
| Εικόνα 27: Λογότυπο εφαρμογής ParkEZ | 73 |
| Εικόνα 28: Αρχική οθόνη εφαρμογής..... | 74 |
| Εικόνα 29: Οθόνη εκκίνησης εφαρμογής | 74 |
| Εικόνα 30: Οθόνη σύνδεσης εφαρμογής | 75 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 31: Οθόνη ανάκτησης λογαριασμού..... | 75 |
| Εικόνα 32: Επιτυχής σύνδεση στο σύστημα..... | 76 |
| Εικόνα 33: Λανθασμένη εισαγωγή e-mail | 76 |
| Εικόνα 34: Λανθασμένη εισαγωγή κωδικού..... | 76 |
| Εικόνα 35: Οθόνη εγγραφής χρήστη | 77 |
| Εικόνα 36: Εισαγωγή ήδη υπάρχοντος e-mail..... | 78 |
| Εικόνα 37: Επιτυχής εγγραφή στο σύστημα..... | 78 |
| Εικόνα 38: Οι κωδικοί διαφέρουν..... | 78 |
| Εικόνα 39: Αρχική οθόνη συνδεδεμένου χρήστη | 79 |
| Εικόνα 40: Απαίτηση άδειας χρήσης τοποθεσίας..... | 80 |
| Εικόνα 41: Άρνηση της άδειας χρήσης τοποθεσίας..... | 80 |
| Εικόνα 42: Βασική οθόνη εφαρμογής | 81 |
| Εικόνα 43: Εμφάνιση συρόμενου μενού..... | 82 |
| Εικόνα 44: Εμφάνιση φίλτρων χάρτη | 82 |
| Εικόνα 45: Αλλαγή κατάστασης ελεγκτή πλοήγησης..... | 83 |
| Εικόνα 46: Εμφάνιση χώρων πάρκινγκ | 84 |
| Εικόνα 47: Τοποθεσία χρήστη εντός της περιοχής..... | 85 |
| Εικόνα 48: Τοποθεσία χρήστη εκτός της περιοχής..... | 85 |
| Εικόνα 49: Δημιουργία γραμμών πλοήγησης | 86 |
| Εικόνα 50: Απώλεια περιοχής πλοήγησης..... | 87 |
| Εικόνα 51: Απόπειρα πάρκινγκ δίχως περιοχή | 87 |
| Εικόνα 52: Ερώτηση επιτυχημένης ή αποτυχημένης στάθμευσης..... | 88 |
| Εικόνα 53: Εμφάνιση κυκλοφοριακής συμφόρησης | 89 |
| Εικόνα 54: Ανεπαρκή στοιχεία για υπολογισμό πιθανότητας..... | 90 |
| Εικόνα 55: Εμφάνιση πιθανότητας εύρεσης πάρκινγκ..... | 91 |
| Εικόνα 56: Εμφάνιση τελευταίας τοποθεσίας πάρκινγκ..... | 92 |
| Εικόνα 57: Υπολογισμός διαδρομής για το σταθμευμένο όχημα..... | 93 |
| Εικόνα 58: Μήνυμα λάθους εάν δεν υπάρχει τελευταία θέση πάρκινγκ..... | 93 |
| Εικόνα 59: Αποθηκευμένα πάρκινγκ από το χρήστη..... | 94 |
| Εικόνα 60: Τρόπος αποθήκευσης θέσης πάρκινγκ | 95 |

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

Ο υπερπληθυσμός και η τάση αστικοποίησης των ανθρώπων στις μεγάλες πόλεις οδηγεί στη συσσώρευση οικονομικής δύναμης, εφόσον αυτές προσφέρουν τις πιο πρωτοποριακές τεχνολογικές εξελίξεις και καινοτομίες, όπως και μια πληθώρα ευκαιριών εργασιακής αποκατάστασης. Αυτό όμως έρχεται σε άμεση αντίφαση με τις σημαντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν, οι οποίες καθίστανται κρίσιμες για την εύρυθμη λειτουργία των βασικών υποδομών των πόλεων. Ως εκ τούτου, μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις αποτελεί η εύρεση χώρου στάθμευσης, μία καθημερινή αγχώδης δραστηριότητα στην οποία καλούνται να συμμετάσχουν οι οδηγοί.

1.1 Το πρόβλημα της στάθμευσης

Ο αριθμός οχημάτων έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια με γνώμονα την κάλυψη των αναγκών του πληθυσμού για μετακίνηση, με αποτέλεσμα να υπάρχει περισσότερο από ποτέ η ανάγκη εύρεσης θέσεων στάθμευσης. Ο όρος εύρεση θέσης στάθμευσης για ένα όχημα υποδεικνύει την διαδικασία απομάκρυνσης ενός οχήματος από ένα οδικό δίκτυο και την ακινητοποίησή του σε ιδιωτικό ή ελεύθερο χώρο. Η διάθεση των ανθρώπων να εγκαθίστανται σε μεγάλες πόλεις οξύνει το συγκεκριμένο πρόβλημα, το οποίο εντοπίζεται σε ευρεία κλίμακα σε μεγάλα αστικά κέντρα, όπου η πυκνότητα των αυτοκινήτων είναι σαφώς υψηλότερη σε σύγκριση με την επαρχία.

Επιπλέον, το πάρκινγκ συντονίζει τη χρήση εκτάσεων γης, τη συγκοινωνία σε αστικές περιοχές, και είναι μια πηγή εισοδήματος. Οι Manville και Shoup [1] εξέτασαν το ποσοστό των συνολικών χώρων στάθμευσης στην κεντρική επιχειρηματική περιοχή διαφόρων πόλεων. Κατά μέσο όρο, η κάλυψη πάρκινγκ καλύπτει το 31% της χρήσης γης σε μεγάλες πόλεις, όπως το Σαν Φρανσίσκο, και ακόμη περισσότερο, το 81% στο Λος Άντζελες και το 76% στη Μελβούρνη, ενώ στην άλλη μεριά των στατιστικών βρίσκουμε τη Νέα Υόρκη (18%), το Λονδίνο (16%) και το Τόκιο (7%). Το εξαιρετικά υψηλό ποσοστό πυκνότητας κάλυψης γης από θέσεις πάρκινγκ δυσχεραίνει τις δημόσιες συγκοινωνίες και αποτελεί περιορισμό στην αστική ανάπτυξη.

Σημαντικό κομμάτι της διαδικασίας εύρεσης πάρκινγκ αποτελεί η ανίχνευση χώρων που διευκολύνουν την ποιότητα ζωής των πολιτών, μειώνοντας έτσι και τον εκνευρισμό των οδηγών. Σε πυκνοδομημένα αστικά κέντρα, ο αριθμός ελεύθερων θέσεων στους δρόμους είναι περιορισμένος και ανακυκλώνεται αμέσως μετά την αναχώρηση κάποιου αυτοκινήτου, κάτι το

οποίο δυσχεραίνει τη συγκοινωνία και την πρόσβαση σε κεντρικά σημεία των πόλεων. Πράγματι, έπειτα από μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην πόλη του Παρισιού, η προσφορά θέσεων στάθμευσης στο δρόμο μειώθηκε κατά 13% μεταξύ του διαστήματος 2010 και 2017 [2]. Αυτή η τάση μείωσης παρατηρείται και σε άλλες ευρωπαϊκές πόλεις, με αποτέλεσμα την όξυνση του προβλήματος και τον επηρεασμό της κυκλοφορίας και των οδηγών. Μία δημοσίευση στο συνέδριο της Ένωσης Ευρωπαϊκών Μεταφορών αναφέρει χαρακτηριστικά ότι το 100% των οδηγών στο Παρίσι εγκατέλειψαν κάποια στιγμή το ταξίδι τους λόγω ενοχλητικών και ατελείωτων αναζητήσεων για πάρκινγκ και ορισμένοι οδηγοί σταθμεύουν τα αυτοκίνητά τους σε μη εξουσιοδοτημένες περιοχές [3].

Είναι γεγονός αναντίρρητο ότι η αύξηση των κυκλοφορούντων οχημάτων οδηγεί στη ρύπανση της ατμόσφαιρας με οδυνηρές συνέπειες στη σωματική και ψυχική υγεία των ανθρώπων. Σύμφωνα με έρευνες [4], αναφέρεται ότι σε μια μικρή επιχειρηματική περιοχή του Λος Άντζελες, τα αυτοκίνητα που αναζητούσαν θέση στάθμευσης δημιούργησαν μέσα σε ένα χρόνο την ισοδύναμη ενεργειακή κατανάλωση 38 ταξιδιών σε όλο τον κόσμο, καίγοντας 47.000 γαλόνια βενζίνης και παράγοντας 730 τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Επίσης μία ακόμη έρευνα αποδεικνύει ότι τα συμβατικά αυτοκίνητα και τα λεωφορεία σε μια πόλη εκπέμπουν περισσότερους ρύπους από ότι αεροσκάφη μικρού και μεγάλου μεγέθους [5]. Διαφαίνεται λοιπόν ξεκάθαρα ότι η επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι απόρροια της άσκοπης αναζήτησης πάρκινγκ σε πολυσύχναστα μέρη.

1.2 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Το πρόβλημα της στάθμευσης απαιτεί καινοτόμες προτάσεις για την αντιμετώπισή του, όπως ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και ηλεκτρονικά συστήματα τοποθετημένα σε αυτοκίνητα και σε κτίρια μαζικής προσέλευσης που υποβοηθούν στη διαδικασία της στάθμευσης. Έτσι, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παροχή μιας πρόσθετης λύσης με τη δημιουργία μιας πλατφόρμας που χορηγεί όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται ένας χρήστης-οδηγός για την αποτελεσματικότερη στάθμευση του οχήματος του. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας εφαρμογής για κινητά που βασίζεται στην αλληλεπίδραση και αλληλοβοήθεια των χρηστών με αυτή, μια τεχνική η οποία είναι γνωστή ως crowdsourcing. Η κύρια ιδέα είναι η συγκέντρωση αρκετών ενεργών μελών, κάτι που θα οδηγήσει στη δημιουργία μιας δυναμικής κοινότητας από την οποία το σύστημα θα αντλεί τις απαραίτητες πληροφορίες για τη λειτουργία του. Με την αξιοποίηση

τεχνικών crowdsourcing και της βελτιστοποίησης διαδρομής που παρέχεται από το σύστημα, δημιουργείται ένα ευέλικτο μέσο για τη διευκόλυνση ενός οδηγού στον εντοπισμό και εύρεση θέσης πάρκινγκ στα αστικά δίκτυα. Καθίσταται έτσι εφικτή η αποτελεσματικότερη συλλογή δεδομένων προς όφελος του συνόλου ενεργών χρηστών. Με αυτόν τον τρόπο, η εφαρμογή μετατρέπεται σε ένα πολύτιμο εργαλείο που οδηγεί στην ελάττωση των ενεργειών του χρήστη όταν βρίσκεται στο αυτοκίνητο του και συνεπώς στην αποφυγή πιθανών κινδύνων.

1.3 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία διαρθρώνεται ως εξής:

Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από έρευνες που ανακτήθηκαν από διεθνή συνέδρια, επιστημονικά βιβλία και ημερίδες τεχνολογίας, και συγκεντρώθηκαν στα πλαίσια της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Αρχικά, γίνεται αναφορά σε έρευνες με αντικείμενο μελέτης την αναζήτηση θέσης στάθμευσης και περιγράφεται η έννοια του έξυπνου πάρκινγκ. Στη συνέχεια αναλύεται λεπτομερώς η ιδέα των έξυπνων πόλεων και κάποιων εφαρμογών τους που στοχεύουν στην επίλυση πολλαπλών προβλημάτων. Έπειτα παρουσιάζονται περιληπτικές πληροφορίες για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και ορίζονται βασικές έννοιες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της εργασίας, όπως αυτή του crowdsourcing και της κινητικότητας. Το κεφάλαιο κλείνει με την περιγραφή της τεχνητής νοημοσύνης και ενός κλάδου της, τη συμβολική ευφυΐα.

Στο Κεφάλαιο 3 παρατίθεται η μεθοδολογική προσέγγιση με προτάσεις για την επίλυση του προβλήματος της στάθμευσης. Συγκεκριμένα, προτείνεται η αναζήτηση και η ανεύρεση πάρκινγκ με τη χρήση έξυπνων εφαρμογών και γίνεται αναφορά σε σχετικές εφαρμογές που υλοποιούν μεθόδους έξυπνου Parking.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της εφαρμογής. Περιγράφονται στην αρχή οι απαιτήσεις που πρέπει να τηρούνται, οι κατηγορίες χρηστών, οι παράμετροι χρηστικότητας καθώς και κάποια ρεαλιστικά σενάρια χρήσης της εφαρμογής. Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των βασικών λειτουργιών του συστήματος μαζί με τα αντίστοιχα στιγμιότυπα οθόνης τους και ακολουθεί λεπτομερής ανάλυση των τεχνολογικών όρων και εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Τέλος παρατίθενται μερικά από τα στοιχεία της εφαρμογής που ενσωματώνουν μεθόδους έξυπνου πάρκινγκ και γίνεται καταγραφή των τεχνικών χαρακτηριστικών της.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται η παρουσίαση της εφαρμογής “ParkEZ”, με αναλυτική περιγραφή του τρόπου χρήσης της κατά την εκκίνηση, την εγγραφή χρήστη και την αναζήτηση πάρκινγκ μέσω του χάρτη. Επίσης, αναφέρεται ο τρόπος λειτουργίας της εφαρμογής ώστε να εμφανίζει την πιθανότητα εύρεσης χώρου στάθμευσης σε μια περιοχή, και στη συνέχεια γίνεται μια παρουσίαση των ρυθμίσεων και πληροφοριών που παρέχονται μέσω του συστήματος.

Τέλος το Κεφάλαιο 6 περιλαμβάνει τα τελικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα και την υλοποίηση της πλατφόρμας. Καταληκτικά, συζητούνται μελλοντικές προτάσεις για αξιοποίηση των αποτελεσμάτων, συνέχιση της διερεύνησης και προτείνονται βελτιώσεις επί του παρόντος συστήματος.

Κεφάλαιο 2 – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Με την ανάπτυξη της αυτοκινητοβιομηχανίας και του βιοτικού επιπέδου υπάρχει ραγδαία αύξηση των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στους δρόμους, με αποτέλεσμα η εύρεση κατάλληλης θέσης στάθμευσης να γίνεται ολοένα πιο απαιτητική. Η διαδικασία της αναζήτησης θέσης συνήθως είναι χρονοβόρα και αποτελεί σημαντικό πρόβλημα στα αστικά κέντρα. Γι' αυτό η ανάπτυξη μοντέλων που υλοποιούν μεθόδους έξυπνου Parking κρίνεται αναγκαία ώστε να βρεθούν λύσεις και η στάθμευση να γίνει πιο αποτελεσματική. Ακολουθεί εκτενής αναφορά στο επιστημονικό υπόβαθρο που διερευνήθηκε.

2.1 Αναζήτηση θέσης στάθμευσης και έξυπνο Parking

2.1.1 Αναζήτηση θέσης στάθμευσης και σχετικές μελέτες

Η εύρεση κατάλληλης θέσης στάθμευσης αναλύεται ως μια καθημερινή προσπάθεια των οδηγών σε πολλές πόλεις σε όλο τον κόσμο και δε χαρακτηρίζεται ευχάριστη, ενώ ο περιορισμένος αριθμός διαθέσιμων θέσεων οδηγεί στην όξυνση του προβλήματος. Η αναζήτηση θέσης στάθμευσης είναι επίσης γνωστή ως “Cruising for parking” και αναφέρεται στη διαδικασία των οδηγών όταν μετακινούνται γύρω από μια περιοχή και αναζητούν κενό χώρο στάθμευσης για το όχημά τους [6]. Οι οδηγοί που μετέχουν σε αυτή τη διαδικασία ιδίως σε πολυσύχναστα μέρη αντιμετωπίζουν σοβαρή κυκλοφοριακή συμφόρηση ενώ συγχρόνως γίνονται μέρος αυτής, επιδεινώνοντας το πρόβλημα. Αυτό το φαινόμενο προκαλείται συνήθως από τις ελεύθερες και χαμηλού κόστους θέσεις διαθέσιμες για στάθμευση σε περιοχές με μεγάλη ζήτηση, όπως στους δρόμους. Ως συνέπεια προκαλείται απώλεια χρόνου και καυσίμου και ταυτόχρονα επιβάρυνση του περιβάλλοντος και της ψυχικής σταθερότητας των οδηγών.

Η κυκλοφορία αυτοκινήτων που αναζητούν θέση στάθμευσης αποτελεί σημαντικό μερίδιο του συνολικού όγκου κίνησης μια δεδομένη χρονική στιγμή, με μέσο όρο ίσο με το 30-50% του συνολικού όγκου σε μεγάλα αστικά κέντρα ανά περιοχές του κόσμου [7]. Παρόλο που τα δεδομένα σχετικά με το πραγματικό κοινωνικό κόστος που επιβάλλει η περιπλάνηση για στάθμευση είναι σπάνια, τα υπάρχοντα στοιχεία δείχνουν ότι έχει σοβαρές οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις αστικές περιοχές λόγω του πρόσθετου χρόνου ταξιδιού που οφείλεται στη διαδικασία της αναζήτησης στάθμευσης. Εν συνεπεία, η ελάττωση του φαινομένου parking cruising και ταυτόχρονα του χρόνου αναζήτησης σε πολυσύχναστα μέρη, θα μπορούσε να συνεπάγεται σημαντική μείωση της κατανάλωσης πόρων που σπαταλούνται κατά τη διάρκεια της

αναζήτησης, όπως ο χρόνος και τα καύσιμα, ενώ θα υπήρχε ελαχιστοποίηση των εκπομπών ρύπων και θορύβου [8].

Μία ακόμη μελέτη, που πραγματοποίησε ο καθηγητής του UCLA Donald C. Shoup σε πολλές μεγάλες πόλεις σε όλο τον κόσμο, στηρίζει τα προηγούμενα δεδομένα [6]. Βάσει 16 ερευνών, ο μέσος χρόνος αναζήτησης στάθμευσης εκτιμάται ότι είναι 8,1 λεπτά, ενώ το μερίδιο των αυτοκινήτων που κάνουν parking cruising εκτιμάται ότι είναι κατά μέσο όρο το 30% του συνολικού όγκου κίνησης. Τα αποτελέσματα της μελέτης του συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (Εικ. 1). Διαφαίνεται ξεκάθαρα από τα στοιχεία ότι το Cruising for Parking επιδεινώνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση, ωστόσο αξίζει να σημειωθεί η παράλειψη ευρύτερης μελέτης του φαινομένου από ερευνητές μεταφορών σε αστικά δίκτυα.

| Year | City | Share of traffic cruising (percent) | Average search time (min) |
|---------|---------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 1927 | Detroit (1) | 19% | |
| 1927 | Detroit (2) | 34% | |
| 1933 | Washington | | 8.0 |
| 1960 | New Haven | 17% | |
| 1965 | London (1) | | 6.1 |
| 1965 | London (2) | | 3.5 |
| 1965 | London (3) | | 3.6 |
| 1977 | Freiburg | 74% | 6.0 |
| 1984 | Jerusalem | | 9.0 |
| 1985 | Cambridge | 30% | 11.5 |
| 1993 | Cape Town | | 12.2 |
| 1993 | New York (1) | 8% | 7.9 |
| 1993 | New York (2) | | 10.2 |
| 1993 | New York (3) | | 13.9 |
| 1997 | San Francisco | | 6.5 |
| 2001 | Sydney | | 6.5 |
| Average | | 30 | 8.1 |

Εικόνα 1: Αποτελέσματα μελετών σχετικά με το Cruising for Parking [6]

Η αναζήτηση για πάρκινγκ είναι ουσιαστικά μια οικονομική απόφαση. Οι θέσεις στάθμευσης στο δρόμο είναι γενικά λιγότερο δαπανηρές από το πάρκινγκ εκτός δρόμου. Έτσι, έχουν πολύ μεγαλύτερη ζήτηση λόγω της υψηλότερης ευαισθησίας των οδηγών στις τιμές. Αυτή η ζήτηση αυξάνεται περαιτέρω από τον πρόσθετο παράγοντα της προσβασιμότητας, ενθαρρύνοντας τους οδηγούς να αναζητήσουν στάθμευση στο δρόμο, ώστε να είναι πιο κοντά

στον προορισμό τους. Από την άλλη πλευρά, ο χώρος στάθμευσης εκτός δρόμου είναι πιο δαπανηρός αλλά έχει μεγαλύτερη και πιο προβλέψιμη διαθεσιμότητα, εξαλείφοντας με αυτό τον τρόπο την ανάγκη για αναμονή ή parking cruising. Αυτοί οι σχετικά απλοί κανόνες υπαγορεύουν τη λήψη αποφάσεων από τον κάθε οδηγό [9].

Στα πλαίσια έρευνας που έγινε στην Καλιφόρνια από το 2010 ως το 2012, προκύπτει το γεγονός ότι το 98% των ταξιδιών με αυτοκίνητο στη μητροπολιτική περιοχή του Λος Άντζελες ξεκινά ή τελειώνει με δωρεάν χώρο στάθμευσης [10]. Από τα αποτελέσματα διαφαίνεται ότι οι περισσότεροι οδηγοί προτιμούν να έχουν δωρεάν χώρο στάθμευσης και πληρώνουν για πάρκινγκ συνήθως αν δε βρουν θέση δίχως χρέωση. Αυτό φυσικά καταλήγει στον κορεσμό των δωρεάν θέσεων, όπως για παράδειγμα στους δρόμους, και προκαλείται σοβαρή κυκλοφοριακή συμφόρηση με τους οδηγούς να αντιμετωπίζουν την πιο δυσάρεστη κίνηση τις ώρες αιχμής. Έπειτα από μελέτη του Shourp, ο ίδιος υποστήριξε ότι το υποτιμημένο πάρκινγκ στο δρόμο αποτελεί κακή διαχείριση της αστικής γης και η τιμή του πρέπει να καθορίζεται τουλάχιστον ίση με αυτή του πάρκινγκ εκτός δρόμου ούτως ώστε να εξαλειφθεί η συμπεριφορά του parking cruising. Τόνισε επίσης άλλες επιπλοκές που πρέπει να διερευνηθούν για καλύτερη κατανόηση του parking cruising εκτός από την τιμή της στάθμευσης [6].

Τα στοιχεία που παρέχει μια μελέτη [3] φανερώνουν το σοβαρό χρονικό και κατ' επέκταση οικονομικό αντίκτυπο που έχει το φαινόμενο Cruising for parking. Στη Γαλλία, λαμβάνοντας υπόψη τις έρευνες που πραγματοποίησε η SARECO¹ σε μικρότερες πόλεις, τα στοιχεία οδηγούν σε μια εκτίμηση 70 εκατομμυρίων ωρών που δαπανήθηκαν κάθε χρόνο αναζητώντας χώρο πάρκινγκ, ο οποίος αντιπροσωπεύει περίπου 700 εκατομμύρια ευρώ χαμένα ετησίως, συμπεριλαμβανομένου του κόστους των εξωτερικοτήτων όπως ο θόρυβος και η ρύπανση. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η αναζήτηση θέσης πάρκινγκ μετατρέπεται σε μια δαπανηρή δραστηριότητα που στερεί υλικούς και άυλους πόρους από τους οδηγούς, με βλαβερές συνέπειες για το περιβάλλον και την υγεία των ανθρώπων.

¹ To Swiss-African Research Cooperation (SARECO) είναι ένα πρόγραμμα του State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI).

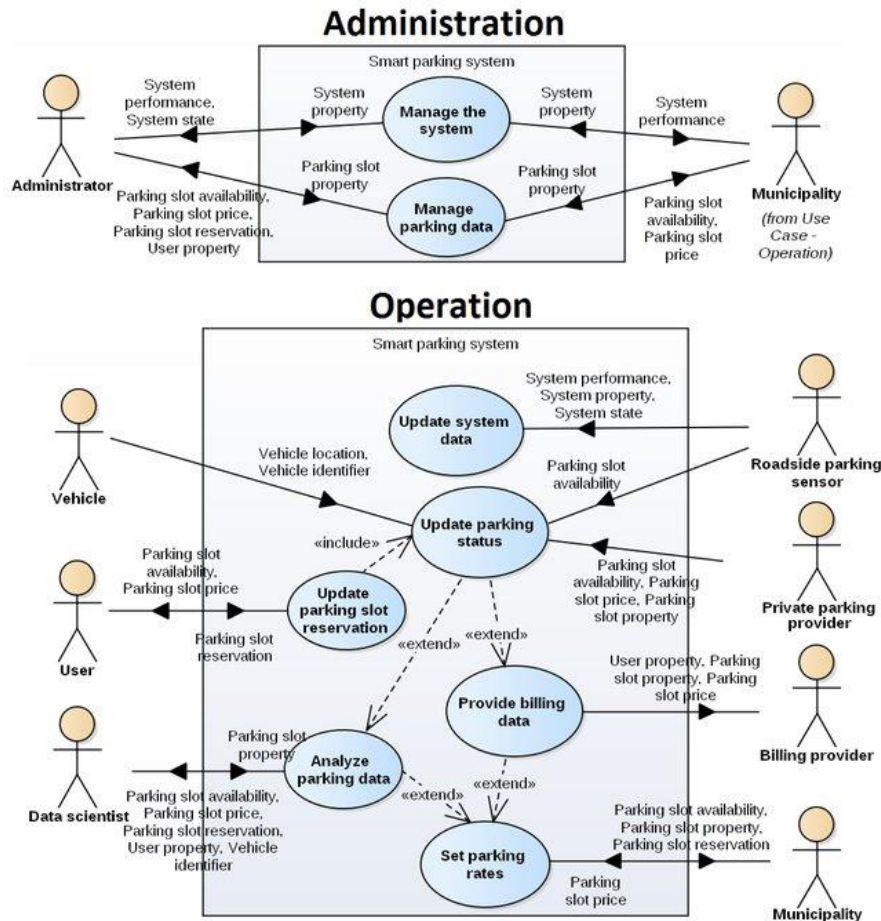
2.1.2 Η έννοια του έξυπνου Parking

Αναγνωρίζοντας την ανάγκη επίλυσης του προβλήματος και ικανοποίησης της ζήτησης για θέσεις στάθμευσης, καταβάλλονται αξιοσημείωτες προσπάθειες για την εφαρμογή λύσεων που στοχεύουν σε μια πιο αποτελεσματική εμπειρία πάρκινγκ. Η πρόσφατη τεχνολογική πρόοδος επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο παραδοσιακό μοντέλο στάθμευσης και ως αποτέλεσμα, μια ποικιλία πληροφοριών διαθεσιμότητας χώρων στάθμευσης γίνεται ευρέως προσβάσιμη. Με το διαδίκτυο να γίνεται όλο και πιο δυναμικό, πυκνό και ετερογενές, η ανάγκη απορρόφησης και ανταλλαγής αυτών των πληροφοριών από κατάλληλα συστήματα υποστήριξης είναι πιο σημαντική από ποτέ. Η χρήση τέτοιων συστημάτων με σκοπό την παρακολούθηση και τη διαχείριση της στάθμευσης ορίζει τα πλαίσια σύστασης του έξυπνου parking. Με τη σωστή λειτουργία του μοντέλου έξυπνου Parking (Smart Parking), προσφέρεται ένας τρόπος βοήθειας στους οδηγούς για την αποτελεσματική ανεύρεση ικανοποιητικών χώρων στάθμευσης, ειδικά για θέσεις στο δρόμο, μέσω της χρήσης διαφόρων τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών. Το Smart Parking μπορεί επίσης να οριστεί ως ένα έξυπνο σύστημα υποβοήθησης στάθμευσης, που επιτρέπει στους οδηγούς να βρουν ένα κενό χώρο χρησιμοποιώντας αισθητήρες που ανιχνεύουν την παρουσία ή απουσία ενός οχήματος, και έπειτα κατευθύνει τους ερχόμενους οδηγούς στις διαθέσιμες θέσεις [11].

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια αύξηση στον αριθμό των πόλεων που αναπτύσσουν και χρησιμοποιούν έξυπνες υπηρεσίες στάθμευσης ως μια οικονομική πρωτοβουλία. Ιδανικά, όταν η κυκλοφορία είναι απρόσκοπτη χωρίς να υπάρχουν καθυστερήσεις λόγω αναζητήσεων πάρκινγκ, βελτιώνεται η αστική κινητικότητα και διευρύνεται η χωρητικότητα των πόλεων, αφού αυξάνεται ο πληθυσμός, οι δραστηριότητες, οι επιχειρηματικές ευκαιρίες και κατ' επέκταση η οικονομική ευημερία. Σε πόλεις που υιοθέτησαν πρότυπα έξυπνου πάρκινγκ και επένδυσαν σε έργα και αστικές εφαρμογές, όπως το Σαν Φρανσίσκο, το Λος Άντζελες, η Βαρκελώνη και η Μόσχα, η κυκλοφοριακή συμφόρηση μειώθηκε σημαντικά. Στο Σαν Φρανσίσκο αξιολογήθηκαν οι επιπτώσεις στον όγκο κίνησης της πόλης τα δύο πρώτα χρόνια από την ανάληψη του έργου. Τα αποτελέσματα καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η πολιτική δυναμικών τιμών βοήθησε στην επίτευξη της πληρότητας της στάθμευσης στο δρόμο και μείωσε το parking cruising κατά 50% στην πόλη [12].

Ήδη υπάρχουν πολλά εμπορικά έργα που ενσωματώνουν στοιχεία έξυπνου πάρκινγκ και επωφελούνται από νέα επιχειρηματικά μοντέλα και εξελίξεις της τεχνολογίας. Στην εικόνα 2

παρουσιάζεται ένα σενάριο χρήσης υπηρεσίας έξυπνου Parking, συμπεριλαμβανομένων οκτώ παραγόντων από διοικητικής και επιχειρησιακής άποψης. Απεικονίζεται με σαφήνεια ο τρόπος που διαφορετικές πηγές δεδομένων μπορούν να υποστηρίξουν πιθανές υπηρεσίες καθώς και την τεράστια ανάγκη για απόκτηση και διαχείριση δεδομένων στάθμευσης [13].



Εικόνα 2: Σενάριο χρήσης έξυπνου Parking [13]

Υπάρχουν επίσης πολυάριθμα ακαδημαϊκά έργα που συνδυάζουν το έξυπνο πάρκινγκ με καινοτόμες τεχνολογίες. Σε αυτό το πλαίσιο, παρουσιάστηκαν σε μια έρευνα [14] οι ανάγκες των οδηγών για υποδομές στάθμευσης, που συμπεριλαμβάνουν το δημόσιο πάρκινγκ, τις συμπεριφορές άλλων οδηγών, την παρακολούθηση διαθεσιμότητας στάθμευσης, τα συστήματα καθοδήγησης και πληροφόρησης, τα συστήματα κρατήσεων, τις δυναμικές τιμές και τις δημοτικές αναπτύξεις. Οι συγγραφείς τόνισαν ακόμη τη σημασία της διάδοσης πληροφοριών, κάτι που μπορεί να επιτευχθεί με ποικίλους τρόπους. Μία αποτελεσματική μέθοδος είναι η εγκατάσταση

ασύρματων αισθητήρων που εντοπίζουν πληρότητα στάθμευσης, όπως της Urbiotica². Ένα άλλο έξυπνο σύστημα, το Streetline³, υιοθετεί αισθητήρες που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο SmartMesh (Time Synchronized Mesh Protocol) για την κατανομή εύρους ζώνης σε κάθε συσκευή σύμφωνα με ένα αναμενόμενο πρόγραμμα συχνότητας-χρόνου. Υπάρχουν επιπλέον υλοποιήσεις που εκμεταλλεύονται την επικοινωνία ενός οχήματος με μια υποδομή (V2I) ή μιας υποδομή με ένα όχημα (I2V), για την αποτελεσματική ανίχνευση στάθμευσης και εγγύηση κράτησης χώρου [15]. Ακόμη, συναντάται συχνά πλέον η συνεργασία εφαρμογών έξυπνων πόλεων με άλλες υποδομές για στάθμευση, όπως για παράδειγμα η επικοινωνία των αισθητήρων έξυπνου φωτισμού στους δρόμους με τα μηχανήματα στάθμευσης που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο και παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Παρόμοια οπτική έχει και το CALIPSO Project, ένα Ευρωπαϊκό πρόγραμμα κλάσης FP7 που στοχεύει στην ανάπτυξη έξυπνων αντικειμένων που διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου IP [16].

2.2 Έξυπνες πόλεις και Crowdsourcing

2.2.1 Τάσεις προς τη δημιουργία έξυπνων πόλεων

Ο όρος “έξυπνη πόλη” αναφέρεται σε αυτή που μέσω της συνεχούς έρευνας και της εκμετάλλευσης καινούριων τεχνολογιών στοχεύει στην ευημερία του πληθυσμού της. Στα πλαίσια της οικονομίας και της προσφοράς εργασίας, έξυπνη πόλη χαρακτηρίζεται αυτή που στηρίζει τις «έξυπνες» βιομηχανίες, ιδιαίτερες αυτές που εφαρμόζουν τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (Information and Communication Technologies ή ICT) στις διαδικασίες παραγωγής τους, μειώνοντας ως αποτέλεσμα το κόστος των υπηρεσιών που παρέχουν και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής [17]. Περιλαμβάνονται κατ’ επέκταση του ορισμού και τα σύγχρονα συστήματα μεταφορών τα οποία διευκολύνουν σημαντικά την αστική συγκοινωνία και την κινητικότητα των κατοίκων, δημιουργώντας έτσι ένα βιώσιμο περιβάλλον επιρρεπές στην ανάπτυξη. Ωστόσο, η λέξη “έξυπνη” δεν είναι μια ουδέτερη περιγραφή που απονέμεται σε αστικά περιβάλλοντα. Αντ’ αυτού, είναι ένα πολύτιμο επίθετο που επιδιώκεται ενεργά από μια ποικιλία θεσμών και παραγόντων, οι οποίοι έχουν διαφορετικά και επικαλυπτόμενα συμφέροντα για να γίνουν έξυπνοι.

² www.urbiotica.com

³ www.streetline.com

Διαφαίνεται λοιπόν το συμπέρασμα ότι ο ορισμός της έξυπνης πόλης δεν είναι μονοδιάστατος, αλλά συνδέεται με μια σειρά διαδικασιών που ενδυναμώνουν τις βάσεις για την ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης και προοδευτικής κοινωνίας.

Η έννοια της έξυπνης πόλης εμφανίστηκε κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες ως μια συγγώνευση ιδεών σχετικά με το πώς οι τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών μπορούν να βελτιώσουν τη λειτουργία των πόλεων, να αυξήσουν την αποτελεσματικότητά τους και να παρέχουν νέους τρόπους με τους οποίους τα προβλήματα της φτώχειας, της κοινωνικής στέρησης, και του επιβαρυσμένου περιβάλλοντος μπορούν να αντιμετωπιστούν. Η ουσία της ιδέας περιστρέφεται γύρω από την ανάγκη συντονισμού και ενσωμάτωσης τεχνολογιών που μέχρι τώρα είχαν αναπτυχθεί ξεχωριστά, αλλά έχουν σαφείς συνέργειες στη λειτουργία τους και πρέπει να συνδυαστούν έτσι ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν πολλές νέες ευκαιρίες που θα βελτιώσουν την ποιότητα ζωής.

Οι έξυπνες πόλεις συχνά απεικονίζονται ως σύνολα οργάνων που συνδέονται σε πολλαπλά δίκτυα, μέσω των οποίων παρέχουν συνεχή δεδομένα σχετικά με τις κινήσεις των ανθρώπων και των υλικών όσον αφορά τη ροή των αποφάσεων που μπορούν να επηρεάσουν τη φυσική και κοινωνική μορφή της πόλης [18]. Έτσι, με την ευρύτερη πρόσβαση που παρέχουν τα ανοιχτά δεδομένα και την άνοδο της ηλεκτρονικής δημοκρατίας, οι πολίτες θεωρούν πλέον δεδομένο ότι όλοι οι αστικοί πόροι είναι συνδεδεμένοι, πληροφοριοποιημένοι και άμεσα διαθέσιμοι. Επίσης, ο σχεδιασμός ενός οικοσυστήματος έξυπνης πόλης κληρονομεί τα ανοιχτά ζητούμενα του έξυπνου πάρκινγκ, ειδικά την αστική κινητικότητα, κάτι που έχει τεράστιο αντίκτυπο στη διαχείριση των πόρων και τη χωρητικότητα των πόλεων. Γι' αυτό το λόγο το έξυπνο πάρκινγκ θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη αρχή και ένα κορυφαίο παράδειγμα μιας έξυπνης πόλης. Ως εκ τούτου, απαιτείται μια διεξοδική εξέταση σε διαφορετικούς κλάδους και ανθρώπινους παράγοντες, ώστε να φανούν τα προτερήματα της μετατροπής μιας πόλης σε έξυπνη.

2.2.2 Εφαρμογές των έξυπνων πόλεων

Πλέον, η ακαδημαϊκή και η ερευνητική κοινότητα παρακολουθώντας την πορεία της ευφυούς αστικής ανάπτυξης και την ιστορία επιτυχημένων πειραμάτων τα τελευταία χρόνια στα πλαίσια λειτουργίας έξυπνων πόλεων, έχει στρέψει τις προσπάθειες τις στην περαιτέρω διερεύνηση καινοτόμων τεχνολογιών και στη βελτίωση των ήδη υπαρχόντων, με σκοπό τη δημιουργία βιώσιμων και αυτοδύναμων οικοσυστημάτων. Για τη διευκόλυνση αυτού του

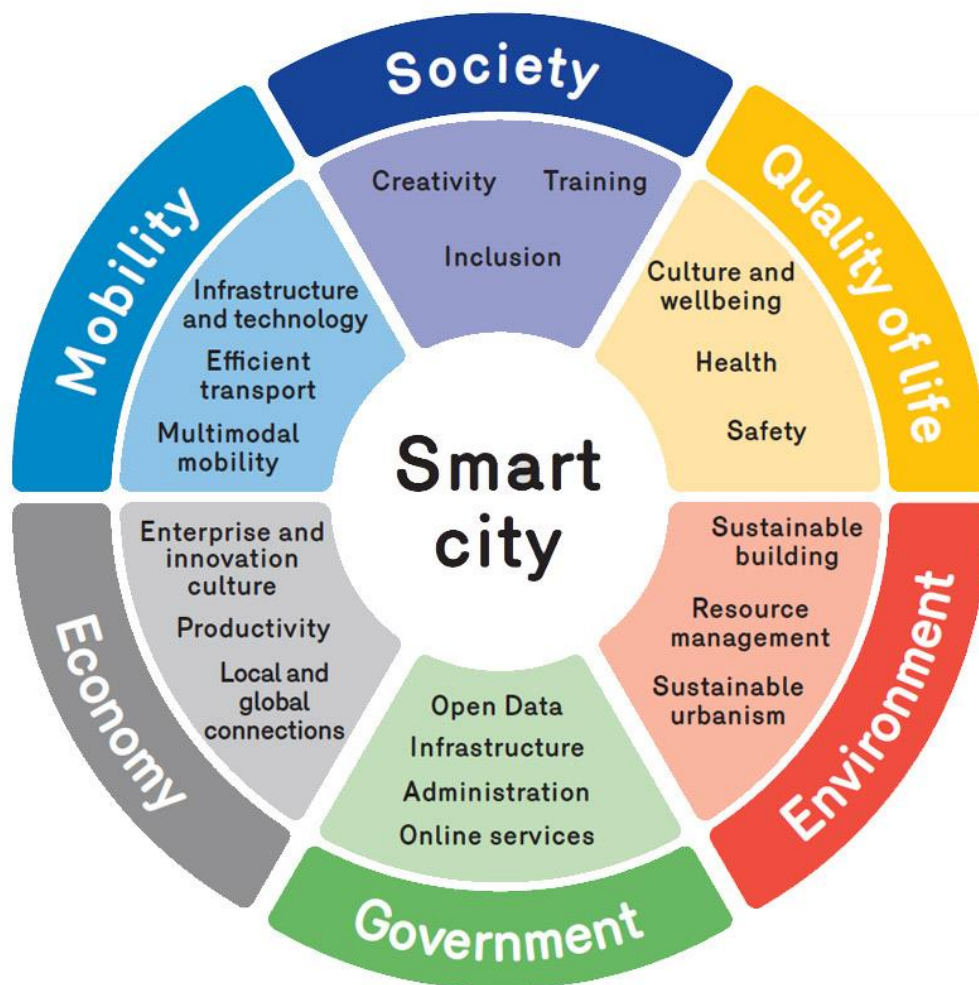
εγχειρήματος, κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο έχουν υιοθετήσει μια στρατηγική διάθεσης δεδομένων, τα λεγόμενα “open data”, τα οποία κρίνονται καθοριστικά για την εξέλιξη των ερευνών. Επιπλέον, τόσο η ευρωπαϊκή πολιτική όσο και το κίνημα των smart cities τοποθετούν ως ξεχωριστή προτεραιότητα την προώθηση και τη διαφοροποίηση του επιχειρηματικού περιβάλλοντος των πόλεων.

Η πρώτη στρατηγική έξυπνης πόλης που ερευνήθηκε είναι το Άμστερνταμ. Η έξυπνη πόλη του Άμστερνταμ πραγματοποιείται μέσω της συνεργασίας και του συντονισμού μεταξύ επιχειρήσεων, αρχών, ερευνητικών ιδρυμάτων και των κατοίκων της πόλης, δημιουργώντας έτσι ένα τεράστιο δίκτυο πληροφοριών και διασυνδεδεμένων υπηρεσιών. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει 32 έργα που εμπίπτουν σε επτά τομείς ενδιαφέροντος (έξυπνη κινητικότητα, έξυπνη διαβίωση, έξυπνη κοινωνία, έξυπνες περιοχές, έξυπνη οικονομία, ανοιχτά δεδομένα και υποδομή) και παρουσιάζουν καινοτόμες ιδέες και νέα επιχειρηματικά μοντέλα σε όλες τις γειτονιές της πόλης [19]. Η Έξυπνη Πόλη του Άμστερνταμ έλαβε επίσης το βραβείο Ευρωπαϊκής Πρωτεύουσας Καινοτομίας το 2016 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή [20].

Η επόμενη στρατηγική είναι αυτή που ακολούθησε η έξυπνη πόλη της Βαρκελώνης. Η πόλη χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών για τη βελτίωση των αστικών λειτουργιών, με πάνω από 100 διασκορπισμένα έργα που εκτελούνται από διάφορα τμήματα. Μερικά παραδείγματα περιλαμβάνουν τα superblocs (αυτοσυντηρούμενα οικοδομικά τετράγωνα), έξυπνο φωτισμό, έξυπνο νερό, έξυπνες μεταφορές, έξυπνοι πολίτες, ηλεκτρονική κυβέρνηση και έξυπνη αποδοτικότητα. Με την ταυτόχρονη αξιοποίηση και το συνδυασμό δεδομένων και τεχνολογιών επιτυγχάνεται η παροχή καλύτερων, πιο προσιτών υπηρεσιών στους πολίτες, καθιστώντας την κυβέρνηση πιο διαφανή, συμμετοχική και αποτελεσματική [21]. Επιπλέον, η επίσημη στρατηγική της πόλης έχει μια παγκόσμια προοπτική, που επιδιώκει να δημιουργήσει ένα ανοιχτό περιβάλλον για τη συνεργασία μεταξύ κυβέρνησης, βιομηχανίας, ακαδημαϊκής κοινότητας και πολιτών.

Μια ακόμη πόλη που ερευνήθηκε είναι το Λονδίνο, με τις πρώτες προσπάθειες ενσωμάτωσης εφαρμογών έξυπνων πόλεων το 2012. Την επόμενη χρονιά ιδρύθηκε το Smart London Plan, το οποίο οργανώνεται γύρω από επτά βασικά θέματα που ο στόχος τους συνοψίζεται στην προσφορά υπηρεσιών υψηλού επιπέδου διασυνδεδεμένες με όλες τις αστικές υποδομές στους πολίτες, και τη γενικότερη τεχνολογική εξέλιξη της πόλης [19]. Ένα σημαντικό έργο αστικής ανάπτυξης στο Λονδίνο αποτελεί το Here East, μια ειδική πανεπιστημιούπολη που απευθύνεται

σε όλους τους πολίτες που θέλουν να καινοτομήσουν, και αποσκοπεί στη δημιουργία ενός εδάφους αναπαραγωγής πρωτοποριακών ιδεών και ενός καταλύτη για μακροπρόθεσμη οικονομική ανάπτυξη στην περιοχή [22].



Εικόνα 3: Στοιχεία των έξυπνων πόλεων [23]

Συμπερασματικά, για να υλοποιηθούν τα προαναφερθέντα έργα στα πλαίσια των έξυπνων πόλεων χρειάζεται η συνδρομή πολλών παραγόντων, από ερευνητικής και χρηματικής άποψης. Έτσι, οι ευρωπαϊκοί δήμοι βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στη δημόσια εξωτερική χρηματοδότηση από τα προγράμματα (FP) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τα οποία πρέπει να εκπληρώσουν την πολιτική ατζέντα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία επικεντρώνεται σημαντικά στην οικονομική

ανθεκτικότητα, με τις πόλεις να θεωρούνται βασικές κινητήριες δυνάμεις της ανταγωνιστικότητας και της ανάπτυξης [24].

Οι πρωτοβουλίες για τη δημιουργία έξυπνων πόλεων δεν προέρχονται αποκλειστικά από κυβερνήσεις, αλλά και από εταιρείες υψηλού προφίλ. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της IBM, με τη μελέτη που εκτέλεσε το τμήμα του Ινστιτούτου Επιχειρηματικής Αξίας, η οποία παρουσιάζει τον τρόπο που οι πόλεις αποκτούν μεγαλύτερο έλεγχο στην ανάπτυξη τους και ενισχύονται τεχνολογικά, όταν τα συστήματα στα οποία βασίζονται γίνονται “έξυπνα” και διασυνδέονται. Αυτά τα συστήματα είναι η υγειονομική περίθαλψη, η ενέργεια, οι μεταφορές, η εργασία, οι επικοινωνίες, η ύδρευση και οι αστικές υπηρεσίες, η εξέλιξη των οποίων αποτελεί το όραμα της εταιρείας για ένα πιο έξυπνο κόσμο [25]. Αντίστοιχα, η εταιρεία Cisco στη στρατηγική προσέγγισή της για τις έξυπνες πόλεις, τονίζει ότι οι λύσεις που βασίζονται στις ΤΠΕ βελτιώνουν τις αστικές υποδομές και δημιουργούν κλιμακούμενα συστήματα αστικής διαχείρισης που συμβάλλουν στην οικονομική ανάπτυξη και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα [26], [27].

2.2.3 Περιληπτικά για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things)

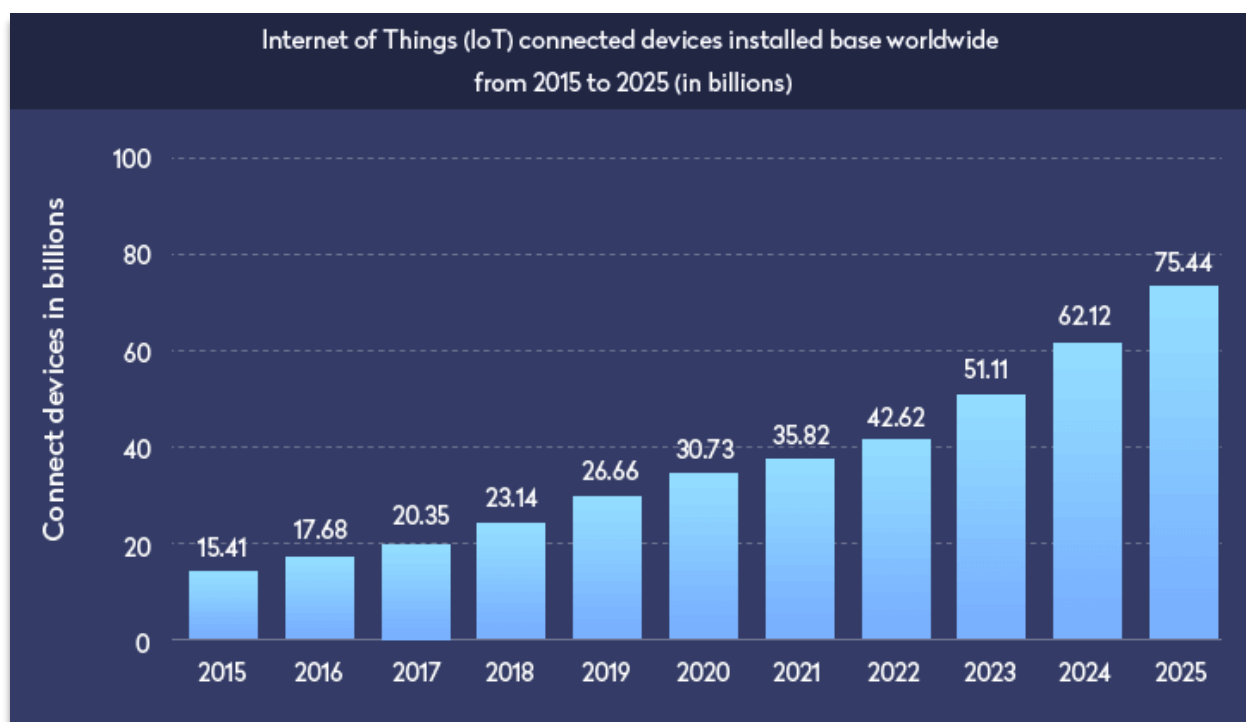
Καθώς στην εποχή μας οι τεχνολογίες γίνονται πιο προσιτές από ποτέ και το αστικό περιβάλλον εξοπλίζεται εκτενώς με αισθητήρες, αναδύονται αφενός ανάγκες για πρόσβαση σε ροές δεδομένων πραγματικού χρόνου και αφετέρου το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) κερδίζει συνεχώς έδαφος. Το IoT προτείνει το όραμα της αλληλεπίδρασης του ψηφιακού με το φυσικό κόσμο διασυνδέοντας στο δίκτυο καθημερινά αντικείμενα με δυνατότητες επεξεργασίας, επικοινωνίας, ανίχνευσης και ενεργοποίησης [16]. Ακόμη, η φιλοσοφία του IoT περιλαμβάνει τη σύνδεση κάθε διαδραστικής συσκευής μέσω ενσωματωμένων συστημάτων, γεγονός που οδηγεί σε ένα εξαιρετικά καταναμημένο δίκτυο συσκευών που επικοινωνούν με ανθρώπους καθώς και άλλα αντικείμενα, διευρύνοντας έτσι τη δυνατότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο [28].

Ο πρώτος ορισμός του Internet of Things προήλθε από την οπτική γωνία των “Things”, με τα πρώτα αντικείμενα να είναι οι ετικέτες ταυτοποίησης ραδιοσυχνότητας (RFID). Αποδόθηκε από τον πρωτοπόρο της τεχνολογίας και συνιδρυτή του Auto-ID Center στο MIT, Kevin Ashton, στα τέλη της δεκαετίας του 1990 [29]. Ο ίδιος, από την πρώτη στιγμή είχε οραματιστεί τη δημιουργία ενός δικτύου πληροφοριών στο οποίο θα ήταν δυνατή η σύνδεση φυσικών συσκευών με στόχο την παροχή υπηρεσιών, κάτι που συνοψίζει τον ορισμό του IoT. Εναλλακτικά και πιο

ολοκληρωμένα, τα περισσότερα σύγχρονα οράματα IoT αναγνωρίζουν ότι ο όρος περιλαμβάνει ένα πολύ ευρύτερο φάσμα ιδεών εκτός από την απλή αναγνώριση αντικειμένων [30].

Το πρότυπο IoT χρησιμοποιείται σε ένα πλήθος πεδίων εφαρμογής και οι λύσεις που προσφέρει διευκολύνουν σημαντικά την καθημερινότητα και την ποιότητα ζωής. Για παράδειγμα, η πρόοδος του IoT στον τομέα του smart parking επέτρεψε τη χρήση πλουσιότερων μέσων παρακολούθησης συμβάντων και συλλογής πληροφοριών με την εγκατάσταση διαφόρων τύπων αισθητήρων σε επιλεγμένες περιοχές ενδιαφέροντος [31]. Καταληκτικά, το Internet of Things μπορεί να θεωρηθεί ως μια δυναμική παγκόσμια υποδομή δικτύου με δυνατότητες αυτοδιαμόρφωσης που βασίζονται σε τυπικά και διαλειτουργικά πρωτόκολλα επικοινωνίας.

Στη συνέχεια απεικονίζεται ένα διάγραμμα με στοιχεία μιας μελέτης που έκανε η Statista, με βάση τα δεδομένα της ανάπτυξης του Internet of Things. Εκτιμάται ότι μέχρι το έτος 2025, ο συνολικός αριθμός συνδεδεμένων συσκευών στον κόσμο θα είναι περίπου 75,44 δισεκατομμύρια [32].



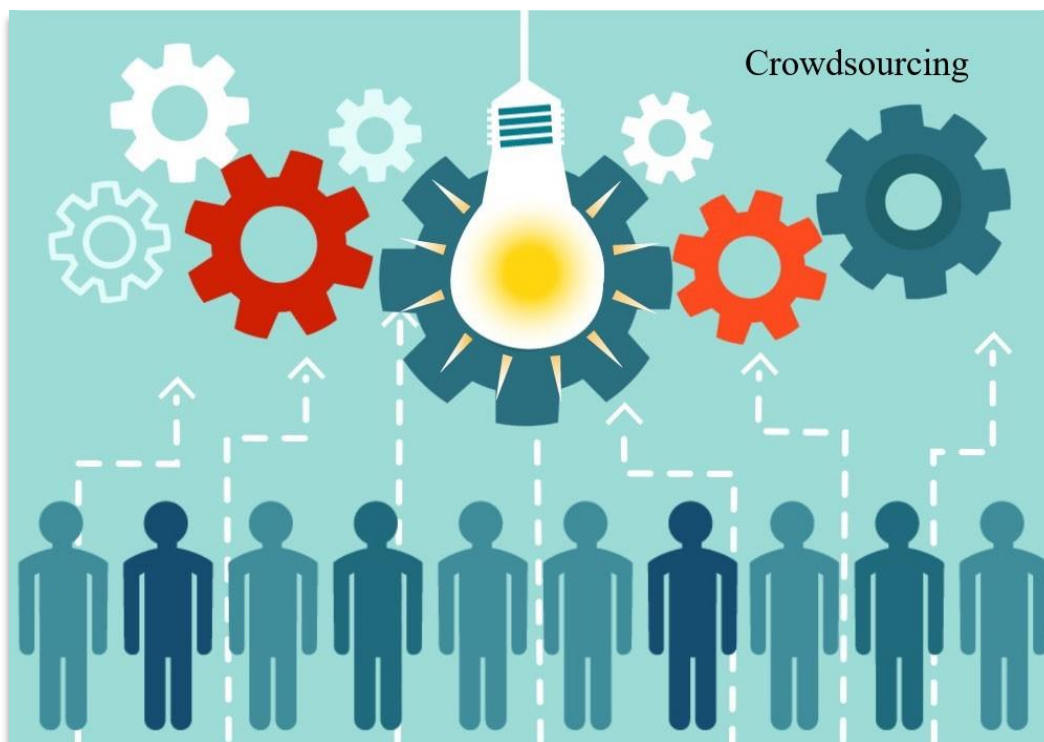
Εικόνα 4: Διάγραμμα ανάπτυξης του IoT - Οι συνδεδεμένες συσκευές που θα έχουν εγκατασταθεί σε παγκόσμιο επίπεδο έως το 2025

2.2.4 Τι είναι το Crowdsourcing

Οι έξυπνες πόλεις και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν, όπως το Internet of Things, για την ορθή λειτουργία τους χρειάζονται εκτός από τον απαραίτητο εξοπλισμό, την καθολική συμμετοχή των πολιτών, με τη μορφή του crowdsourcing. Ο όρος crowdsourcing (πληθοπορισμός) επινοήθηκε από το δημοσιογράφο Jeff Howe, και ορίζεται ως η πράξη ανάθεσης μιας εργασίας σε μια μεγάλη ομάδα ανθρώπων μέσω ανοιχτής πρόσκλησης, που μπορεί να περιλαμβάνει πληρωμή ή όχι [33]. Υπάρχουν αρκετοί τύποι crowdsourcing, όπως για παράδειγμα ο συμμετοχικός σχεδιασμός που χρησιμοποιείται για την ανάληψη μιας εργασίας σχεδίασης, η ανθρωπογενής υπολογιστική στην οποία το κοινό καλείται να υλοποιήσει τα βήματα ενός αλγορίθμου, και το συμμετοχικό crowdsensing που περιλαμβάνει το διαμοιρασμό πληροφοριών οικειοθελώς. Η ομάδα ανθρώπων ή αλλιώς το “πλήθος” μπορεί να αποτελείται από άτομα διαφόρων κλάδων, που έχουν διαφορετικές ηλικίες, υπόβαθρα ή επίπεδα εκπαίδευσης με απώτερο σκοπό την παραγωγή μιας αποδοτικής λύσης. Επί της ουσίας, το crowdsourcing φέρνει κοντά ερασιτέχνες και επαγγελματίες για να σχηματίσουν μια συλλογική ευφυΐα που θα ανταγωνιστεί τη γνώση οποιουδήποτε ειδικού.

Με τη διαρκώς αναπτυσσόμενη βιομηχανία του ηλεκτρονικού εμπορίου και την εξέλιξη της τεχνολογίας, τεχνικές πληθοπορισμού εφαρμόζονται πλέον σε τακτική βάση από εταιρείες παροχής υπηρεσιών και προϊόντων. Ο όρος χρησιμοποιείται εκτενώς σε πολλές περιπτώσεις ως συντόμευση της τάσης για συνεργασία του πλήθους, προκειμένου να συνταχθεί ένα επιχειρηματικό μοντέλο που τελικά θα οδηγήσει στην επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Επιπλέον, η πλειοψηφία των ρόλων που διαδραματίζονται από το πλήθος διαφέρει ανά δραστηριότητα crowdsourcing, στους τομείς του ύφους και της στρατηγικής.

Με την πάροδο του χρόνου, είναι φανερό η αναπαράσταση μιας αλλαγής παραδείγματος στη συλλογή δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων που ονομάζεται Next Generation Crowdsourcing. Αυτό σημαίνει ότι η ενεργή συμμετοχή των πολιτών στη συγκέντρωση δεδομένων δεν είναι απαραίτητη, καθώς με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών τα δεδομένα μπορούν πλέον να συλλεχθούν αυτόνομα και με μεγάλη ευκολία μέσω της παθητικής συμμετοχής του πλήθους. Ο συγκεκριμένος τρόπος συσσώρευσης δεδομένων επιτρέπει στους φορείς την καλύτερη κατανόηση των προτύπων χρήσης υπηρεσιών από τους πολίτες, με απόρροια την αποτελεσματικότερη γνώση των αναγκών τους και επομένως την παροχή εξατομικευμένων εξυπηρετήσεων σε αυτούς [34].



Εικόνα 5: Το Crowdsourcing [35]

2.2.5 Εφαρμογές Crowdsourcing και η αποτελεσματικότητά του ως μοντέλο

Με τη διαρκή ανάπτυξη των υποδομών του διαδικτύου και των μηχανών αναζήτησης, δίνεται η δυνατότητα στο σύνολο των ανθρώπων να συνεργαστούν αποτελεσματικά για την επίτευξη της απρόσκοπτης συλλογής πληροφοριών και της έγκυρης ενημέρωσης με γνώμονα το καλό των κοινωνιών. Πολλές πλατφόρμες βασίζονται σε αυτή τη λογική της περισυλλογής και επεξεργασίας στοιχείων από ανθρώπινο δυναμικό (γνώσεις, ικανότητες, απόψεις, κ.ά.), καθώς η ποικιλομορφία κάθε ατόμου είναι μοναδική. Κάποια επιτυχημένα παραδείγματα αποτελούν η μεγαλύτερη crowdsourced διαδικτυακή εγκυκλοπαίδεια Wikipedia και το OpenStreetMap, ένας χάρτης με μια τεράστια κοινότητα εθελοντών που χρησιμοποιείται ως εργαλείο για την παροχή βοήθειας σε περιόδους φυσικών καταστροφών. Διακρίνεται λοιπόν ότι το crowdsourcing είναι μια αποτελεσματική τεχνική που ενσωματώνει την ανθρώπινη νοημοσύνη για τη συλλογή διαφορετικών δεδομένων αντίχρευσης σε διάχυτα περιβάλλοντα.

Εφόσον ο πληθοπορισμός βασίζεται στην πρόσκληση του πλήθους για τη δημιουργία ιδεών, την ολοκλήρωση προκαθορισμένων εργασιών και την πρόταση αποδοτικών λύσεων,

υπάρχει πάντα το ενδεχόμενο κάποιου εμποδίου. Χαρακτηριστικά, ο Howe στο βιβλίο⁴ του αναφέρει το νόμο του Sturgeon, η σημασία του οποίου μπορεί να παραφραστεί για να ταιριάζει με την περίπτωση του crowdsourcing, στο να λέει ότι το 90% της εργασίας που υποβάλλεται δεν είναι χρήσιμο, αλλά το άλλο 10% μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση πολυάριθμων προβλημάτων. Κρίνεται αναγκαίος έτσι ο άρτιος έλεγχος των υποβληθέντων στοιχείων, ώστε να υπάρχουν όσο το δυνατόν πιο έγκυρες πληροφορίες στις εφαρμογές του μοντέλου. Ένα ακόμη εμπόδιο είναι η αρχική δημιουργία ενός πλήθους και η διαχείρισή του, αφού η προσέλκυση των κατάλληλων τύπων ανθρώπων μπορεί να είναι δύσκολη, όπως και η διατήρηση του ενδιαφέροντος τους [33]. Επιπρόσθετα, στις εφαρμογές των τεχνικών crowdsourcing βρίσκονται συχνά εγγενή προβλήματα κινήτρων, καθώς κάποιοι εργαζόμενοι ή εθελοντές μπορεί να είναι εγωιστές και να στοχεύουν αποκλειστικά στη μεγιστοποίηση του δικού τους οφέλους με αυτή τη στρατηγική [36]. Μολονότι αυτά τα εμπόδια δυσχεραίνουν την ομαλή λειτουργία του μοντέλου crowdsourcing, σε γενικές γραμμές η ενσωμάτωση του σε ποικίλες εφαρμογές έχει βελτιώσει την παραγωγικότητα και την ικανοποίηση των συμμετεχόντων από μια εργασία.

Κατά συνέπεια ο πληθοπορισμός θεωρείται ένα καινοτόμο μέσο συνεργασίας και έχει πολλές προοπτικές για την ενσωμάτωσή του στον κόσμο των επιχειρήσεων. Συγκεκριμένα, επηρεάζει τα στοιχεία των υφιστάμενων επιχειρηματικών μοντέλων και τις λειτουργίες μάρκετινγκ των επιχειρήσεων, και προσφέρει οφέλη τόσο σε αυτές όσο και στους πελάτες. Όσον αφορά το διαχειριστικό τομέα, οι επιχειρήσεις έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν την απορροφητική ικανότητα - δηλαδή να αισθάνονται, να εκτιμούν, να αφομοιώνουν και να εφαρμόζουν νέες γνώσεις - ώστε να αποτυπωθεί η αξία τους βρίσκοντας πιθανούς τρόπους υπέρβασης των προκλήσεων που διέπουν την εφαρμογή του crowdsourcing [37]. Οι επιχειρήσεις λοιπόν για να αποκομίζουν σημαντικά οφέλη από τη “συλλογική νοημοσύνη”, συμπεριλαμβανομένης της εξοικονόμησης κόστους, πρέπει να εντρυφήσουν στην κατανόηση ορισμένων βασικών ζητημάτων, όπως της εννοιολογικής ισορροπίας μεταξύ της διαφορετικότητας και της εξειδίκευσης, καθώς και της αποκεντρωμένης και κατανεμημένης λήψη αποφάσεων.

Οι παραδοσιακοί μηχανισμοί crowdsourcing βασίζονται κυρίως στους σταθερούς αισθητήρες διαδικτύου και υποδομής, οι οποίοι είναι είτε κεντρικοί είτε στατικοί. Αντιθέτως, το

⁴ J. Howe, *Crowdsourcing: Why the Power of the Crowd is Driving the Future of Business*, Random House, 2008.

μοντέλο του κινητού crowdsourcing (Mobile CrowdSourcing) συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των συμβατικών τεχνολογιών μαζί με τις νέες κινητές επικοινωνίες, για να παρέχει οικονομικά αποδοτικές και υψηλής ποιότητας υπηρεσίες σε διαφορετικούς τομείς και περιβάλλοντα. Ειδικότερα, βελτιώνει την κινητικότητα των ατόμων, τη συνεργατική επικοινωνία μεταξύ φορητών συσκευών για την παροχή υπηρεσιών και την επεξεργασία δεδομένων, καθώς και την ανθρώπινη ικανότητα, όπου άτομα ή εργαζόμενοι παίζουν το ρόλο του καταναλωτή και του παραγωγού δεδομένων, κάτι που ωφελεί περαιτέρω το μοντέλο [38].

Ακολουθεί η αναφορά σε μερικές επιτυχημένες εφαρμογές του μοντέλου crowdsourcing:

- InnoCentive: Είναι μια πλατφόρμα για την επίλυση προβλημάτων και την εκπλήρωση αναγκών μέσω ανοιχτής πρόσκλησης. Αυτή η ανοιχτή εταιρεία καινοτομίας δημοσιεύει ζητήματα, ή όπως αναφέρει η ίδια “Challenges”, που υποβάλλονται από διάφορες επιχειρήσεις στο διαδίκτυο, μαζί με κίνητρα – συνήθως χρηματικά - που καταβάλλονται σε όποιον αναπτύξει μια βιώσιμη λύση. Διαθέτει μια κοινότητα πολλών χιλιάδων μελών που ανταποκρίνονται σε ζητήματα πολλών κλάδων, και βασίζεται στη συνδρομή ατόμων με διαφορετικές τεχνογνωσίες για την προσπάθεια επίλυσης των προκλήσεων που προσφέρονται [33].
- Intel: Η γνωστή εταιρεία τεχνολογίας φιλοξένησε έναν ανοιχτό διαγωνισμό καινοτομίας το 2009, με σκοπό να ενθαρρύνει άτομα και οργανισμούς να βρουν έξυπνες ιδέες και να σκεφτούν νέους τρόπους εφαρμογής τεχνολογιών για την επίλυση προβλημάτων στους τομείς οικονομικής ανάπτυξης, εκπαίδευσης, περιβάλλοντος και υγειονομικής περίθαλψης με τρόπο που να ενδυναμώνει και να δίνει τη δυνατότητα στους ανθρώπους να συνδεθούν με έναν κόσμο ευκαιριών. Υπήρχαν συνολικά 200 υποβολές από ιδιώτες και εταιρείες στο Inspire-Empower Challenge και ανακοινώθηκαν τέσσερις νικητές που έλαβαν το βραβείο των 100.000 δολαρίων ο καθένας για να υποστηρίξουν τις καινοτομίες τους, οι οποίες άλλαξαν σημαντικά τον κόσμο [39].
- Dell Social Innovation Challenge: Ο διαγωνισμός καινοτομίας της εταιρείας τεχνολογίας Dell ενθάρρυνε φοιτητές να συγκεντρώσουν τις καλύτερες ιδέες τους και να εργαστούν σε

μεγάλα έργα που έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν τον κόσμο. Αρχικά στο διαγωνισμό υπήρχε μόνο ένας νικητής, αλλά έπειτα πήρε μεγαλύτερες διαστάσεις λόγω της δημοτικότητας και αυξήθηκε ο αριθμός των νικητών. Κατατέθηκαν εν τέλει χιλιάδες ιδέες και καινοτομίες που είχαν πολλές προοπτικές, και ο διαγωνισμός βοήθησε στη δημιουργία ή την ανάπτυξη πολλών αξιόλογων επιχειρήσεων ή μη κερδοσκοπικών οργανώσεων [40].

- **Opensignal:** Είναι μια εταιρεία που ελέγχει την απόδοση των δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Η προσέγγιση του Opensignal βασίζεται σε δισεκατομμύρια μετρήσεις συσκευών που μοιράζονται από μια τεράστια κοινότητα πραγματικών χρηστών. Τα δεδομένα καταγράφονται σε όλα τα μέρη όπου ζουν, εργάζονται και ταξιδεύουν άνθρωποι, μέσω των συσκευών που χρησιμοποιούν σε πραγματικό χρόνο. Η εταιρεία ανάλυσης δικτύων μέσω της διαδικασίας του crowdsourcing βοηθά παρόχους υπηρεσιών διαδικτύου, κατασκευαστές εξοπλισμού, ρυθμιστικές αρχές και οικονομικούς αναλυτές να κατανοήσουν τις βασικές τάσεις στην αγορά και να λάβουν κρίσιμες αποφάσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές στο επιχειρηματικό μοντέλο της εκάστοτε επιχείρησης [41].

2.3 Η σημασία της κινητικότητας

Ως κινητικότητα ορίζεται η δυνατότητα μετακίνησης και η ικανότητα μετάβασης από ένα μέρος σε άλλο, χρησιμοποιώντας έναν ή περισσότερους τρόπους μεταφοράς για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών [42]. Η κινητικότητα σε μια πόλη είναι ένα δυναμικό σύστημα, η λειτουργία του οποίου δεν είναι μονοδιάστατη αλλά καθορίζεται από ένα αριθμό παραγόντων. Χαρακτηριστικά, η διαθεσιμότητα των τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών είναι σημαντικό κομμάτι της, όπως εξίσου αξιόλογης σημασίας είναι η ύπαρξη σύγχρονων, βιώσιμων συστημάτων συγκοινωνιών. Μελέτες δείχνουν επίσης ότι δύο κύριοι αιτιολογικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την κινητικότητα είναι η πληθυσμιακή πυκνότητα και η χωρική κατανομή [43]. Η αστική διάταξη παίζει καθοριστικό ρόλο στη συμφόρηση, καθώς σχετίζεται έντονα με την κυκλοφοριακή ροή που χρησιμοποιείται συχνά σε αναλύσεις κινητικότητας. Άλλος ένας παράγοντας είναι τα μη επαναλαμβανόμενα γεγονότα (π.χ. ατυχήματα, οδικές κατασκευές), τα οποία μπορούν να επηρεάσουν την ανθεκτικότητα και την παραγωγικότητα των συστημάτων μεταφοράς [18].

Για μεγάλες περιόδους οι επιλογές των ανθρώπων στα δίκτυα συγκοινωνίας βασιζόταν σε συνθήκες ισορροπίας με μικρές παραλλαγές. Ωστόσο, τις τελευταίες δεκαετίες η ανησυχία για την κινητικότητα στις αστικές περιοχές έχει αυξηθεί, εφόσον αποτελεί ένα σοβαρό ζήτημα και είναι δύσκολο να αντιμετωπιστεί ορθά. Ως συνέπεια, το περιβάλλον και η ποιότητα ζωής όλων των πολιτών επηρεάζεται έντονα λόγω της αναποτελεσματικότητας και των ανισονομιών της κυκλοφοριακής συμφόρησης [17]. Από μακροοικονομική άποψη, η κοινωνία πληρώνει πολύ υψηλό τίμημα για την αστική κινητικότητα και κάθε χρήστης προσαρμόζει τα ταξίδια του προκειμένου να μειώσει το διαρθρωτικό έλλειμμα του δικτύου μεταφορών.

Ένας πιθανός τρόπος για την επίλυση του θέματος είναι να μετριαστούν οι συνέπειες της ατομικής κινητικότητας και ταυτόχρονα να μοντελοποιηθούν τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας, ιδιαίτερα κατά τις ώρες αιχμής. Βασισμένοι σε παρόμοια μοντέλα, κυβερνητικοί φορείς συγκοινωνιών σε όλο τον κόσμο έχουν εισηγηθεί τις λεγόμενες “ζώνες περιορισμένης κυκλοφορίας” ή αλλιώς “δακτυλίους” στα πολυσύχναστα αστικά κέντρα, σε μια προσπάθεια να ελαττώσουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Επιπλέον, με τη χρήση εφαρμογών έξυπνου πάρκινγκ, η ποιότητα της κινητικότητας στις αστικές περιοχές βελτιώνεται. Για παράδειγμα, το Optimod’Lyon είναι ένα έργο που ωφελεί τους πολίτες όταν χρησιμοποιούν μέσα μαζικής μεταφοράς, μοιράζονται ποδήλατα, κάνουν συνεπιβατισμό ή οδηγούν τα ιδιωτικά τους αυτοκίνητα. Το smart parking είναι μέρος αυτού του έργου με τη μορφή παροχής πληροφοριών στάθμευσης και πλοήγησης σε πραγματικό χρόνο, και την εγκατάσταση 30 ειδικών αισθητήρων στο κέντρο της πόλης της Λυών [13].

Παρ’ όλο που η κινητικότητα έχει τάσεις βελτίωσης με τις σύγχρονες μεθόδους, υπάρχει ακόμη η ανάγκη να ενσωματωθούν πλουσιότερες πηγές δεδομένων. Συμπεριλαμβάνονται τα δεδομένα από τα μέσα μαζικής μεταφοράς, τους αισθητήρες δρόμου, τις έρευνες, τα επίσημα στατιστικά, τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης και τη συμμετοχική ανίχνευση, τα οποία πρέπει να συγκεντρωθούν σε συνεκτικά ολοκληρωμένες βάσεις δεδομένων, ώστε να γίνει κατανοητή η αλληλεπίδραση της κινητικότητας με τα κοινωνικοοικονομικά δίκτυα.



Εικόνα 6: Παράμετροι επαρκούς αστικής κινητικότητας [44]

2.4 Τεχνητή Νοημοσύνη

2.4.1 Η έννοια της Τεχνητής Νοημοσύνης

Το πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence, AI), ή χάριν συντομίας TN, αναφέρεται στον κλάδο της πληροφορικής ο οποίος περιλαμβάνει την ανάπτυξη συστημάτων που μπορούν να αντιληφθούν, να κατανοήσουν, να προβλέψουν και να χειριστούν το περιβάλλον [45]. Ασχολείται με τη σχεδίαση και την υλοποίηση ευφυών πρακτόρων (intelligent agent) που μιμούνται στοιχεία ανθρώπινης συμπεριφοράς και κατέχουν έστω κάποια από τα χαρακτηριστικά στοιχειώδους ευφυΐας, δηλαδή την ικανότητα για μάθηση, προσαρμοστικότητα, εξαγωγή συμπερασμάτων, κατανόηση από συμφραζόμενα και επίλυση προβλημάτων. Η TN εισάγει τον όρο της ορθολογικότητας, που σημαίνει ότι ένα σύστημα με δεδομένα όσα γνωρίζει πράττει το σωστό. Γενικά, η TN χωρίζεται σε τέσσερις προσεγγίσεις ή κατηγορίες, που είναι οι εξής:

- Συστήματα που σκέφτονται σαν τον άνθρωπο
- Συστήματα που σκέφτονται ορθολογικά
- Συστήματα που ενεργούν σαν τον άνθρωπο
- Συστήματα που ενεργούν ορθολογικά

Βάσει μιας ανθρωποκεντρικής προσέγγισης η TN στηρίζεται στην εμπειρία, με υποθέσεις και επιβεβαίωση με πειράματα. Βάσει μιας ορθολογιστικής προσέγγισης στηρίζεται σε επιστήμες, όπως μαθηματικά και μηχανική [46].

Με την πάροδο του χρόνου ο ορισμός της TN έχει αλλάξει και ταυτόχρονα διευρυνθεί και οι εφαρμογές της βρίσκουν χρήση σε πολλούς τομείς. Συγκεκριμένα, συνδυάζουν μια εκτεταμένη ποικιλία πεδίων, καλύπτοντας αρχικά τους βασικούς τομείς, όπως η μαθησιακή ικανότητα και η αντίληψη, και επεκτείνονται σε ειδικευμένες δραστηριότητες όπως το σκάκι, η ποίηση, η διάγνωση ασθενειών και η απόδειξη μαθηματικών θεωρημάτων. Επιπρόσθετα, υιοθετεί τη λογική της αυτοματοποίησης διανοητικών και πλέον χειρωνακτικών εργασιών, διευκολύνοντας έτσι την καθημερινή ρουτίνα σε πολλά πεδία της ανθρώπινης δραστηριότητας. Υπό αυτές τις συνθήκες και με την υποχρεωτική τήρηση των ηθικών κανόνων που διέπουν την TN, αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί ένα αμιγώς οικουμενικό πεδίο [46].

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αξιοποιούμε ένα κλάδο της τεχνητής νοημοσύνης, τη συμβολική ευφυΐα, για την βελτιστοποίηση της διαδικασίας εύρεσης πάρκινγκ.

2.4.2 Συμβολική Ευφυΐα

Τα συστήματα TN μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ευρέως είτε ως οδηγούμενα από δεδομένα είτε ως οδηγούμενα από γνώση. Για την εκπαίδευση ενός μοντέλου, οι προσεγγίσεις που βασίζονται σε δεδομένα απαιτούν τεράστιο όγκο δεδομένων. Αντίθετα, οι προσεγγίσεις που βασίζονται στη γνώση αξιοποιούν λογικές περιγραφές του κόσμου και του τρόπου που μπορούν να τον διαχειριστούν, ενώ ταυτόχρονα απαιτούν λιγότερα δεδομένα. Η συμβολική ευφυΐα (symbolic intelligence) είναι οδηγούμενη από γνώση και καιρό εδραιωμένη στον κόσμο της TN, αφού στηρίζεται στην ακριβή αναπαράσταση της γνώσης και της επεξεργασίας της μέσω ρητών κανόνων συλλογισμού [47]. Ωστόσο, η ανάπτυξη της συμβολικής λογικής σε ένα σύστημα είναι συχνά χρονοβόρα και επιρρεπής σε λάθη. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται κυρίως σε μεθόδους που στηρίζονται στη γνώση.

Αναφέρθηκε ότι η συμβολική λογική αντιπροσωπεύει προτάσεις που περιγράφουν την κατάσταση του κόσμου. Το πρώτο παράδειγμα ανάγεται στο 1847, όταν ο Boole όρισε μια παραδοχή ως αληθή ή ψευδή πρόταση, καθιερώνοντας με αυτό τον τρόπο τη γνωστή άλγεβρα του Boole ή αλλιώς άλγεβρα της λογικής [45]. Παρόμοια μέθοδο ακολουθούν συμβολικές ενέργειες που μοντελοποιούν τη συμπεριφορά τόσο των μη τεχνητών πρακτόρων (άνθρωποι) όσο και των

τεχνητών πρακτόρων (λογισμικό, ρομπότ και συσκευές IoT). Έτσι, η μοντελοποίηση των ενεργειών ενός ανθρώπου βοηθά τους τεχνητούς πράκτορες να κατανοήσουν και να προδιαγράψουν τη συμπεριφορά του, ενώ η μοντελοποίηση των δικών τους ενεργειών επιτρέπει τη δημιουργία ενός σχεδίου, που όταν εκτελείται μπορεί να τροποποιήσει την κατάσταση του περιβάλλοντος. Συμπερασματικά, ένας από τους κύριους στόχους της συμβολικής ευφυΐας είναι να καταστεί δυνατή η αναπαράσταση και ο χειρισμός γνώσεων από υπολογιστές με τρόπους που μοιάζουν ή μιμούνται το είδος των χειρισμών που εκτελούνται από ανθρώπους [48].

Οι συμβολικές προσεγγίσεις χαρακτηρίζονται ως μέσο που φέρνει την ΤΝ πιο κοντά στην ανθρώπινη κατανόηση, βοηθώντας τους ανθρώπους να ξεπεράσουν φόβους και ηθικά ζητήματα παρέχοντας παρατηρησιμότητα, ερμηνευσιμότητα, υπευθυνότητα και αξιοπιστία. Σε αυτό το πλαίσιο, οι προσεγγίσεις βασισμένες στη λογική βρίσκουν πάντα εφαρμογή, λόγω της στενότερης σχέσης τους με την ανθρώπινη γνωστική διαδικασία. Είναι ανθρωποκεντρικές και πιο εύκολο να χρησιμοποιηθούν σε μικρού μεγέθους προβλήματα που συνεπάγονται ακριβείς χειρισμούς έναντι άλλων υπο-συμβολικών τεχνικών ΤΝ, όπως είναι η μηχανική μάθηση και τα νευρωνικά δίκτυα, οι οποίες είναι κατάλληλες για περιπτώσεις χρήσης που περιλαμβάνουν την επεξεργασία τεράστιου όγκου δεδομένων [47]. Ωστόσο, η συμβολική λογική έχει κάποιους περιορισμούς, καθώς η αναπαράσταση του κόσμου είναι συχνά αφηρημένη [49]. Απαιτείται πολλές φορές η παροχή περαιτέρω πληροφοριών για τον κόσμο κατά τον προγραμματισμό και οι αντίστοιχες ενέργειες χρειάζονται μετάφραση σε εκτελέσιμες οδηγίες.

Καταληκτικά, η συμβολική ευφυΐα κατέχει ένα σύνολο χαρακτηριστικών. Είναι διαφανής, αφού ερμηνεύεται ταυτόχρονα από τον άνθρωπο και από τη μηχανή. Επίσης, είναι ευέλικτη και επεκτάσιμη αλλά απαιτεί από τους ανθρώπους να περιγράψουν τον κόσμο, τις οντότητες και τις μεταξύ τους σχέσεις χρησιμοποιώντας μια επίσημη συμβολική γλώσσα. Τέλος, παρέχει ακριβή και ευκρινή αποτελέσματα με την εισαγωγή κατάλληλων δεδομένων και ερωτημάτων από ανθρώπους.

Κεφάλαιο 3 – Μεθοδολογική Προσέγγιση

3.1 Εύρεση πάρκινγκ με τη χρήση έξυπνων εφαρμογών

Η ταχεία αύξηση του πληθυσμού έχει οδηγήσει σε σημαντικά προβλήματα κυκλοφορίας στα συστήματα μεταφοράς. Επιπλέον, η εύρεση θέσης στάθμευσης είναι ένα θέμα που έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές στο παρελθόν και εξακολουθεί μέχρι και σήμερα να χρειάζεται καινοτόμες και αποτελεσματικές προτάσεις που θα οδηγήσουν στη λύση του προβλήματος. Η ακαδημαϊκή κοινότητα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο με τις έρευνες της, διευκολύνοντας τη διαδικασία εύρεσης πάρκινγκ με τεχνολογίες και μεθόδους που έχουν αρκετές προοπτικές μεταποίησης σε αποδοτικές λύσεις.

Η έξυπνη στάθμευση σε συνδυασμό με αισθητήρες ενσωματωμένους σε αυτοκίνητα και υποδομές της πόλης μπορεί να ανακουφίσει το αδιέξοδο που επιφέρουν τα προβλήματα στάθμευσης και να προσφέρει την καλύτερη δυνατή ποιότητα υπηρεσιών στους πολίτες. Μια μέθοδος που στηρίζεται σε κεντρική ροή πληροφοριών και αναφέρεται από πολλές πηγές [13], [31], [50] είναι τα Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs), στα οποία τα οχήματα επικοινωνούν με άλλα οχήματα που βρίσκονται σε εγγύτητα και με οδικούς αισθητήρες, ενώ παίζουν βασικό ρόλο σε εφαρμογές που χρησιμοποιούν τέτοιου είδους συστήματα.

Εξίσου χρήσιμες είναι οι υλοποιήσεις εφαρμογών που περιλαμβάνουν κάποιο αλγόριθμο, κάποια μέθοδο μηχανικής μάθησης ή κάποιο είδος νευρωνικών δικτύων, με απώτερο σκοπό τη βελτιστοποίηση της διαδρομής και της χρονικής διάρκειας εύρεσης πάρκινγκ. Λαμβάνοντας υπ' όψη το συνολικό αποτέλεσμα και την υπολογιστική πολυπλοκότητα, ο αλγόριθμος του Dijkstra έχει εφαρμογή στο σχεδιασμό της διαδρομής στάθμευσης, αλλά δεν είναι ο βέλτιστος στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης μιας πόλης [51]. Λοιποί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι ο αλγόριθμος της βελτιστοποίησης αποικιών των μυρμηγκιών (Ant Colony Optimization) [52], ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης σμήνους σωματιδίων (Particle Swarm Optimization) [53], και ο αλγόριθμος A-star (A*), αλλά η επεξήγησή τους είναι πέρα από το πεδίο εφαρμογής της παρούσας εργασίας.

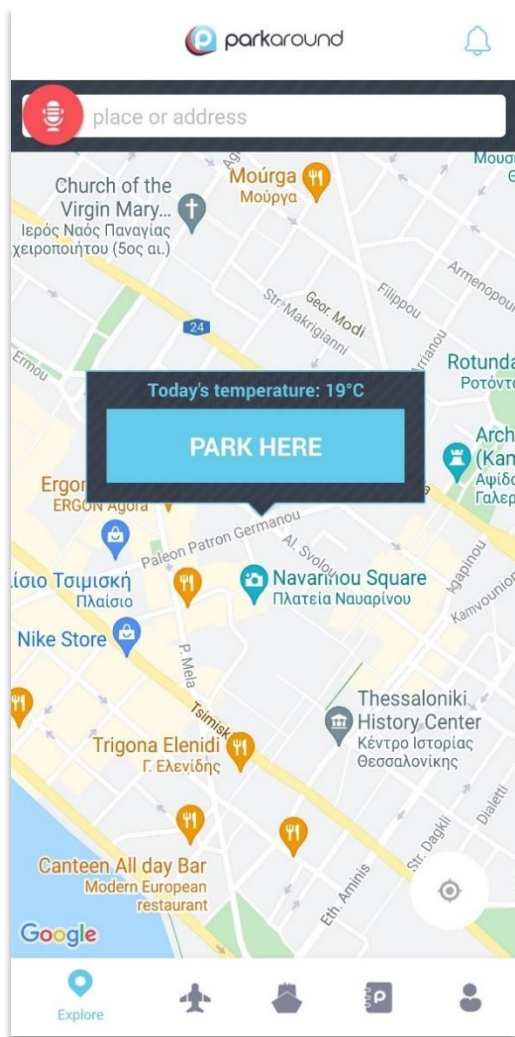
3.2 Αναφορά σε σχετικές εφαρμογές έξυπνου Parking

Οι εφαρμογές έξυπνης στάθμευσης δεν αφορούν μόνο τεχνολογίες και μεθοδολογίες, αλλά μπορούν να ενσωματώνονται και σε κινητές συσκευές. Η ανάγκη εύρεσης πάρκινγκ από τους οδηγούς είναι άμεση, οπότε εξαιτίας των εφαρμογών που έχουν υλοποιηθεί για κινητά τηλέφωνα,

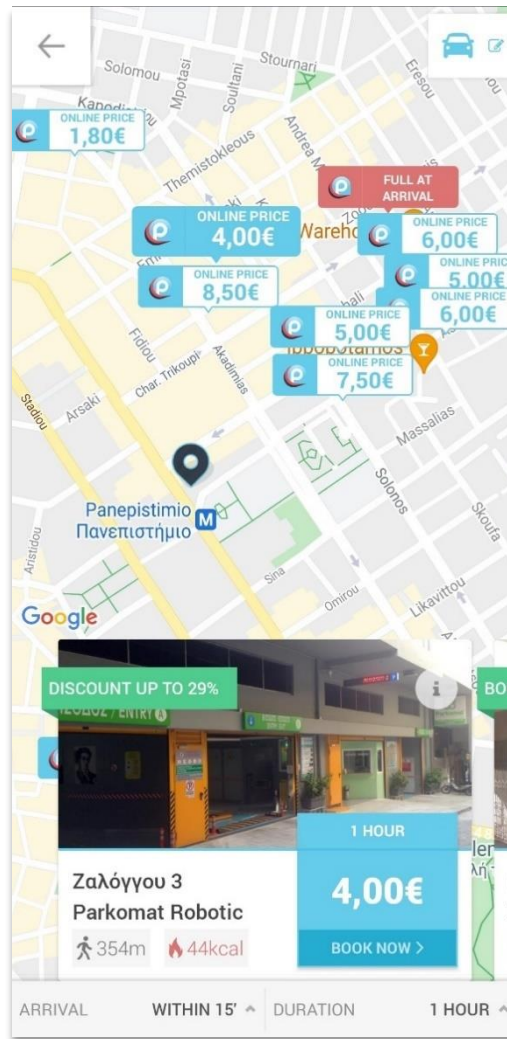
η αναζήτηση γίνεται μια διαδραστική διαδικασία και βοηθά κατά κάποιο τρόπο στη μερική αποσυμφόρηση των οδών. Παρακάτω λοιπόν παρουσιάζονται αναλυτικά μερικές εφαρμογές που πληρούν αυτά τα κριτήρια:

ParkAround – ParkAround B.V.

Η συγκεκριμένη εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς ο χρήστης να κάνει εγγραφή. Όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 7, στην αρχική οθόνη λαμβάνεται και εμφανίζεται το στίγμα της τοποθεσίας του χρήστη, το κουμπί “PARK HERE”, ένα πεδίο αναζήτησης τοποθεσίας καθώς και η θερμοκρασία της ημέρας. Έπειτα, με το πάτημα του κουμπιού εμφανίζονται τα επαγγελματικά πάρκινγκ σε εγγύτητα στην επιλεγμένη περιοχή και μερικές πληροφορίες για αυτά όπως η τιμή και η διεύθυνση (Εικ. 8). Η εφαρμογή παρέχει επαρκή αριθμό πληροφοριών, αναφορά των διαθέσιμων ανέσεων, όπως και ένα σύστημα αξιολογήσεων για κάθε επαγγελματικό χώρο πάρκινγκ. Δίνεται επίσης η δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει το δικό του προφίλ, να εισάγει τον τύπο του οχήματός του και να δει τις ενεργές κρατήσεις του σε πλοία ή αεροπλάνα. Δυστυχώς, η εφαρμογή λειτουργεί μόνο με συνεργαζόμενους επαγγελματικούς χώρους στάθμευσης, δε διατίθεται για πάρκινγκ στο δρόμο και το εύρος χρήσης της περιορίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές στην Αθήνα (κέντρο, αεροδρόμιο, λιμάνι, σταθμός λεωφορείων) και σε ελάχιστα σημεία σε άλλες πόλεις. Αποτελεί καλή επιλογή σε περίπτωση οργανωμένου ταξιδιού ή εργασιών στο κέντρο της Αθήνας. Η εφαρμογή ParkAround έγινε διαθέσιμη δωρεάν στο Play Store τον Οκτώβριο του 2012 σε λειτουργικό Android και είναι μέρος της κατηγορίας “Χάρτες και πλοήγηση” [54].



Εικόνα 7: Αρχική οθόνη ParkAround

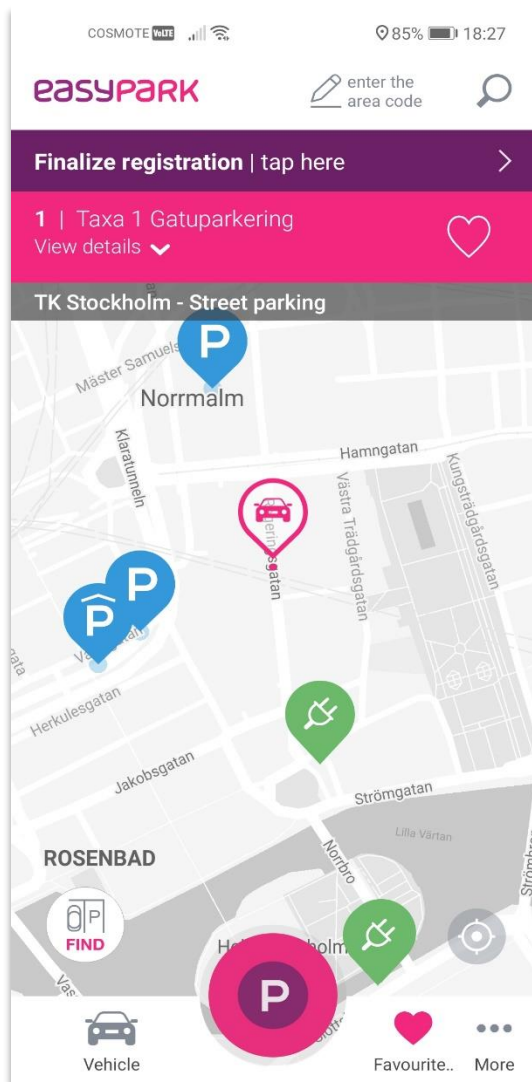


Εικόνα 8: Εύρεση πάρκινγκ ParkAround

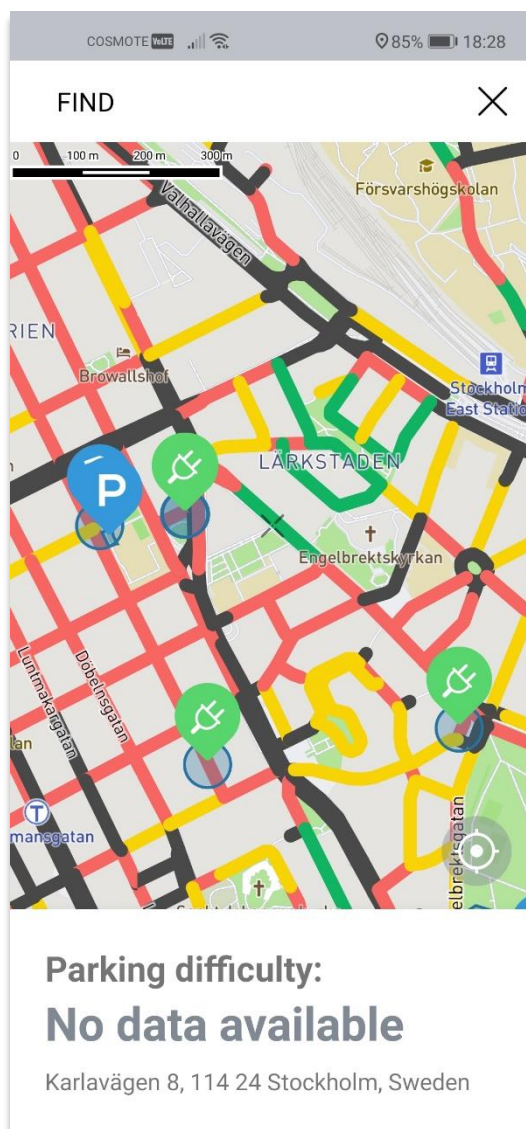
EasyPark – EasyPark AS

Η εφαρμογή αυτή απαιτεί οπωσδήποτε την παροχή ενός αριθμού τηλεφώνου για τη λειτουργία της. Αρχικά διαφαίνονται τα διαθέσιμα ιδιωτικά πάρκινγκ κοντά στην περιοχή ενδιαφέροντος, τα σημεία που προσφέρουν φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων και κάποιες πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία που βρίσκεται ο δείκτης (Εικ. 9). Ακόμη, ο χρήστης πατώντας το κουμπί “FIND” στην αρχική οθόνη, μπορεί να πληροφορηθεί για τη δυσκολία εύρεσης πάρκινγκ στην περιοχή με την εμφάνιση πολύχρωμων γραμμών σε κάθε οδό (Εικ. 10). Η εφαρμογή προσφέρει δυνατότητα πληρωμής ανά λεπτό και παύση χρέωσης πάρκινγκ, με διατήρηση της πίστωσης για επόμενη φορά. Επιπρόσθετα, υπάρχει λειτουργία πάρκινγκ με τη χρήση καμερών, που ελέγχουν την πινακίδα του οχήματος κατά την είσοδο και έξοδο σε

συνεργαζόμενες εγκαταστάσεις και η διαδικασία γίνεται αυτοματοποιημένη. Το σύστημα λειτουργεί σε περιορισμένο αριθμό Ευρωπαϊκών πόλεων και δεν υποστηρίζει τη στάθμευση σε όλες τις τοποθεσίες αυτών. Αρνητικό είναι το φαινόμενο απαίτησης για εισαγωγή πιστωτικής κάρτας στις περιοχές που υποστηρίζεται η δωρεάν στάθμευση στο δρόμο. Η προαναφερθείσα εφαρμογή έγινε διαθέσιμη δωρεάν στο Play Store τον Αύγουστο του 2011 σε λειτουργικό Android και είναι μέρος της κατηγορίας “Χάρτες και πλοήγηση” [55].



Εικόνα 9: Εύρεση πάρκινγκ EasyPark

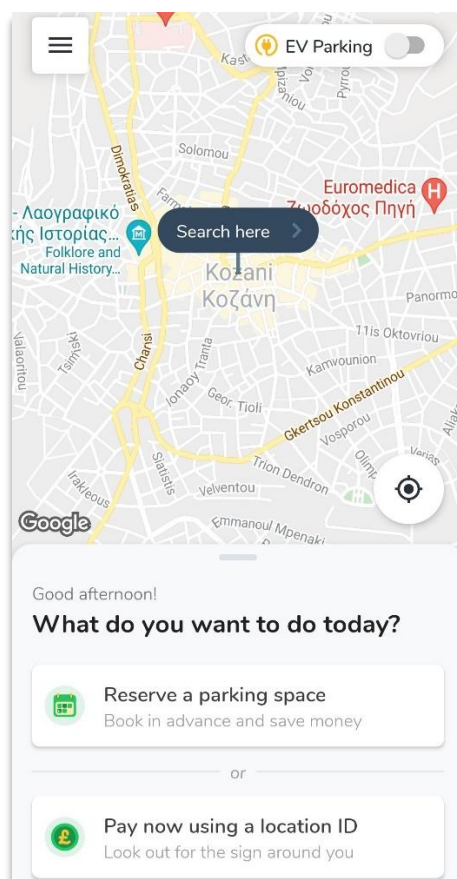


Εικόνα 10: Λειτουργία δυσκολίας εύρεσης πάρκινγκ EasyPark

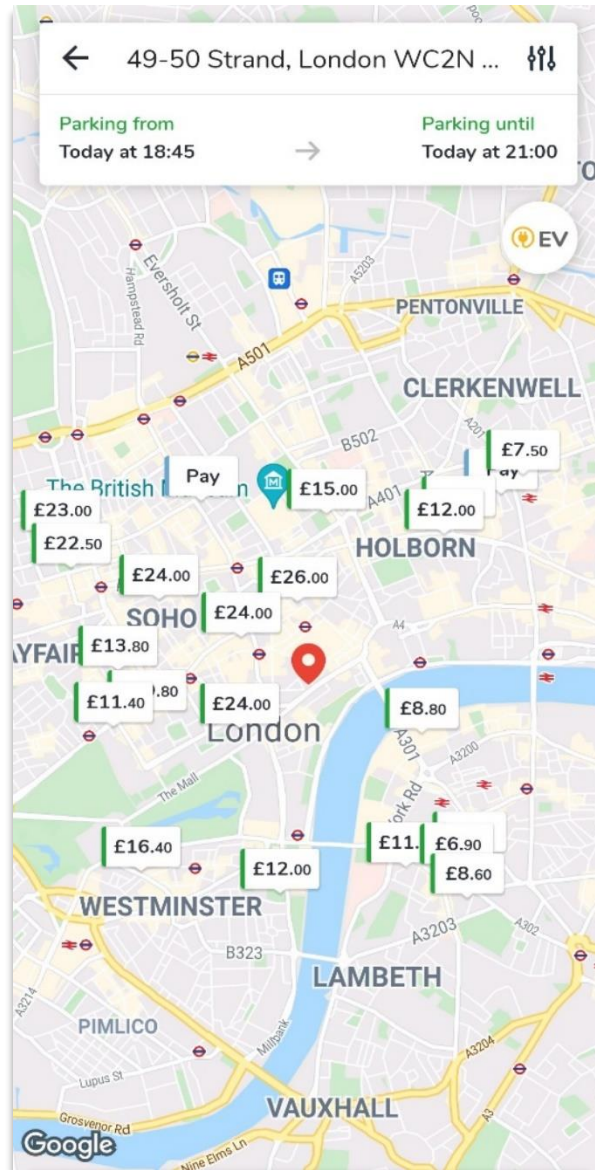
JustPark – JustPark

Η εφαρμογή αυτή δίνει τη δυνατότητα στους οδηγούς να προσφέρουν τις ιδιωτικές τους θέσεις πάρκινγκ (π.χ. της κατοικίας τους) και να νοικιάσουν αντίστοιχα από άλλους όταν οι ίδιοι

αναζητούν θέση, όπως φαίνεται στην εικόνα 11. Με την αναζήτηση σε μια περιοχή ενδιαφέροντος εμφανίζονται οι επαγγελματικοί και οι ιδιωτικοί χώροι στάθμευσης που είναι σε εγγύτητα στο χρήστη, καθώς και διαθέσιμες θέσεις στο δρόμο με μετρητές (Εικ. 12). Η εφαρμογή λειτουργεί με τεχνικές crowdsourcing και βασίζεται στους χρήστες για την παροχή ολοκληρωμένων πληροφοριών για τα πάρκινγκ που διαθέτουν, συμπεριλαμβανομένων πολλαπλών και ευκρινών φωτογραφιών, ευέλικτων ωραρίων, καταλληλότητας των τύπων οχημάτων και τιμολογιακής πολιτικής. Διακρίνεται επίσης η λειτουργία αξιολόγησης του κάθε χώρου στάθμευσης κάθε φορά που χρησιμοποιείται, με αποτέλεσμα τη διαφάνεια των χρηστών στην παροχή στοιχείων. Επιπλέον, υπάρχουν διαθέσιμες εικόνες από το StreetView (όψη της περιοχής από το δρόμο), ώστε να φαίνεται η ακριβής τοποθεσία των θέσεων, και προσφέρεται η εμφάνιση στάθμευσης για ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Το σύστημα διατίθεται και σε εφαρμογή διαδικτύου, ενώ είναι τοπικοποιημένο μόνο στο Ηνωμένο Βασίλειο, όπου παρέχει ικανοποιητική, σχεδόν καθολική κάλυψη. Αυτή η εφαρμογή έγινε διαθέσιμη δωρεάν στο Play Store τον Ιανουάριο του 2016 σε λειτουργικό Android και είναι μέρος της κατηγορίας “Χάρτες και πλοήγηση” [56].



Εικόνα 11: Αρχική οθόνη JustPark

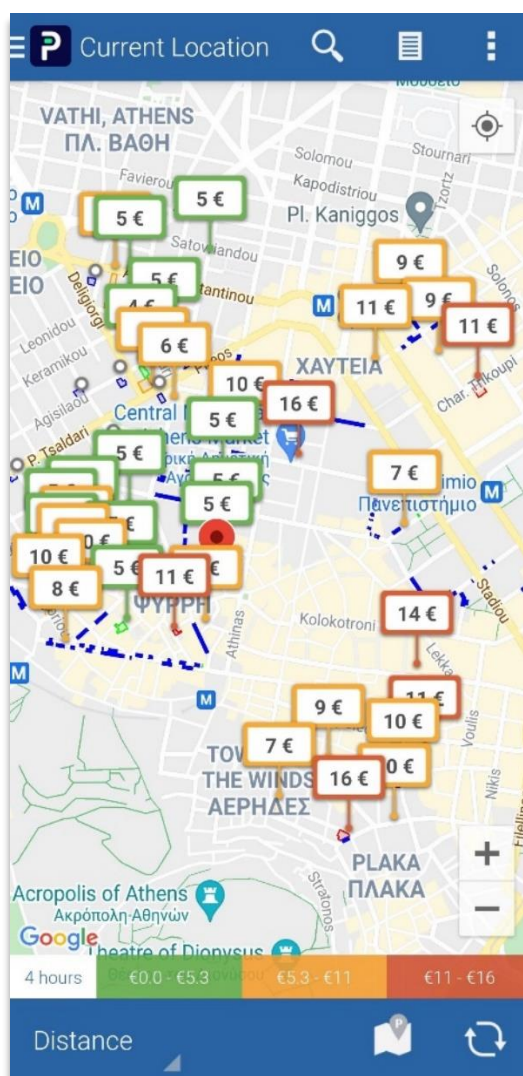


Εικόνα 12: Εύρεση πάρκινγκ JustPark

Parkopedia - Parkopedia Ltd

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή υπάρχει μια βάση δεδομένων διαθεσιμότητας χώρων στάθμευσης για 89 χώρες σε όλο τον κόσμο. Η βάση ανανεώνεται και επεκτείνεται διαρκώς εξαιτίας ενός μοντέλου crowdsourcing που στηρίζεται στη συνεισφορά των χρηστών, οι οποίοι προσφέρουν πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία, την τιμολογιακή πολιτική, τα ωράρια, τη χωρητικότητα, τον τύπο και τα χαρακτηριστικά ενός χώρου πάρκινγκ. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα προσθήκης φωτογραφιών, αξιολογήσεων και νέων θέσεων πάρκινγκ, οι οποίες μπορεί

να είναι στο δρόμο ή σε κάποιο ιδιωτικό χώρο. Βασιζόμενη στη συλλογή πληροφοριών από τους χρήστες, η εφαρμογή εμφανίζει όλα τα κατάλληλα πάρκινγκ κοντά στην περιοχή που έχει επιλεγεί, χρωματίζοντάς τα ανάλογα με τα πλαίσια τιμών τους, και σχεδιάζει γραμμές πάνω σε κάποιες οδούς για να υποδειχθεί η δυνατότητα στάθμευσης στο δρόμο (Εικ. 12). Ωστόσο, τα δεδομένα διαθεσιμότητας δεν προσφέρονται σε πραγματικό χρόνο, αλλά αντιθέτως αποτελούν μια απλή και λειτουργική καταγραφή στη βάση δεδομένων. Η συγκεκριμένη εφαρμογή έγινε διαθέσιμη δωρεάν στο Play Store το Φεβρουάριο του 2012 σε λειτουργικό Android και είναι μέρος της κατηγορίας “Χάρτες και πλοήγηση” [57].



Εικόνα 13: Εύρεση πάρκινγκ Parkopedia

Κεφάλαιο 4 – Σχεδιασμός και υλοποίηση της εφαρμογής

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η πορεία που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε η εφαρμογή για βελτιστοποίηση διαδρομής για εύρεση χώρου στάθμευσης σε πολυσύχναστα μέρη, “ParkEZ”. Στη συνέχεια ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των απαιτήσεων της εφαρμογής, των σεναρίων χρήσης της, των κύριων λειτουργιών της, των τεχνολογιών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και κάποιων στοιχείων έξυπνου πάρκινγκ.

4.1 Περιγραφή απαιτήσεων

Το τελικό προϊόν αυτού του έργου είναι μια εφαρμογή για κινητά και μεταξύ άλλων, υπάρχουν κάποιες απαιτήσεις που πρέπει να τηρούνται. Γι’ αυτό, παρακάτω περιλαμβάνεται ο προσδιορισμός τους ως αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού της εφαρμογής.

Η βασική απαίτηση ήταν η διαισθητική και η εύκολη χρήση της. Απαιτείται λοιπόν ένα φιλικό γραφικό περιβάλλον προς το χρήστη-οδηγό, ώστε να μην είναι απαραίτητη η διαρκής παρακολούθηση της εφαρμογής, επιτρέποντας σε αυτόν να εστιάζει την προσοχή του στο δρόμο και όχι στην οθόνη του κινητού, για να αποφύγει πιθανούς κινδύνους όπως πεζούς και αυτοκίνητα. Επιπλέον, ο τρόπος χρήσης της εφαρμογής θα πρέπει να είναι κατανοητός από σχεδόν όλα τα ηλικιακά στρώματα.

Ακόμη μια πολύ σημαντική απαίτηση ήταν η διευκόλυνση της ανάγκης για εύρεση χώρου στάθμευσης. Καθημερινά ολοένα και περισσότεροι άνθρωποι καλούνται να μετέχουν στην αναζήτηση θέσης πάρκινγκ, μια δραστηριότητα αυξανόμενης δυσκολίας λόγω της συνεχούς ανάπτυξης της αυτοκινητοβιομηχανίας και συνεπώς της αγοράς οχημάτων. Κάτι τέτοιο αποδεικνύεται επιβλαβές προς το περιβάλλον με τη σπατάλη καυσίμου και την κυκλοφοριακή συμφόρηση, απαιτώντας έτσι τη γρήγορη επίλυση του προβλήματος.

Επιπλέον, απαιτείται η σταδιακή υποχώρηση των ξεπερασμένων τεχνολογιών και η αντικατάστασή τους από νέες πιο καινοτόμες ιδέες, κάτι στο οποίο στηρίζεται και η παρούσα εφαρμογή. Μολονότι υπάρχουν υλοποιήσεις που αποτελούν αποτελεσματικές λύσεις, όπως ασύρματα δίκτυα αισθητήρων με υπερηχητική τεχνολογία και κάμερες που χρησιμοποιούν αλγορίθμους νευρωνικών δικτύων, το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης αυτού του εξοπλισμού τις καθιστά μη βέλτιστες και ανεπαρκείς.

Μια απαίτηση ήταν η άμεση ανταπόκριση της εφαρμογής σε εντολές που δίνει ο χρήστης. Η διαδικασία αναζήτησης θέσης στάθμευσης θα πρέπει να είναι απλή, λειτουργική και γρήγορη,

δηλαδή η αρχική οθόνη, ο χάρτης, η σχεδίαση της διαδρομής που έχει επιλέξει ο χρήστης και όλες οι υπόλοιπες λειτουργίες θα πρέπει να γίνονται στο συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα.

Ως τελική απαίτηση ήταν η συνολική συμμετοχή των χρηστών στην αλληλεπίδραση με το σύστημα της εφαρμογής. Για τη λειτουργία του αποτελεί προϋπόθεση η θεμιτή και ορθή χρήση της εφαρμογής, καθώς αυτή λειτουργεί με βάση το μοντέλο crowdsourcing και επηρεάζεται σημαντικά από την ανατροφοδότηση των χρηστών.

4.1.1 Περιγραφή Χρηστών

Ως χρήστες μιας εφαρμογής θεωρούνται όχι μόνο εκείνοι που κάνουν άμεση χρήση της στις συσκευές τους, αλλά και όλοι οι υπόλοιποι που δεν τη χρησιμοποιούν οι ίδιοι αλλά αλληλοεπιδρούν με αυτή εμμέσως. Συνεπώς διαχωρίζονται στις επακόλουθες κατηγορίες χρηστών:

- Πρωτεύοντες χρήστες. Αυτοί έχουν άμεση αλληλεπίδραση με το σύστημα και χρησιμοποιούν την εφαρμογή. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι οδηγοί που αναζητούν θέση στάθμευσης ή εισάγουν πληροφορίες για τη διαθεσιμότητα των θέσεων σε μια επιλεγμένη περιοχή μέσω της εφαρμογής.
- Δευτερεύοντες χρήστες. Αυτοί δεν κάνουν ποτέ χρήση του συστήματος άμεσα, άλλα δέχονται επιρροή από αυτό. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι οδηγοί που δε χρησιμοποιούν την εφαρμογή, όπως και οι ιδιοκτήτες ιδιωτικών πάρκινγκ.

4.1.2 Παράμετροι χρηστικότητας

- ❖ Μαθησιμότητα (Learnability): Αφορά την ικανότητα του χρήστη να κατανοήσει και να αφομοιώσει τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος ώστε να το χρησιμοποιεί παραγωγικά. Αυτό σημαίνει ότι ένας χρήστης-οδηγός θα πρέπει μέσα σε σύντομο χρόνο και με τη βοήθεια των μηνυμάτων με πληροφορίες που εμφανίζονται όπως και τα ονόματα των κουμπιών να μάθει να χρησιμοποιεί την εφαρμογή.

- ❖ Μνήμη (Memorability): Αφορά την ικανότητα του χρήστη να θυμηθεί μετά από ένα εύλογο χρονικό διάστημα τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος, εφόσον δεν το χρησιμοποίησε. Θεωρείται μια προέκταση της μαθησιμότητας και απαιτείται από το χρήστη να θυμάται τον τρόπο που λειτουργεί η εφαρμογή. Κάτι τέτοιο καθίσταται δυνατό μέσω των κατανοητών κουμπιών που υπάρχουν όπως και των μηνυμάτων βοήθειας που εμφανίζονται και προσδίδουν μια αίσθηση ευκολίας.

- ❖ Αποδοτικότητα (Efficiency): Αφορά το χρόνο στον οποίο ολοκληρώνεται κάποια διαδικασία που έχει επιλέξει ο χρήστης. Ο οδηγός μέσα σε ελάχιστο χρόνο θα πρέπει να καταφέρει να αποφασίσει σε ποια περιοχή θα παρκάρει το αυτοκίνητο του ανάλογα με το ποσοστό επιτυχίας εύρεσης θέσης που εμφανίζεται για εκείνη την περιοχή. Σημαντική λειτουργία επίσης είναι η δυνατότητα γρήγορης και αποτελεσματικής πλοήγησης στην επιλεγμένη τοποθεσία με το άγγιγμα ενός κουμπιού.

- ❖ Αποκριτικότητα (Responsiveness): Αφορά την ταχύτητα ανατροφοδότησης του συστήματος μετά από μια ενέργεια του χρήστη, όπως το πάτημα ενός κουμπιού. Το σύστημα θα πρέπει να αποκρίνεται άμεσα σε οποιαδήποτε ενέργεια χωρίς καμία καθυστέρηση.

- ❖ Ικανοποίηση (Satisfaction): Αφορά την ψυχική ευχαρίστηση του χρήστη όταν πλοηγείται στο σύστημα. Ο στόχος είναι η πλειοψηφία των χρηστών να είναι ικανοποιημένη από την απόδοση της εφαρμογής. Αυτό σημαίνει ότι οι οδηγοί πρέπει να θέλουν να τη χρησιμοποιήσουν για δικούς τους λόγους και το γραφικό περιβάλλον να τους ελκύει με την ευκολία και την ευχρηστία του.

4.1.3 Σενάρια χρήσης

Ακολουθεί περιγραφή ορισμένων σεναρίων χρήσης, ως παραδείγματα που βοηθούν στην αξιολόγηση της χρηστικότητας της εφαρμογής.

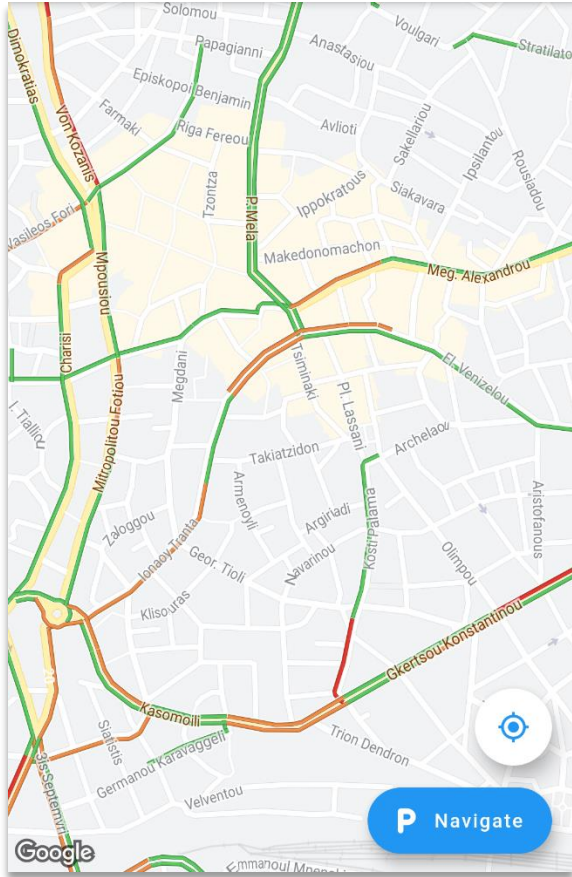
Η ιδέα που οδήγησε στη δημιουργία της εφαρμογής αυτής ξεκίνησε λόγω της ύπαρξης καθημερινών ρεαλιστικών δυσκολιών στάθμευσης που έπρεπε να επιλυθούν. Παραδείγματος χάριν, ένας οδηγός μπορεί να δυσκολευόταν να παρκάρει το όχημα του σε ένα πολυσύχναστο μέρος κοντά στο κέντρο μιας πόλης για να εκτελέσει τις πιθανές εργασίες του. Επίσης, μπορεί ένας εργαζόμενος να δυσκολευόταν να βρει ένα μέρος με διαθέσιμο πάρκινγκ κοντά στον τόπο εργασίας του.

Αυτά είναι κάποια από τα προβλήματα που στοχεύει να επιλύσει η παρούσα εφαρμογή στην καθημερινότητα.

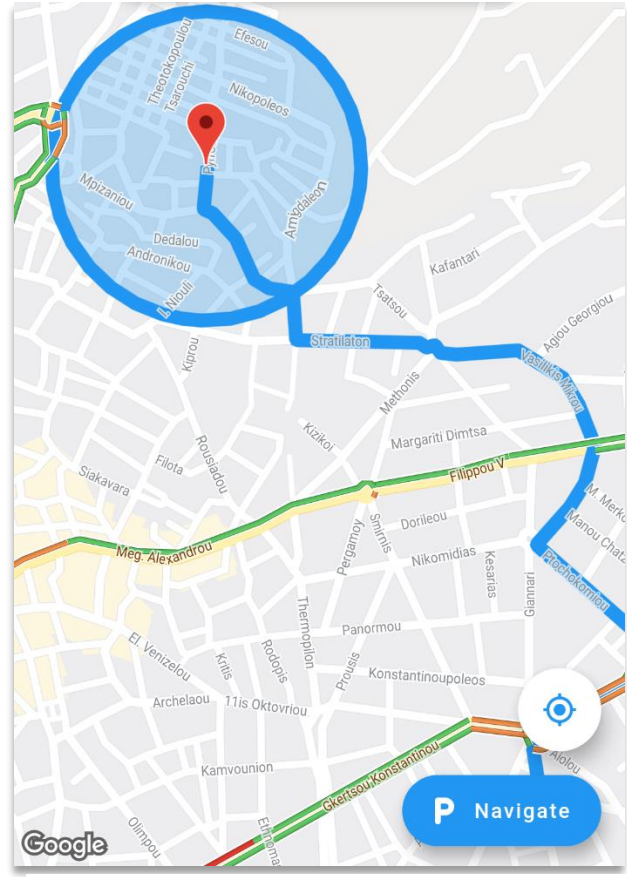
Σενάριο Α:

Έστω ότι ένας χρήστης θέλει να βρει μια θέση πάρκινγκ στην περιοχή της αρεσκείας του αλλά θέλει ταυτόχρονα να αποφύγει την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Σε αυτή την περίπτωση δύναται μέσω του διαδραστικού χάρτη να λάβει πληροφορίες σχετικά με το ποιοι δρόμοι έχουν τη λιγότερη κίνηση, να επιλέξει οδηγίες για τη διαδρομή προς την επιλεγμένη περιοχή, και να μαθαίνει σε πραγματικό χρόνο τη συμφόρηση σε κάθε οδό.

Στις ακόλουθες εικόνες (Εικ. 14, 15) βρίσκουμε οπτικοποιημένο το άνω παράδειγμα.



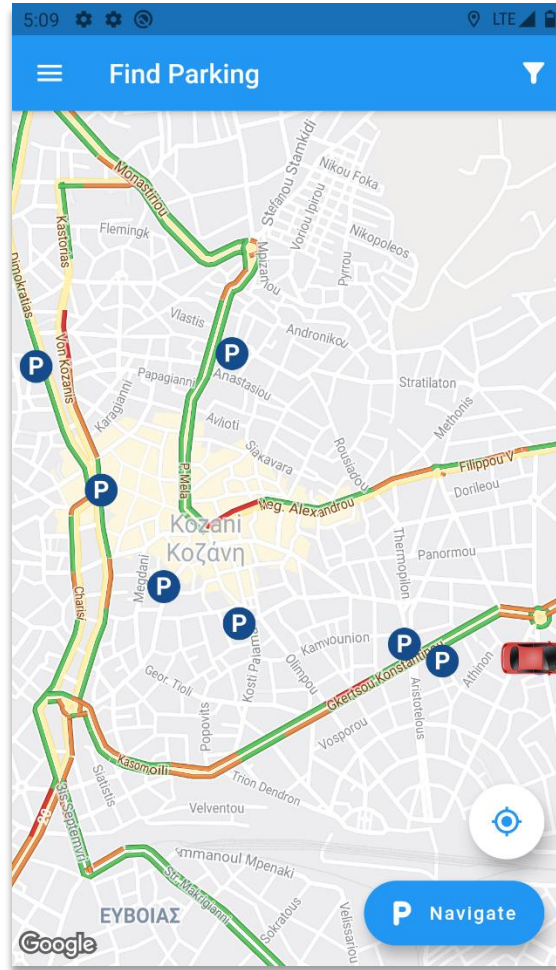
Εικόνα 14: Εμφάνιση κυκλοφοριακής συμφόρησης σε πραγματικό χρόνο



Εικόνα 15: Οδηγίες προς την περιοχή ενδιαφέροντος

Σενάριο Β:

Έστω ότι ένας οδηγός χρειάζεται να εντοπίσει ένα χώρο στάθμευσης χαμηλού κόστους, γιατί δε σκοπεύει να αφήσει το όχημα του παρκαρισμένο πολλή ώρα. Και σε αυτό το σενάριο έχει τη δυνατότητα, κατά τη διάρκεια αναζήτησης θέσης στάθμευσης, να δει όλους τους διαθέσιμους χώρους πάρκινγκ που προτείνονται κοντά στην περιοχή που βρίσκεται και να πλοηγηθεί σε αυτούς. Στην ακόλουθη εικόνα (Εικ. 16) παρουσιάζεται οπτικοποιημένο αυτό το παράδειγμα.

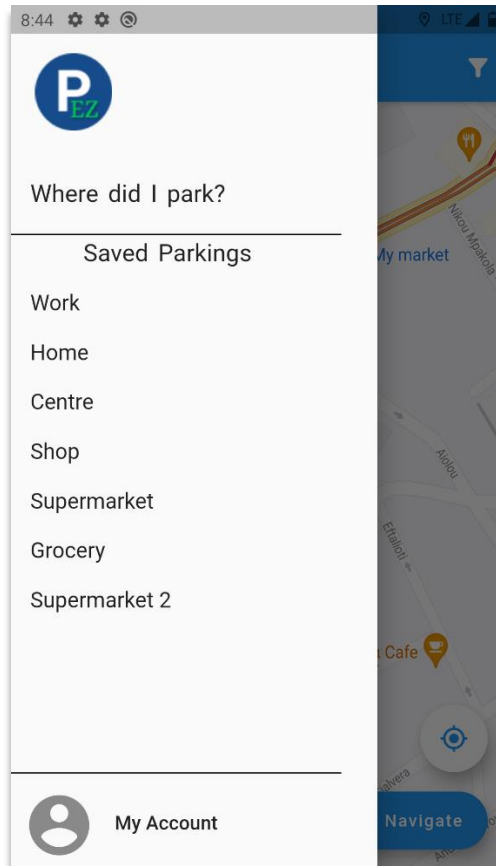


Εικόνα 16: Εμφάνιση διαθέσιμων χώρων πάρκινγκ

Σενάριο Γ:

Έστω ότι έχουμε ένα χρήστη που εργάζεται καθημερινά σε ένα πολυσύχναστο μέρος στο κέντρο της πόλης οπότε πρέπει να βρει ένα χώρο στάθμευσης που κατά προτίμηση θα είναι δίχως χρέωση, εφόσον σκοπεύει να τον χρησιμοποιήσει καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας του και ταυτόχρονα κοντά σε εκείνο το μέρος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δύναται να επιλέξει από τις αποθηκευμένες τοποθεσίες που υπάρχουν από προηγούμενες διαδρομές πατώντας το κουμπί του μενού και να βρει αυτή που είναι σε εγγύτητα στον τόπο εργασίας του.

Στην ακόλουθη εικόνα (Εικ. 17) παρουσιάζεται οπτικοποιημένο το συγκεκριμένο παράδειγμα.

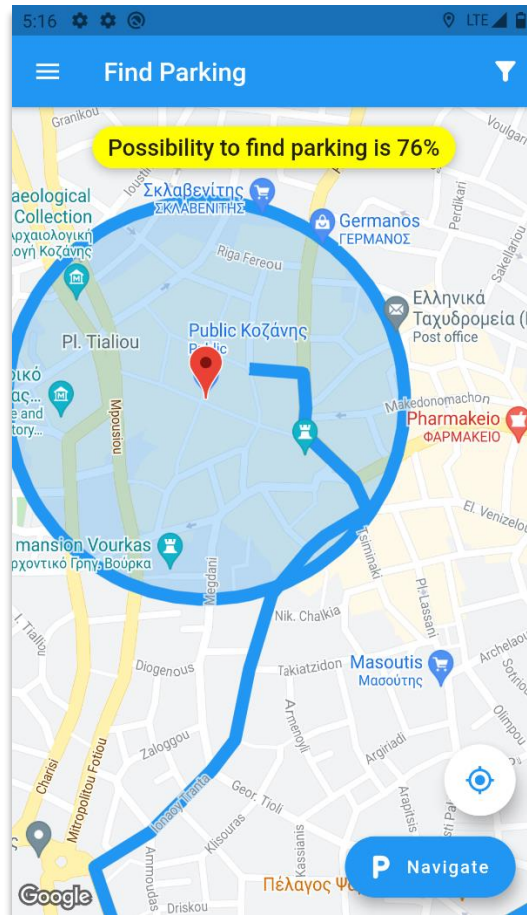


Εικόνα 17: Αποθηκευμένες τοποθεσίες πάρκινγκ

Σενάριο Δ:

Έστω ότι υπάρχει ένας οδηγός που έχει μια υποχρέωση στο κέντρο της πόλης όμως ο χρόνος του είναι πολύ περιορισμένος επειδή εργάζεται στα προάστια και δεν διατίθεται να καθυστερήσει στην εύρεση χώρου στάθμευσης. Συνεπώς, θέλει να βρει κάποιο χώρο στάθμευσης γρήγορα και χωρίς να έχει άγχος, οπότε μπορεί μέσω της εφαρμογής να ανακαλύψει την πιθανότητα εύρεσης στάθμευσης στην επιθυμητή τοποθεσία και να επιλέξει την περιοχή που έχει τη μεγαλύτερη πιθανότητα.

Στην ακόλουθη εικόνα (Εικ. 18) παρουσιάζεται οπτικοποιημένο αυτό το παράδειγμα.

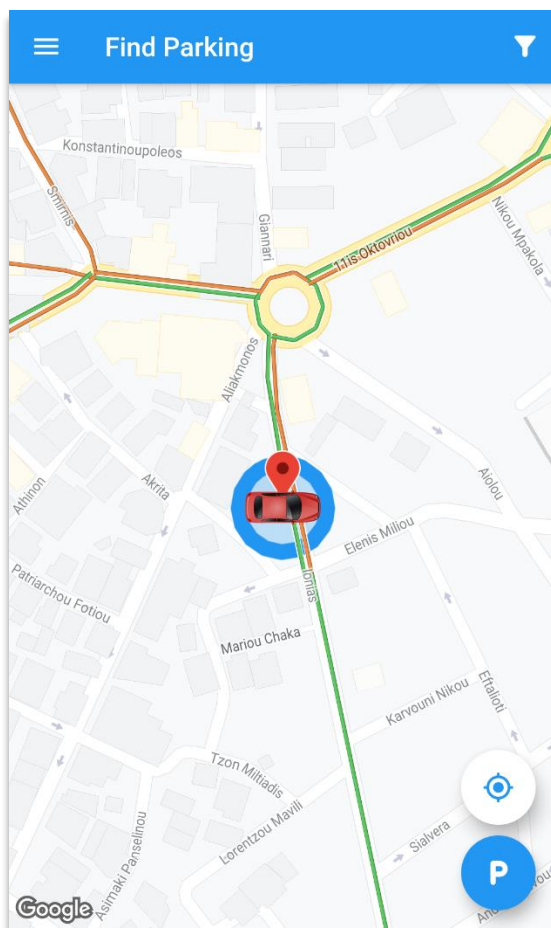


Εικόνα 18: Πιθανότητα εύρεσης στάθμευσης στην επιλεγμένη τοποθεσία

Σενάριο Ε:

Έστω ότι υπάρχει ένας οδηγός που έχει παρκάρει ήδη σε μια περιοχή, έχει τελειώσει τις υποχρεώσεις του και θέλει να γυρίσει πίσω στο αυτοκίνητο του, αλλά για κάποιο λόγο έχει ξεχάσει την ακριβή τοποθεσία της θέσης που βρίσκεται το όχημα. Η εφαρμογή του δίνει τη δυνατότητα να ανακαλύψει την τελευταία θέση στάθμευσης, απεικονίζοντας ένα δείκτη που του παρουσιάζει την ακριβή θέση του οχήματος του.

Στην ακόλουθη εικόνα (Εικ. 19) παρουσιάζεται οπτικοποιημένο αυτό το παράδειγμα.



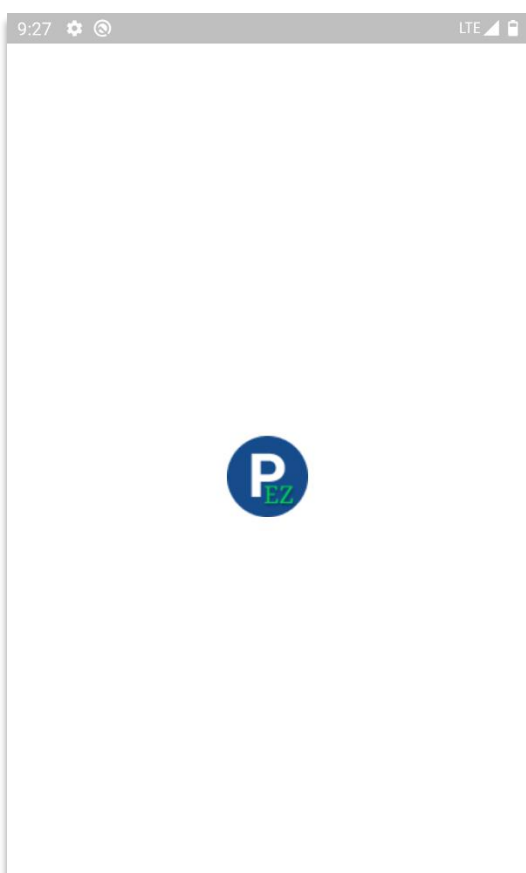
Εικόνα 19: Εμφάνιση τοποθεσίας σταθμευμένου αυτοκινήτου

4.2 Περιγραφή της εφαρμογής “ParKEZ”

Ο σκοπός υλοποίησης της εφαρμογής “ParKEZ” είναι η διευκόλυνση ενός οδηγού στη συνήθως αγχώδη διαδικασία εύρεσης ελεύθερης θέσης στάθμευσης. Υλοποιείται μια μέθοδος συμβολικής ευφυΐας με σκοπό το σύστημα να λειτουργεί όσο πιο ομαλά και κοντά σε ανθρώπινο τρόπο σκέψης. Μέσω της εφαρμογής ο χρήστης μπορεί να λάβει πληροφορίες για την πιθανότητα εύρεσης πάρκινγκ σε μια επιλεγμένη περιοχή, για τα πλησιέστερά του δημόσια ή επαγγελματικά πάρκινγκ και για την κυκλοφοριακή συμφόρηση σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα, του δίνεται η δυνατότητα εφαρμογής φίλτρων για την αποκλειστική εμφάνιση των πάρκινγκ ή την απόκρυψη όλων των δεικτών (markers) στο χάρτη, ώστε να έχει μια εύκολη εμπειρία χρήσης και να αποφευχθεί η σύγχυση. Προσφέρεται επίσης η λειτουργία υπενθύμισης θέσης πάρκινγκ η οποία

εμφανίζει την τελευταία τοποθεσία που πάρκαρα ο οδηγός. Το εύχρηστο περιβάλλον που υπάρχει επιτρέπει στο χρήστη την εύκολη πλοήγηση στο σύστημα, αφού όλα τα γραφικά στοιχεία είναι κατανοητά και άμεσα διαθέσιμα, παρέχοντάς του έτσι μια ευχάριστη εμπειρία από τη χρήση της εφαρμογής.

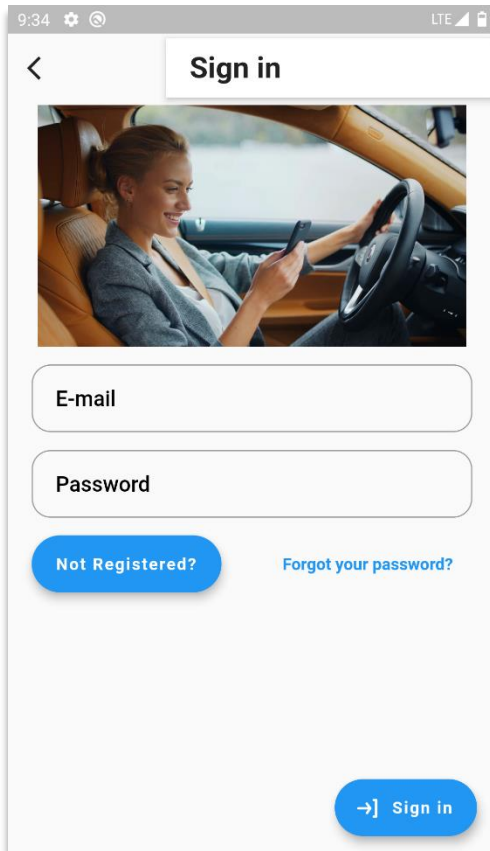
Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται κάποιες βασικές οθόνες της εφαρμογής “ParkEZ”. Αρχικά απεικονίζεται η οθόνη εκκίνησης (splash screen) που βλέπει ο χρήστης αμέσως μετά το άνοιγμα της εφαρμογής (Εικ. 20) και έπειτα η αρχική οθόνη (Εικ. 21). Ακολουθεί η οθόνη σύνδεσης (Εικ. 22) και εγγραφής ενός νέου χρήστη στο σύστημα (Εικ. 23).



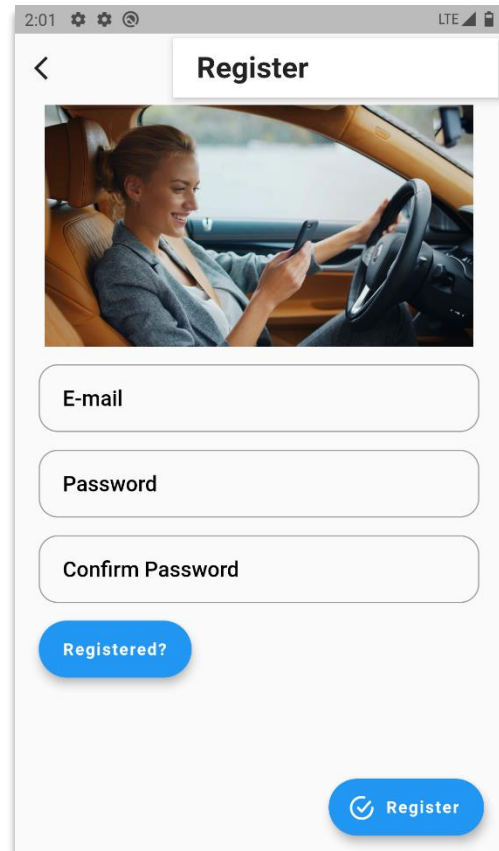
Εικόνα 20: Οθόνη εκκίνησης



Εικόνα 21: Αρχική οθόνη

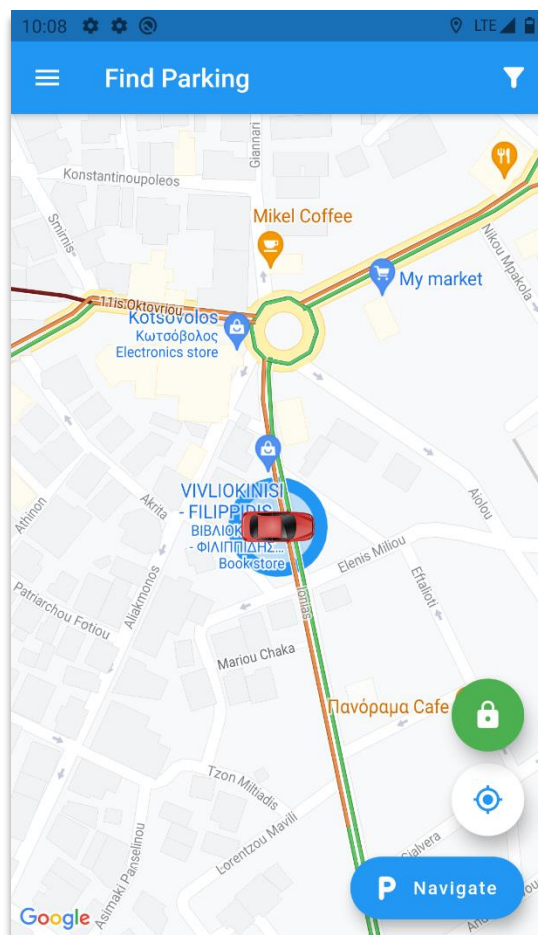


Εικόνα 22: Οθόνη σύνδεσης χρήστη



Εικόνα 23: Οθόνη εγγραφής χρήστη

Στην εικόνα 24 παρουσιάζεται η κύρια οθόνη της εφαρμογής όπου φορτώνει ο χάρτης με τα σημεία δημόσιων ή επαγγελματικών πάρκινγκ και γίνονται διαθέσιμες όλες οι επιλογές και λειτουργίες προς το χρήστη.



Εικόνα 24: Κεντρική οθόνη συστήματος

4.3 Ανάλυση τεχνολογικών όρων και εργαλεία

Στην πορεία ανάπτυξης της εφαρμογής για βελτιστοποίηση διαδρομής για εύρεση χώρου στάθμευσης σε πολυσύχναστα μέρη “ParkEZ”, χρησιμοποιήθηκαν αρκετές τεχνολογίες και εργαλεία. Η υλοποίηση της εφαρμογής έχει στόχο την πλατφόρμα Android και κατ’ επέκταση τη συμβατότητα με τα περισσότερα κινητά τηλέφωνα που έχουν το συγκεκριμένο λειτουργικό σύστημα. Επίσης, στο μεγαλύτερο μέρος έγινε χρήση της αντικειμενοστραφούς γλώσσας προγραμματισμού Dart σε συνδυασμό με το Flutter SDK, μια διεπαφή χρήστη (User Interface) ανοικτού κώδικα που επιτρέπει τη δημιουργία εφαρμογών σε πολλές πλατφόρμες με μια ενιαία βάση κώδικα. Ακόμη, για την ανάπτυξη της εφαρμογής έγινε εκμετάλλευση του περιβάλλοντος του Visual Studio Code, όπως και του καθοριστικής σημασίας Android Studio, που παρέχει τα εργαλεία για την αποτελεσματική εκσφαλμάτωση και έλεγχο του συστήματος.

4.3.1 Λειτουργικό σύστημα Android

Το Android είναι ένα λειτουργικό σύστημα και αποτελεί μια πλατφόρμα πάνω στην οποία αναπτύσσονται εφαρμογές, βασισμένη σε τροποποιημένη έκδοση του πυρήνα του λειτουργικού Linux. Αρχικά, η ανάπτυξη του έγινε από τη Google, και έπειτα την ανέλαβε η κοινοπραξία προγραμματιστών Open Handset Alliance. Τα αποκαλυπτήρια του Android έγιναν το 2007 και η πρώτη συσκευή που το εκμεταλλεύτηκε, το HTC Dream, βγήκε το 2008. Το λειτουργικό σύστημα προσφέρει τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να αναπτύσσουν εφαρμογές χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού Java, ενώ η Google ανακοίνωσε το 2017 την υποστήριξη της γλώσσας Kotlin. Ακόμη, η Open Handset Alliance οραματίστηκε ένα επεκτάσιμο και ανοιχτό περιβάλλον ανάπτυξης για εφαρμογές, και το Android ως μέρος αυτού του οράματος είναι μία επιτυχημένη και παγκόσμια πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών για κινητά τηλέφωνα. Ο αποκλειστικός σκοπός που σχεδιάστηκε η πλατφόρμα ήταν η ενθάρρυνση και η δημιουργία μιας ελεύθερης και ανοιχτής αγοράς, που θα μπορούσαν να απολαμβάνουν τόσο οι χρήστες εφαρμογών κινητών τηλεφώνων όσο και οι προγραμματιστές αυτών των εφαρμογών.

Είναι δωρεάν λογισμικό ανοιχτού κώδικα (open source) και ο πηγαίος κώδικας του είναι γνωστός ως Android Open Source Project (AOSP), το οποίο έχει άδεια κυρίως της Apache License. Ο τρόπος που λειτουργεί το λογισμικό ανοιχτού κώδικα περιλαμβάνει ότι για τη χρήση της πλατφόρμας ούτε οι προγραμματιστές, ούτε οι κατασκευαστές συσκευών δεν υποχρεούνται να καταβάλλουν ποσά. Το ίδιο ισχύει και για τα πνευματικά δικαιώματα της πλατφόρμας. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα στους προγραμματιστές Android να διανείμουν τις εφαρμογές τους υπό οποιαδήποτε άδεια προτιμούν. Επίσης, μπορούν να γράφουν δωρεάν λογισμικό ανοιχτού κώδικα ή κλασικές εφαρμογές, των οποίων η πνευματική ιδιοκτησία προστατεύεται, για εμπορική εκμετάλλευση, αλλά και με οποιονδήποτε άλλο τρόπο [58].

Οι εφαρμογές Android έχουν επέκταση μορφής “.apk” και αποθηκεύονται σε συγκεκριμένο φάκελο στο λειτουργικό σύστημα, που είναι προσπελάσιμος μόνο στον κύριο χρήστη (root) για λόγους ασφαλείας. Οι υπηρεσίες συστήματος σε συσκευές Android είναι προσβάσιμες από όλες τις εφαρμογές, με αποτέλεσμα όταν χορηγηθούν τα κατάλληλα και επιλεγμένα δικαιώματα από το χρήστη, οι εφαρμογές Android μπορούν να λειτουργούν αρμονικά ανταλλάσσοντας συνεχώς δεδομένα και να έχουν πρόσβαση σε κοινόχρηστους πόρους του λειτουργικού συστήματος με ασφάλεια [58].

Η αρχιτεκτονική του Android

Οι τεχνολογίες ενός συστήματος Android μπορούν να διακριθούν σε 5 στρώματα:

- Στρώμα **Εφαρμογών (Apps)**, το οποίο είναι το πιο ορατό στο χρήστη και χρησιμοποιείται συχνότερα από προγραμματιστές
- Στρώμα **Πλαισίου Εφαρμογών Android (Android Framework)**, που περιλαμβάνει το Binder Inter-Process Communication (IPC), το οποίο λειτουργεί σαν συνδετικός ιστός ανάμεσα στο επίπεδο Apps και καλεί τον κώδικα των εγγενών βιβλιοθηκών Android
- Στρώμα **Εγγενών Βιβλιοθηκών (Native Libraries)** (εμπεριέχει το **Android Runtime**), το οποίο αποτελείται από βιβλιοθήκες γραμμένες σε C και C++, που χρησιμοποιούνται από εστιασμένα στοιχεία που δίνουν στις εφαρμογές πρόσβαση στο υποκείμενο hardware. Σε αυτό το στρώμα βρίσκεται και το Dalvik Virtual Machine
- Στρώμα **Hardware Abstraction Layer (HAL)/HAL Interface Description Language (HIDL)**, το οποίο ορίζει μια τυπική διεπαφή που πρέπει να εφαρμόσουν οι προμηθευτές υλικού. Η χρήση του επιτρέπει την εφαρμογή λειτουργιών χωρίς να επηρεάζονται ή να τροποποιούνται τα υψηλότερα επίπεδα συστήματος
- Στρώμα **Πυρήνα Linux (Linux Kernel)**, το οποίο περιέχει λειτουργίες απαραίτητες για μια ενσωματωμένη στα κινητά πλατφόρμα, όπως οι drivers, η διαχείριση μνήμης και η διαχείριση διεργασιών.

Στα κατώτερα επίπεδα του συστήματος βρίσκονται οι θεμελιώδεις υπηρεσίες που βασίζονται όλες οι εφαρμογές, και τα υψηλότερα επίπεδα εμπεριέχουν πιο εξελιγμένες τεχνολογίες. Όλα τα στρώματα παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα [59].



Εικόνα 25: Η διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική του Android

Το Android SDK είναι ένα κιτ ανάπτυξης λογισμικού (Software Development Kit) που περιλαμβάνει ένα εκτεταμένο σύνολο εργαλείων ανάπτυξης και παρέχει ένα πλήθος σύγχρονων και ανθεκτικών διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών (Application Programming Interface ή API). Τα βασικά εργαλεία είναι τα εξής: πρόγραμμα εντοπισμού σφαλμάτων, βιβλιοθήκες, προσομοιωτής συσκευών, τεκμηρίωση, δείγματα κώδικα και βοήθεια με παραδείγματα. Η πρώτη έκδοση του SDK κυκλοφόρησε τον Οκτώβριο του 2009. Είναι συνταγμένο στη γλώσσα προγραμματισμού Java και μπορεί να λειτουργήσει σε πολλές πλατφόρμες, εκτός από το ίδιο το Android. Το επίσημο πρόγραμμα που φιλοξενεί το SDK είναι το Android Studio, ωστόσο οι προγραμματιστές είναι ελεύθεροι να χρησιμοποιούν και άλλα προγράμματα, με σχετικά μειωμένη υποστήριξη.

Τη στιγμή εγγραφής της παρούσας εργασίας η τελευταία σταθερή έκδοση του λειτουργικού συστήματος και του SDK είναι το Android 11 με αριθμό επιπέδου API 30 και το Android 11 SDK αντίστοιχα. Έχει κυκλοφορήσει επίσης και η δωδέκατη έκδοση σε μορφή Beta, το Android 12 Beta, που διατίθεται για λόγους ανάπτυξης, ελέγχου και ανατροφοδότησης.

4.3.2 Android Studio & Visual Studio Code

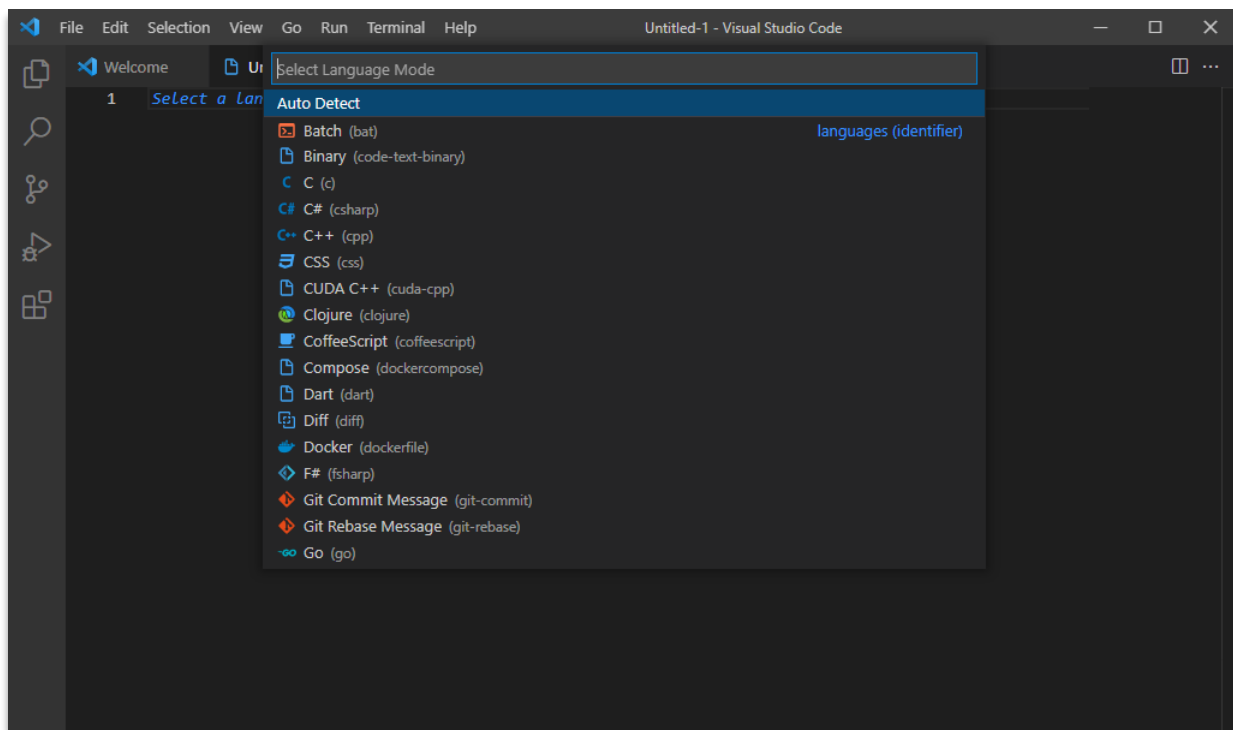
Το Android Studio είναι το επίσημο ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον (Integrated Development Environment ή IDE) για ανάπτυξη εφαρμογών στην πλατφόρμα Android, βασισμένο στο IntelliJ IDEA. Ανακοινώθηκε για πρώτη φορά στις 16 Μαΐου 2013 στο συνέδριο Google I/O. Η πρώτη σταθερή έκδοση του λογισμικού ήταν διαθέσιμη τον Δεκέμβριο του 2014, ξεκινώντας από τον αριθμό 1.0. Πέρα από τα ισχυρά εργαλεία επεξεργασίας κώδικα και εργαλεία προγραμματιστή του IntelliJ, το Android Studio παρέχει επιπλέον δυνατότητες που ενισχύουν την παραγωγικότητά κατά τη δημιουργία εφαρμογών Android, αποτελεί ένα ευέλικτο σύστημα για build μιας εφαρμογής βασισμένο στο Gradle, και περιλαμβάνει ένα ενοποιημένο περιβάλλον όπου είναι δυνατός ο ταυτόχρονος προγραμματισμός για όλες τις συσκευές Android.

Το Android Studio περιλαμβάνει το Android Virtual Device (AVD), μια διαμόρφωση που καθορίζει τα χαρακτηριστικά ενός τηλεφώνου Android, tablet ή wearable και μας δίνει τη δυνατότητα να τα πραγματοποιήσουμε στο Android Emulator. Το τελευταίο είναι εργαλείο που προσφέρει το Android SDK και προσομοιώνει συστήματα Android στον υπολογιστή, ώστε να μπορεί να δοκιμαστεί μια εφαρμογή σε διάφορες πλατφόρμες και επίπεδα API χωρίς να χρειάζεται η ύπαρξη κάθε φυσικής συσκευής. Ο Emulator παρέχει σχεδόν όλες τις δυνατότητες μιας πραγματικής Android συσκευής, όπως σύνδεση στο διαδίκτυο, πρόσβαση σε βασικές εφαρμογές, χρήση αισθητήρων, αλλαγή προσανατολισμού και άλλα. Ακόμη, η δοκιμή μιας εφαρμογής στον προσομοιωτή είναι κατά κάποιο τρόπο γρηγορότερη και ευκολότερη.

Το Visual Studio Code είναι ένας επεξεργαστής πηγαίου κώδικα (code editor) που τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν υποστήριξη για εντοπισμό σφαλμάτων, επισήμανση σύνταξης, έξυπνη ολοκλήρωση κώδικα, snippets, αναδιαμόρφωση κώδικα και ενσωματωμένο Git, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μια ποικιλία γλωσσών προγραμματισμού. Οι λειτουργίες που παρέχει το πρόγραμμα σε συνδυασμό με την ευρεία διαθεσιμότητα προσθέτων ειδικά διαμορφωμένων για πολλές γλώσσες, δημιουργούν μια αίσθηση περιβάλλοντος ενός πλήρους IDE. Ανακοινώθηκε για πρώτη φορά τον Απρίλιο του 2015 στο συνέδριο Build 2015, και η πρώτη έκδοση του ήταν διαθέσιμη στο κοινό τον Απρίλιο του 2016. Βασίζεται στο πλαίσιο εργασίας Electron, το οποίο χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη εφαρμογών ιστού Node.js που εκτελούνται στη μηχανή διάταξης Blink. Αντί για σύστημα έργων, το πρόγραμμα επιτρέπει στους χρήστες να ανοίξουν έναν ή περισσότερους καταλόγους, που στη συνέχεια μπορούν να

αποθηκευτούν σε χώρους εργασίας για μελλοντική επαναχρησιμοποίηση. Υποστηρίζει πολλές γλώσσες προγραμματισμού και ένα σύνολο χαρακτηριστικών που διαφέρουν ανά γλώσσα. Τα ανεπιθύμητα αρχεία και φάκελοι μπορούν να αφαιρεθούν από το δέντρο του έργου μέσω των ρυθμίσεων. Διαθέτει ένα πλήρως εξοπλισμένο τερματικό που είναι ενσωματωμένο για την υποστήριξη λειτουργιών όπως συνδέσμων και εντοπισμού σφαλμάτων. Πολλές δυνατότητες του προγράμματος δεν εκτίθενται μέσω των μενού ή του user interface, αλλά μπορούν να γίνουν προσβάσιμες μέσω της παλέτας εντολών.

Για τη δημιουργία ενός νέου έργου, αρχικά δίνεται η δυνατότητα από το Visual Studio Code να επιλεγεί η λειτουργία γλώσσας που επιθυμεί ο χρήστης, μεταξύ 63 διαφορετικών γλωσσών προγραμματισμού. Το πρόγραμμα μπορεί επίσης να αναγνωρίσει τη γλώσσα που πληκτρολογεί ο χρήστης χωρίς αυτός να την προσδιορίσει. Στην εικόνα ... διαφαίνεται το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής κατά το αρχικό βήμα δημιουργίας νέου αρχείου κώδικα. Η δυνατότητα χρήσης διαφορετικών γλωσσών στον ίδιο κατάλογο αρχείων αποδεικνύεται μια λειτουργία αρκετά χρήσιμη σε περιπτώσεις που η εκπόνηση ενός έργου απαιτεί τον προγραμματισμό σε πολλαπλές γλώσσες ταυτόχρονα.



Εικόνα 26: Επιλογή γλώσσας προγραμματισμού στο Visual Studio Code

Για να είναι δυνατή η εκσφαλμάτωση και συνεπώς ο έλεγχος μιας εφαρμογής, το Visual Studio Code μπορεί να χρησιμοποιήσει το Android Emulator και κατά συνέπεια τις υφιστάμενες εικόνες συσκευών που έχουν γίνει στο Android Studio. Για παράδειγμα, αν δημιουργηθεί μια εικόνα Android στο AVD Manager με τις επιλογές που έχει ορίσει ο χρήστης (π.χ. API 27), μπορεί να γίνει εκμετάλλευσή της και από τα δύο προγράμματα. Επιπρόσθετα, με αυτόν τον τρόπο έγινε η ανάπτυξη της εφαρμογής “ParkEZ”, καθώς με το συνδυασμό του Visual Studio Code και του Android Studio είναι πιο εύκολος και αποδοτικός ο προγραμματισμός με την πληθώρα εργαλείων που παρέχουν τα δύο προγράμματα.

4.3.3 Flutter & Dart

Το Flutter είναι ένα Software Development Kit ανοιχτού κώδικα που δημιουργήθηκε από την Google. Αποκαλύφθηκε το 2017 ενώ η πρώτη σταθερή έκδοση με όνομα Flutter 1.0 κυκλοφόρησε στην εκδήλωση Flutter Live τον Δεκέμβριο του 2018. Το συγκεκριμένο SDK διευκολύνει σημαντικά τη δημιουργία native εφαρμογών που λειτουργούν σε πολλές πλατφόρμες με έναν οικείο και απλοποιημένο τρόπο. Έχει σχεδιαστεί ως ένα επεκτάσιμο, πολυεπίπεδο σύστημα και αποτελείται από μια σειρά ανεξάρτητων βιβλιοθηκών που η κάθε μία συνδέεται με το υποκείμενο επίπεδο. Κανένα επίπεδο δεν έχει προνομιακή πρόσβαση στο παρακάτω, και κάθε μέρος του framework επιπέδου έχει σχεδιαστεί να είναι προαιρετικό και αντικαταστάσιμο. Στον πυρήνα του Flutter βρίσκεται το Flutter engine, το οποίο είναι γραμμένο κυρίως σε C++ και εκτελεί τις βασικές λειτουργίες που είναι απαραίτητες για την υποστήριξη όλων των εφαρμογών [60].

Η φιλοσοφία του Flutter εμπεριέχει το “UI as code”, δηλαδή την εμφάνιση του κώδικα ως γραφικά στοιχεία (Widget) στην οθόνη, και τα δέντρα γραφικών στοιχείων (Widget Trees), τα οποία λειτουργούν εμφωλευμένα. Το Flutter είναι ξεχωριστό στο ότι καθιστά πραγματικά δυνατή τη λογική “write once, and deploy everywhere” δηλαδή την ανάπτυξη σε πολλά περιβάλλοντα με τη χρήση μιας ενιαίας βάσης κώδικα, καθώς οι εφαρμογές Flutter έχουν τη δυνατότητα να αναπτυχθούν σε Android, iOS και ChromeOS. Ένας από τους στόχους της Google για το μέλλον είναι οι εφαρμογές Flutter να εκτελούνται και ως web εφαρμογές, κάτι το οποίο είναι σε beta έκδοση αυτή τη στιγμή, και ως εφαρμογές επιφάνειας εργασίας σε όλα τα μεγάλα λειτουργικά

συστήματα. Οι εφαρμογές Flutter γράφονται στη γλώσσα προγραμματισμού που ονομάζεται Dart και χρησιμοποιούν πολλά από τα προηγμένα χαρακτηριστικά της γλώσσας [61].

Η Dart είναι μια αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού, κάτι που διευκολύνει τη σύνταξη οπτικών εμπειριών για τους χρήστες, χωρίς να χρειάζεται γλώσσα markup. Αρχικά, δημιουργήθηκε ως γλώσσα ανάπτυξης ιστοσελίδων και ήταν διαθέσιμη το 2011. Ο στόχος ήταν να συμπεριλάβει ένα χρόνο εκτέλεσης σε Dart στο πρόγραμμα περιήγησης ως εναλλακτικό της JavaScript, τελικά όμως αντί για αυτό, η Google αποφάσισε να γράψει έναν μεταγλωττιστή. Αυτό σημαίνει ότι σχεδόν όλες οι δυνατότητες στη Dart πρέπει να ταιριάζουν σημειολογικά στη JavaScript. Επίσης, η Dart υποστηρίζει μεταγλώττιση just-in-time (JIT) και μεταγλώττιση ahead-of-time (AOT). Με τη μεταγλώττιση AOT οι εντολές σε Dart μετατρέπονται στον αντίστοιχο εγγενή κώδικα. Αυτό καθιστά το Flutter γρήγορο και σημαίνει ότι σχεδόν ολόκληρη η δομή του έργου είναι γραμμένη σε Dart, κάτι που επιτρέπει σε έναν προγραμματιστή να προσαρμόσει τα πάντα ανάλογα με τις ανάγκες του. Με την προαιρετική μεταγλώττιση JIT, επιτρέπεται η λειτουργία hot reloading, που βοηθάει στη γρήγορη ανάπτυξη, έλεγχο και εκσφαλμάτωση της εφαρμογής. Επιπλέον, η Dart είναι μια παραγωγική και προβλέψιμη γλώσσα, συνεπώς είναι εύκολη η εκμάθησή της. Η υλοποίηση της εφαρμογής στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε με το συνδυασμό του Flutter SDK, το οποίο είναι διαθέσιμο ως προσθήκη στο Visual Studio Code και της γλώσσας προγραμματισμού Dart, που έχει επίσης υποστήριξη στο πρόγραμμα έπειτα από την εγκατάσταση του αντίστοιχου πακέτου.

4.3.4 Βιβλιοθήκες εφαρμογής

Οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής είναι οι εξής:

- google_maps_flutter
- location
- flutter_polyline_points
- geolocator
- provider

Η εισαγωγή των προαναφερθέντων βιβλιοθηκών έγινε έπειτα από αναζήτηση στην επίσημη ιστοσελίδα του Flutter, όπου βρίσκονται όλα τα διαθέσιμα πακέτα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάποιο έργο, καθώς και παραδείγματα κώδικα σε κάθε ένα για κατανόηση της χρήσης τους [62].

Η βιβλιοθήκη `google_maps_flutter` προσφέρει ένα βασικό γραφικό στοιχείο Google Maps και επιτρέπει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση χαρτών στην εφαρμογή. Λειτουργεί σε συνδυασμό με ένα ψηφιακό κλειδί API, μοναδικό για κάθε προγραμματιστή που αιτείται να λάβει ένα, το οποίο επιτρέπει την επικοινωνία της εφαρμογής με τους κεντρικούς υπολογιστές ώστε να ληφθούν τα απαραίτητα δεδομένα και έπειτα γίνεται δυνατή η τέλεση βασικών λειτουργιών στο χάρτη [63].

Η βιβλιοθήκη `location` χειρίζεται τη λήψη τοποθεσίας στο Android, όπως και παρέχει συνεχή επανάκληση όταν αυτή αλλάζει. Μπορεί επίσης να τροποποιηθεί ώστε να λαμβάνει την τοποθεσία όταν η εφαρμογή βρίσκεται στο παρασκήνιο. Αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την εμφάνιση των χαρτών, τον υπολογισμό αποστάσεων, τον καθορισμό της κατεύθυνσης που βλέπει η συσκευή και πολλά άλλα [64].

Η βιβλιοθήκη `flutter_polyline_points` αποκωδικοποιεί μια κωδικοποιημένη συμβολοσειρά `polyline` της Google σε λίστα γεωγραφικών συντεταγμένων κατάλληλων για εμφάνιση διαδρομής στους χάρτες. Λειτουργεί σε συνδυασμό με το `Directions API`, παίρνει το κλειδί και υπολογίζει τη διαδρομή ανάμεσα σε δύο γεωγραφικά σημεία και έπειτα τα εμφανίζει στο χάρτη ως μια γραμμή που υποδεικνύει το δρόμο που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης [65].

Η βιβλιοθήκη `geolocator` αποτελεί ένα πρόσθετο γεωγραφικής τοποθεσίας που παρέχει εύκολη πρόσβαση στις υπηρεσίες τοποθεσίας σε συγκεκριμένες πλατφόρμες. Κάποιες από τις λειτουργίες της βιβλιοθήκης είναι η λήψη της τελευταίας γνωστής καθώς και της τρέχουσας τοποθεσίας της συσκευής με την εκτέλεση συνεχών ενημερώσεων, ο έλεγχος εάν οι υπηρεσίες τοποθεσίας είναι ενεργοποιημένες και ο υπολογισμός της απόστασης σε μέτρα μεταξύ δύο γεωσυντεταγμένων [66].

Η βιβλιοθήκη `provider` λειτουργεί ως περιτύλιγμα γύρω από τα `InheritedWidget`, με στόχο να είναι ευκολότερα στη χρήση και πιο επαναχρησιμοποιήσιμα. Τα `InheritedWidget` είναι μια βασική κλάση γραφικών στοιχείων που διαδίδουν αποτελεσματικά πληροφορίες στο δέντρο `Widget`. Χρησιμοποιώντας το `provider` πραγματοποιείται μια πιο απλοποιημένη κατανομή και διάθεση των πόρων του συστήματος, εξαλείφεται η ανάγκη δημιουργίας νέων κλάσεων για κάθε νέο `InheritedWidget` εφόσον τα καταναλώνει και προσφέρεται αυξημένη επεκτασιμότητα για κλάσεις με μηχανισμό ακρόασης που αυξάνεται εκθετικά σε πολυπλοκότητα [67].

Χρησιμοποιήθηκαν επίσης πολλές βιβλιοθήκες που υπάρχουν προεγκατεστημένες μέσα στο πακέτο του Flutter, ενδεικτικά η `material`, η `cupertino` και η `services`, όπως και βιβλιοθήκες από το πακέτο της Dart, συγκεκριμένα η `async` και η `typed_data`.

4.3.5 Google Maps

Στη βάση του σχεδιασμού της εφαρμογής είναι οι Χάρτες της Google και το αντίστοιχο API τους που παρέχεται από το Google Cloud Platform (GCP). Οι Χάρτες πρωτοεμφανίστηκαν το 2005 και αμέσως είχαν τεράστιο αντίκτυπο στον τρόπο σκέψης, εκμάθησης και εργασίας των ανθρώπων με γεωγραφικές πληροφορίες. Με εύκολη πρόσβαση σε χωρικές και πολιτιστικές πληροφορίες, οι χάρτες παρέχουν στους χρήστες τα μέσα για να κατανοήσουν τον κόσμο και τις κοινότητές τους. Επιπλέον, τα δυναμικά εργαλεία παρουσίασης που υπάρχουν αποτελούν ελκυστικές επιλογές για κάποιον που θέλει να δημιουργήσει προσαρμοσμένους χάρτες με βάση τις επιθυμίες του.

Ο χάρτης αποτελεί τη διεπαφή χαρτογράφησης που επιτρέπει την οπτικοποίηση οροσήμων και τον υπολογισμό συντεταγμένων μέσω GPS, κάτι που καθιστά δυνατό τον καθορισμό της αρχικής τοποθεσίας. Διαφαίνεται έτσι ένας ικανοποιητικός αριθμός πληροφοριών όπως η τοποθεσία του χρήστη, καταστήματα, δρόμοι και άλλα σημεία ενδιαφέροντος. Επίσης, ο χάρτης λειτουργεί ως βασικός καμβάς στον οποίο μπορούν να σχεδιαστούν τα σημεία ιδιωτικού ή δημόσιου πάρκινγκ από την αναζήτηση που τελεί η εφαρμογή. Παράλληλα, μια λειτουργία που επιτυγχάνεται μέσω των χαρτών είναι η δημιουργία ενός συνόλου polylines με τη χρήση του Directions API που παρέχει η Google, για να συνδεθούν διάφορα σημεία που αντιπροσωπεύουν ζεύγη γεωγραφικού πλάτους και μήκους στο χάρτη για την παραγωγή μιας οπτικής διαδρομής. Αποφεύχθηκε η χρήση των Χαρτών ως ξεχωριστή εφαρμογή που ανοίγει μέσω του “ParkEZ” για την πλοήγηση σε κάποια τοποθεσία, λόγω των αυξημένων κινήσεων που πρέπει να κάνει ο οδηγός, καθώς δεν έχει την πολυτέλεια ενώ βρίσκεται στο όχημά του να ελέγχει συνέχεια τη συσκευή του. Γι’ αυτό λοιπόν επιλέχθηκαν οι Χάρτες να είναι η βάση της εφαρμογής ώστε να προσφέρουν όλες τις λειτουργίες τους ενσωματωμένες στην περίπτωσή μας.

Ωστόσο, ενώ οι χάρτες διαθέτουν ένα επίπεδο καλής ακρίβειας που είναι αρκετό για ανοιχτή πλοήγηση, από προεπιλογή δεν μπορούν να εντοπίσουν την τοποθεσία με ακρίβεια επιπέδου εκατοστών [68]. Αυτό μπορεί να έχει επίπτωση κάποιες φορές στην αναζήτηση τοποθεσίας του χρήστη εάν αυτός βρίσκεται σε ένα πολυσύχναστο κέντρο πόλης περιτριγυρισμένος από κτίρια, καθώς είναι γνωστό ότι η λήψη σήματος από τους δορυφόρους που αποτελούν το GPS σε τέτοιες περιπτώσεις είναι δύσκολη [69].

4.3.6 Google Firebase

Το Firebase είναι μια πλατφόρμα που αναπτύχθηκε για τη δημιουργία εφαρμογών για κινητά και φυλλομετρητές. Ήταν αρχικά μια ανεξάρτητη εταιρεία που ιδρύθηκε το 2011 και έπειτα αποκτήθηκε από τη Google το 2014. Η πρώτη υπηρεσία που προσφέρθηκε από την πλατφόρμα ήταν η βάση δεδομένων Firebase Realtime, ένα API που συγχρονίζει δεδομένα εφαρμογών σε iOS, Android και web συσκευές, αποθηκευόντάς τα στο νέφος (cloud) του Firebase. Η υπηρεσία βοηθά τους προγραμματιστές λογισμικού στη δημιουργία συνεργατικών εφαρμογών, που ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο. Ακόμη, η πλατφόρμα παρέχει πολυάριθμες υπηρεσίες χρήσιμες στην ανάπτυξη εφαρμογών, όπως το Firebase Analytics, που παρουσιάζει δεδομένα σχετικά με τη συμπεριφορά των χρηστών σε μια εφαρμογή, το Authentication, που ενισχύει τη διαδικασία της σύνδεσης και εγγραφής, το Crashlytics που βοηθάει στην επίλυση λαθών και το Performance που δίνει πληροφορίες σχετικά με την απόδοση μιας εφαρμογής. Επιπλέον, το Firebase αλληλεπιδρά με διάφορες άλλες υπηρεσίες, όπως το Google Cloud Platform, προσφέροντας ποιοτικότερα και πιο ολοκληρωμένα προϊόντα στους προγραμματιστές.

Σημαντική προσθήκη στο Firebase αποτελεί το Νέφος Firestore, μια βάση δεδομένων εγγράφων, που προσφέρει αυτόματη κλιμάκωση, υψηλή απόδοση και ευκολία ανάπτυξης εφαρμογών, ως το διάδοχο προϊόν της αρχικής βάσης δεδομένων Firebase Realtime. Η διεπαφή του Firestore περιλαμβάνει πολλά ίδια χαρακτηριστικά με τις παραδοσιακές βάσεις δεδομένων, αλλά διαφέρει από αυτές στον τρόπο που περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ αντικειμένων δεδομένων [70].

Στη συγκεκριμένη εργασία το Firebase και οι υπηρεσίες του χρησιμοποιούνται λόγω της ευκολίας και απόδοσης που παρέχουν σχετικά με διάφορες αναγκαίες λειτουργίες της εφαρμογής. Έτσι, όταν ένας χρήστης σκοπεύει να κάνει εγγραφή ή να συνδεθεί στην εφαρμογή, αυτή παρέχει μια γρήγορη, διαισθητική και αποτελεσματική διαδικασία ελέγχου ταυτότητας χρησιμοποιώντας την υπηρεσία Authentication. Επιπλέον, γίνεται εκμετάλλευση του Firestore, ώστε να είναι δυνατή η βασική λειτουργία της εφαρμογής που επιτρέπει την εμφάνιση πιθανότητας εύρεσης θέσης στάθμευσης σε μια περιοχή, καταγράφοντας στη βάση δεδομένων τα στοιχεία των περιοχών που επιλέγει ο χρήστης.

4.4 Στοιχεία εφαρμογής έξυπνου πάρκινγκ

Η εφαρμογή για βελτιστοποίηση διαδρομής για εύρεση χώρου στάθμευσης σε πολυσύχναστα μέρη έχει κύριο στόχο την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των οδηγών. Ως εκ τούτου, για να το επιτύχει χρησιμοποιεί έξυπνες λειτουργίες όπως αυτή των τεχνικών “crowdsourcing” για τη συγκέντρωση πληροφοριών, την εμφάνιση κυκλοφοριακής συμφόρησης σε πραγματικό χρόνο, τη βελτιστοποίηση διαδρομής με τη βοήθεια των Χαρτών, τον υπολογισμό πιθανότητας εύρεσης θέσης στάθμευσης και τη δυνατότητα αποθήκευσης θέσεων.

4.4.1 Μοντέλο Crowdsourcing

Ένα αναπόσπαστο έξυπνο στοιχείο της εφαρμογής αποτελεί η ενσωμάτωση τεχνικών crowdsourcing. Η δημοτικότητα των εφαρμογών που κάνουν χρήση τέτοιων τεχνικών αυξάνεται συνεχώς και το αποτέλεσμα της σωστής λειτουργίας τους συχνά συνδέεται με την επίλυση προβλημάτων της καθημερινότητας. Έτσι και στην συγκεκριμένη εφαρμογή η συμμετοχή των χρηστών κρίνεται απαραίτητη για τη σωστή λειτουργία της. Μεγάλο μέρος πληροφοριών που δέχεται το σύστημα, όπως το αν υπάρχει πάρκινγκ σε μια περιοχή και η κυκλοφοριακή συμφόρηση, προέρχεται από τους χρήστες. Για την ευκολότερη κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος, πρέπει να σημειωθεί ότι η πιθανότητα ύπαρξης ελεύθερης θέσης σε κάποια περιοχή είναι ανάλογη με το πλήθος των ενεργών χρηστών της εφαρμογής. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η καθολική συμμετοχή των χρηστών θεωρείται προαπαιτούμενη ώστε να μπορεί το σύστημα να λειτουργεί με ευστάθεια και ακρίβεια.

4.4.2 Εμφάνιση κυκλοφοριακής συμφόρησης

Σε συνέχεια της παραπάνω αναφοράς, διακρίνεται ότι για την ορθή λειτουργία κάθε crowdsourced εφαρμογής πρέπει να γίνεται χρήση από ένα ευρύ κοινό. Στην περίπτωση μας αυτό απαιτείται όχι μόνο για την εισαγωγή πληροφοριών των χρηστών για τη διαθεσιμότητα θέσεων πάρκινγκ, αλλά και για την εμφάνιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στο χάρτη. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί τους Χάρτες που ενσωματώνουν ένα έξυπνο σύστημα εντοπισμού συμφόρησης και εμφανίζει γραμμές ποικίλων χρωμάτων στους δρόμους μιας πόλης. Εάν για παράδειγμα υπάρχουν πολλά αυτοκίνητα σε ένα δρόμο τότε εκείνος εμφανίζεται κόκκινος, που σημαίνει ότι έχει μεγάλη κίνηση, ενώ αν εντοπίζονται λίγα αυτοκίνητα εμφανίζεται πράσινος. Με αυτό τον τρόπο ο οδηγός γνωρίζει ποιες οδούς πρέπει να αποφύγει ώστε να μην υπάρχει σπατάλη του χρόνου του και

ταυτόχρονα να μειωθούν οι ρύποι προς το περιβάλλον. Ο συγκεκριμένος τρόπος λειτουργίας βασίζεται σε τεχνικές crowdsourcing καθώς η εφαρμογή λαμβάνει το στίγμα τοποθεσίας των οδηγών, συνεπώς όσο περισσότεροι ενεργοί χρήστες υπάρχουν τόσο περισσότερα δεδομένα θα εισάγονται στο σύστημα.

4.4.3 Υπολογισμός πιθανότητας εύρεσης πάρκινγκ

Ακόμη μία έξυπνη λειτουργία που υπάρχει στην εφαρμογή είναι η δυνατότητα εμφάνισης της πιθανότητας εύρεσης πάρκινγκ σε οποιαδήποτε περιοχή επιλέξει ο χρήστης. Η ανάγκη προήλθε από τους οδηγούς, οι οποίοι απαιτούσαν να γνωρίζουν εάν η περιοχή που σκοπεύουν να επισκεφτούν έχει διαθέσιμη θέση στάθμευσης προτού μετακινηθούν σε αυτή, αποφεύγοντας έτσι πιθανές καθυστερήσεις και οικονομική επιβάρυνση. Έτσι, ενσωματώθηκε μια μέθοδος που τελεί αυτή τη λειτουργία με αξιοπιστία. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την περιοχή που τον ενδιαφέρει να αναζητήσει πάρκινγκ και να δει άμεσα την πιθανότητα εύρεσης θέσης. Αυτή αντλείται από όλους τους οδηγούς που έχουν δώσει πληροφορίες στο παρελθόν για τη συγκεκριμένη τοποθεσία σχετικά με το αν είχαν βρει πάρκινγκ ή όχι. Συνεπώς, αυτή η λειτουργία αποτελεί μια τεχνική crowdsourcing καθώς χρειάζεται οι χρήστες να συμμετέχουν ενεργά ώστε η εφαρμογή να είναι ακριβής και να δέχεται επαρκή αριθμό πληροφοριών.

4.4.4 Δυνατότητα αποθήκευσης θέσεων

Ως τέταρτη έξυπνη λειτουργία παρουσιάζεται η δυνατότητα αποθήκευσης θέσεων, κάτι που αποδεικνύεται βολικό για επαναλαμβανόμενες διαδρομές στην ίδια περιοχή. Ο οδηγός μετά το πέρας της διαδικασίας ανεύρεσης πάρκινγκ μπορεί να επιλέξει αν θέλει να αποθηκεύσει τη διαδρομή στις αγαπημένες του για ευκολότερη πρόσβαση την επόμενη φορά. Στη συνέχεια, προσφέρεται μια πρόσθετη καθοριστική λειτουργία, η υπενθύμιση θέσης στάθμευσης, με την οποία ο οδηγός μπορεί να ανακαλύψει την τελευταία θέση που πάρκαρα σε περίπτωση που δε θυμάται ή η περιοχή είναι άγνωστη σε αυτόν. Η ύπαρξη ενός φιλικού περιβάλλοντος προς το χρήστη είναι αναγκαίο προαπαιτούμενο ώστε η εφαρμογή να προσελκύει κοινό για τη χρήση της, αλλά και για την ευκολία που παρέχει στο χειρισμό βασικών λειτουργιών. Επιπλέον, το σύστημα βάσει αυτών των παραγόντων μπορεί να θεωρηθεί ένα φερέγγυο και θεμιτό εργαλείο που επιλέγουν οι χρήστες-οδηγοί για την αντιμετώπιση ενός καθημερινού τους προβλήματος.

4.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά

Στην παρακάτω παράγραφο αναφέρονται κάποια από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος.

Η εφαρμογή “ParkEZ” υλοποιήθηκε σε 21 αρχεία με πηγαίο κώδικα Dart, με μερικά να θεωρούνται μικρά γραφικά στοιχεία (Widget) που ενσωματώνονται στο κύριο δέντρο Widget, και άλλα αρχεία που δημιουργήθηκαν αυτόματα μέσω του Flutter SDK και τροποποιήθηκαν καταλλήλως για να μπορούν να εισαχθούν τα πρόσθετα πακέτα. Το Flutter εισάγει επιπλέον αρχεία τα οποία είναι απαραίτητα για τη μετατροπή του κώδικα σε native Android. Επιπλέον, η πρώτη έκδοση του apk εκσφαλμάτωσης της εφαρμογής (debug apk) καταλαμβάνει 57 Megabyte του αποθηκευτικού χώρου της συσκευής.

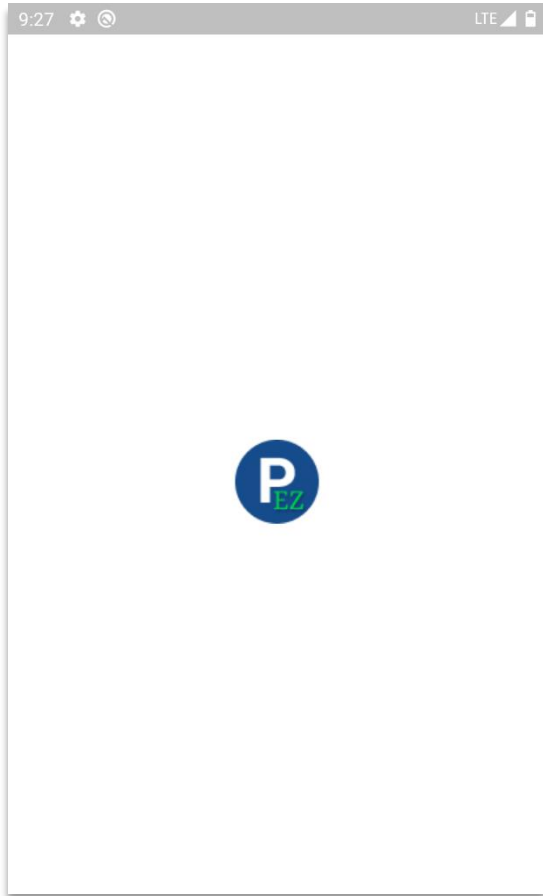
Κεφάλαιο 5 – Παρουσίαση και χρήση “ParkEZ”

5.1 Εκκίνηση εφαρμογής – Αρχική σελίδα

Όταν ο χρήστης εγκαταστήσει επιτυχώς την εφαρμογή “ParkEZ”, δημιουργείται το αντίστοιχο εικονίδιο στην αρχική οθόνη του λειτουργικού συστήματος Android (Εικ. 27). Μετά το πάτημα του εικονιδίου η εφαρμογή αρχικοποιείται και κατά τη διάρκεια φόρτωσης εμφανίζεται για ένα σύντομο χρονικό περιθώριο η οθόνη εκκίνησης (splash screen) της, που φαίνεται στην εικόνα 28. Αυτή είναι καθαρά αισθητική προσθήκη και εκτός από την παροχή μιας σταθερής εικόνας μέχρι το λογισμικό Android να φορτώσει το μέρος Flutter της εφαρμογής, δεν εξυπηρετεί κάποια άλλη λειτουργία. Όταν ολοκληρωθεί η εκκίνηση, ο χρήστης βλέπει την αρχική οθόνη, η οποία είναι εισαγωγική και περιλαμβάνει το λογότυπο της εφαρμογής. Επιπλέον, παρουσιάζεται το εικονίδιο της σύνδεσης στο σύστημα στην πάνω αριστερή γωνία της συσκευής, της και ο δείκτης της τρέχουσας σελίδας στο κατώτερο σημείο της οθόνης (Εικ. 29).



Εικόνα 27: Λογότυπο εφαρμογής ParkEZ



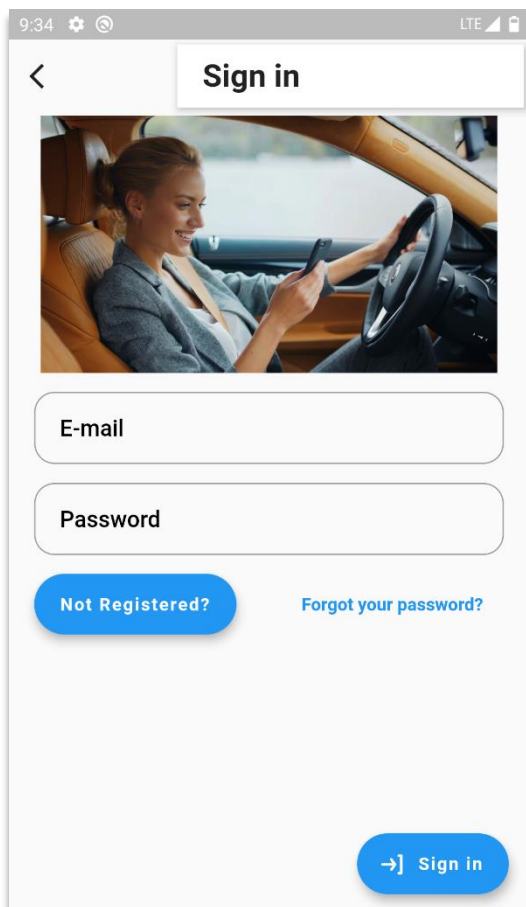
Εικόνα 29: Οθόνη εκκίνησης εφαρμογής



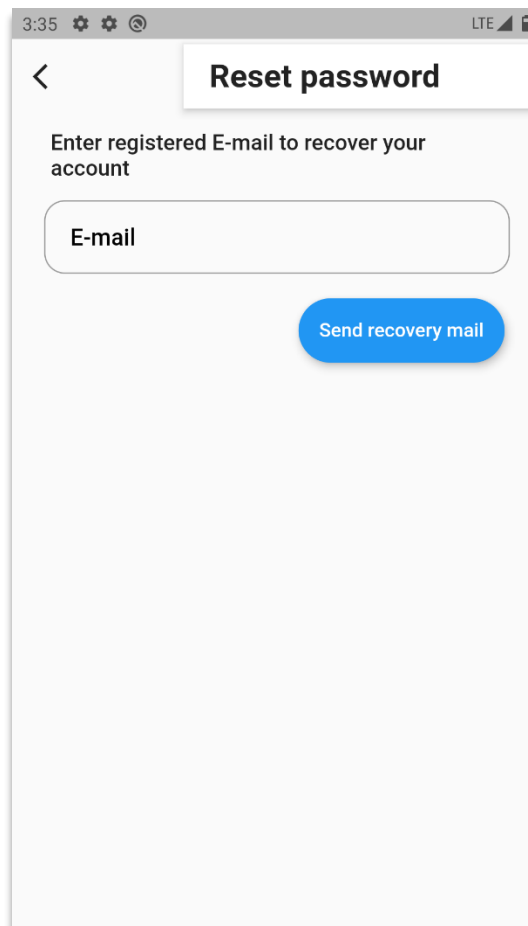
Εικόνα 28: Αρχική οθόνη εφαρμογής

5.2 Σύνδεση – Εγγραφή χρηστών

Πατώντας το κουμπί της σύνδεσης ο χρήστης μεταβαίνει στην οθόνη που του δίνεται η δυνατότητα εισόδου στο λογαριασμό του (Εικ. 30), εισάγοντας το e-mail που χρησιμοποίησε κατά την εγγραφή και τον κωδικό που έχει επιλέξει (προαπαιτούμενη η επιτυχημένη εγγραφή στο σύστημα). Υπάρχει επίσης το κουμπί “Not Registered?”, το οποίο στο πάτημα του οδηγεί στη σελίδα εγγραφής, και το κουμπί “Forgot your password?” που χρησιμοποιείται σε περίπτωση που ο χρήστης έχει ξεχάσει τον κωδικό του και οδηγεί στην οθόνη ανάκτησης του λογαριασμού, όπως φαίνεται στην εικόνα 31.

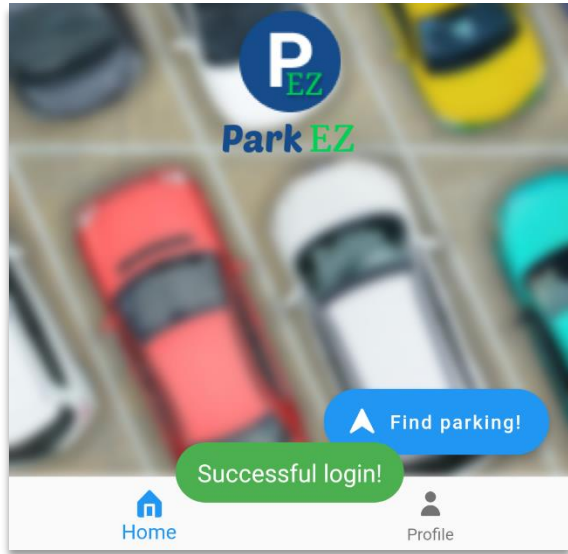


Εικόνα 30: Οθόνη σύνδεσης εφαρμογής

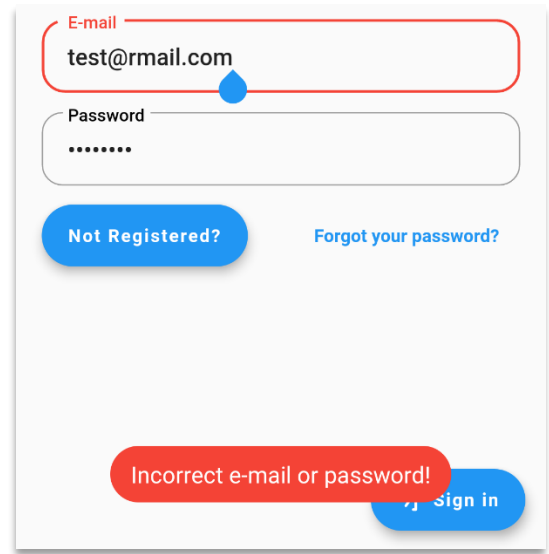


Εικόνα 31: Οθόνη ανάκτησης λογαριασμού

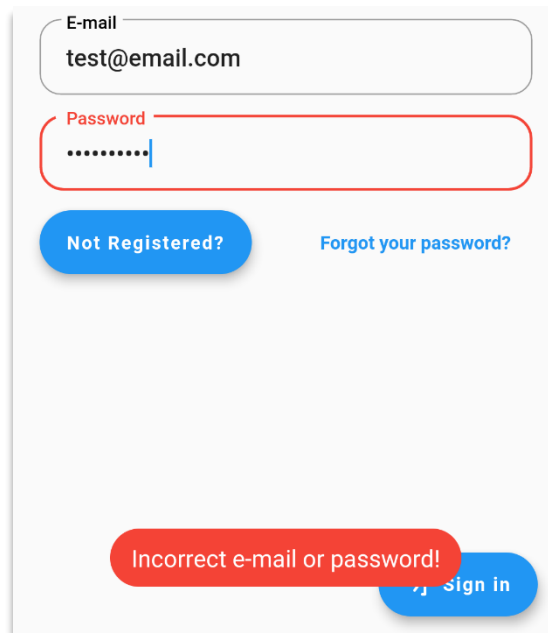
Στο κάτω μέρος της οθόνης διαφαίνεται το κουμπί της σύνδεσης, το οποίο με πάτημα του και έπειτα από τον έλεγχο των εισαχθέντων στοιχείων με την επιτυχημένη ταύτισή τους στο έγγραφο “users” της βάσης δεδομένων, πραγματοποιεί μετάβαση στην αρχική οθόνη της εφαρμογής, που περιλαμβάνει το κουμπί “Find Parking”, το οποίο οδηγεί στην κεντρική σελίδα του συστήματος. Σε περίπτωση που δοθούν λάθος στοιχεία e-mail ή κωδικού, εμφανίζεται το αντίστοιχο μήνυμα λάθους στο κάτω μέρος της οθόνης. Οι παραπάνω λειτουργίες εμφανίζονται στις εικόνες 32, 33 και 34.



Εικόνα 32: Επιτυχής σύνδεση στο σύστημα

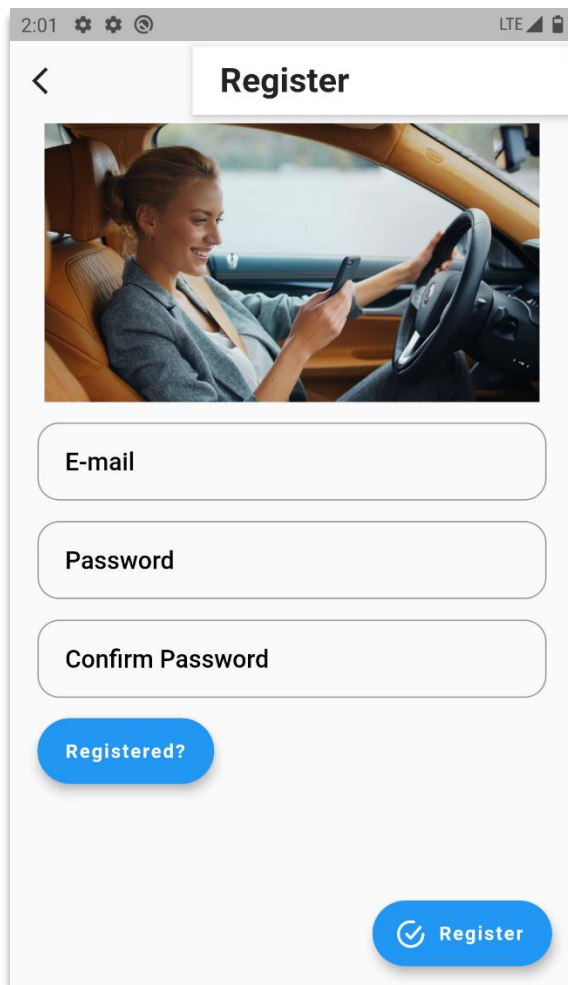


Εικόνα 33: Λανθασμένη εισαγωγή e-mail




Εικόνα 34: Λανθασμένη εισαγωγή κωδικού

Στη σελίδα εγγραφής της εφαρμογής, απαιτείται από το χρήστη η συμπλήρωση ενός λογαριασμού ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (E-mail), ενός κωδικού (Password), και του ίδιου κωδικού για επιβεβαίωση. Η σελίδα εγγραφής φαίνεται στην εικόνα 35.



2:01 [Settings] [Notifications] [LTE] [Battery]

Register



E-mail

Password

Confirm Password

Registered?

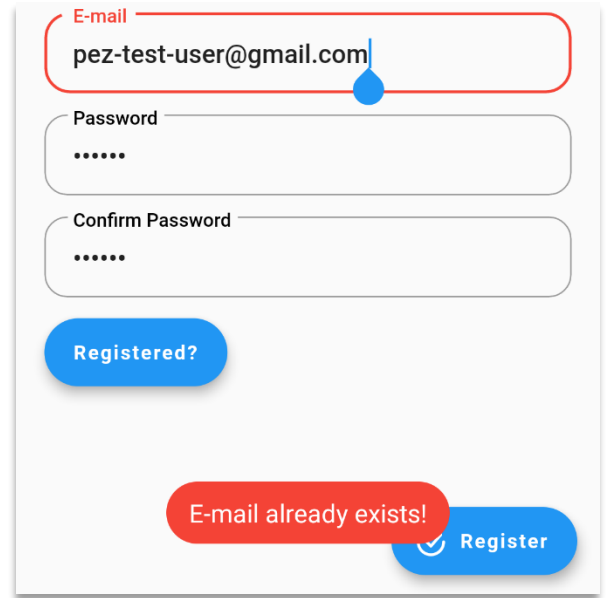
Register

Εικόνα 35: Οθόνη εγγραφής χρήστη

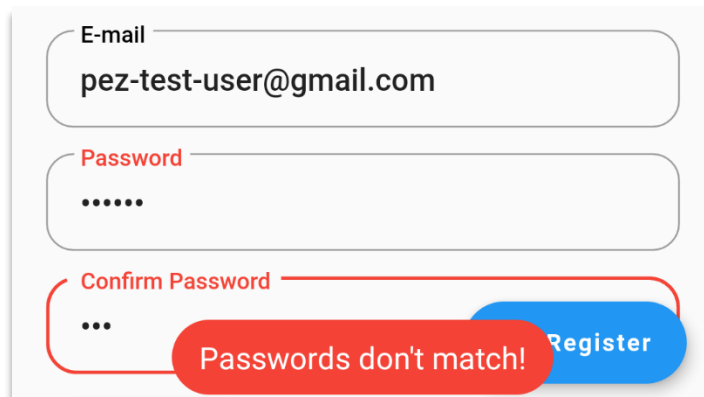
Όπως και στη λειτουργία της σύνδεσης, πραγματοποιούνται έλεγχοι σε κάθε πεδίο για την εγκυρότητα των στοιχείων, με την επικοινωνία της εφαρμογής με τη βάση δεδομένων Firestore. Αν ο χρήστης επιχειρήσει εγγραφή με ήδη υπάρχον e-mail που έχει χρησιμοποιηθεί από κάποιον άλλον χρήστη, εμφανίζεται μήνυμα σφάλματος. Το ίδιο συμβαίνει σε περίπτωση που ο χρήστης εισάγει την επιβεβαίωση του κωδικού του λανθασμένα, στο πεδίο επιβεβαίωσης κωδικού. Οι συγκεκριμένοι έλεγχοι μαζί με τα μηνύματα λάθους καθώς και η επιτυχημένη εγγραφή εμφανίζονται στις εικόνες 36, 37 και 38.



Εικόνα 37: Επιτυχής εγγραφή στο σύστημα



Εικόνα 36: Εισαγωγή ήδη υπάρχοντος e-mail



Εικόνα 38: Οι κωδικοί διαφέρουν

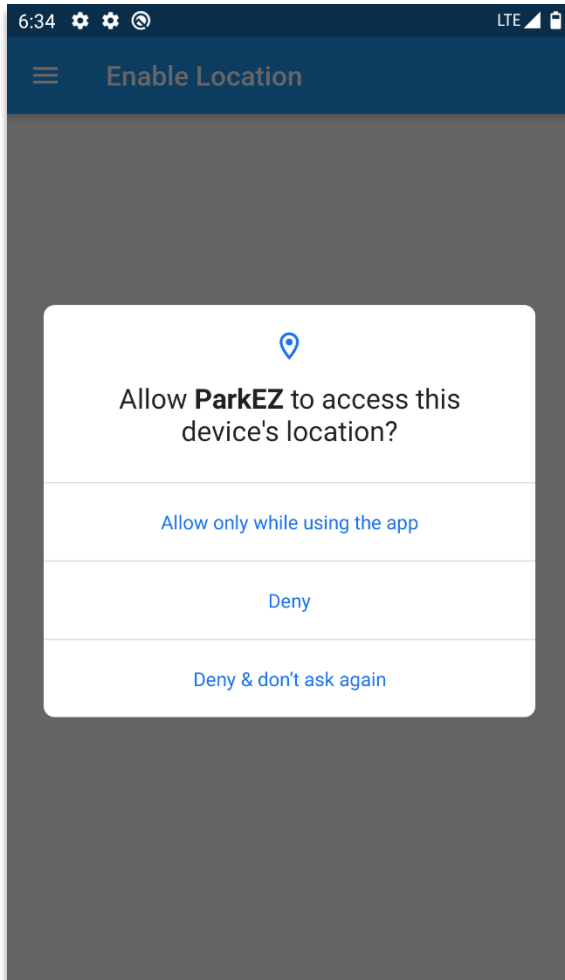
Όταν ολοκληρωθεί η πληκτρολόγηση των απαιτούμενων στοιχείων, ο χρήστης μπορεί να πατήσει το κουμπί εγγραφής που βρίσκεται στο κάτω μέρος της οθόνης, ώστε να δημιουργηθεί ο λογαριασμός του και να εισαχθεί νέο πεδίο στο έγγραφο users του Firestore, έπειτα από την επιβεβαίωση των στοιχείων του. Μετά την επιτυχημένη εγγραφή, δίνεται πρόσβαση στην κεντρική οθόνη του συστήματος με το πάτημα του κουμπιού “Find Parking”, όπως φαίνεται στην εικόνα 39.



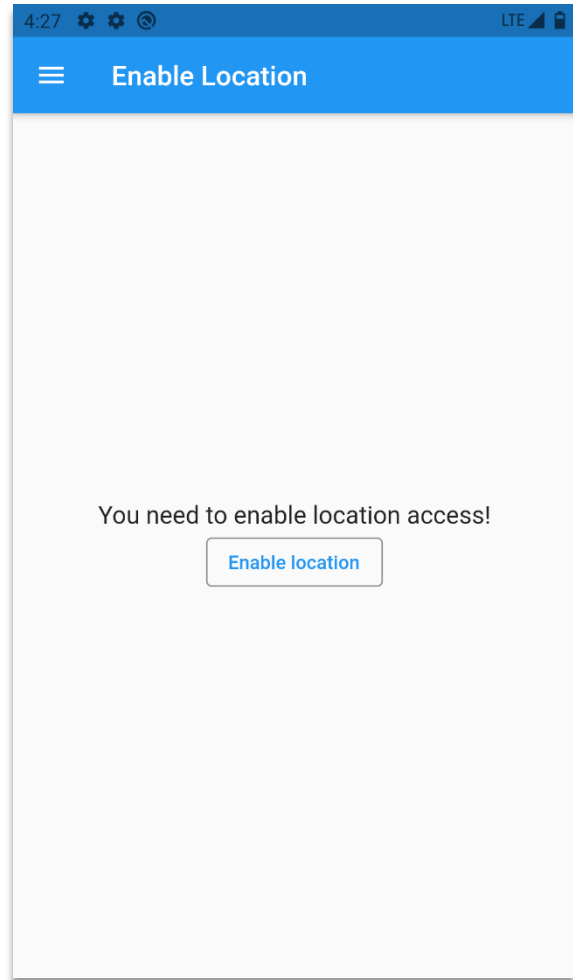
Εικόνα 39: Αρχική οθόνη συνδεδεμένου χρήστη

5.3 Βασική οθόνη και χάρτης

Όταν ο χρήστης αποκτήσει πρόσβαση στη βασική οθόνη πατώντας το κουμπί Find Parking, εμφανίζεται ένα πλαίσιο που απαιτεί την άδεια για τη χρήση της τοποθεσίας (GPS) στο κινητό του (Εικ. 40). Επειδή η εφαρμογή δε μπορεί να λειτουργήσει χωρίς τη χρήση της τοποθεσίας του κινητού, στην περίπτωση που ο χρήστης αρνηθεί, δε δύναται να προχωρήσει στην εκμετάλλευση του συστήματος. Έτσι, ενεργοποιείται ένα κουμπί και με το πάτημά του απαιτείται αποδοχή της άδειας χρήσης του GPS της συσκευής, μέχρι ο χρήστης να δεχθεί (Εικ. 41).

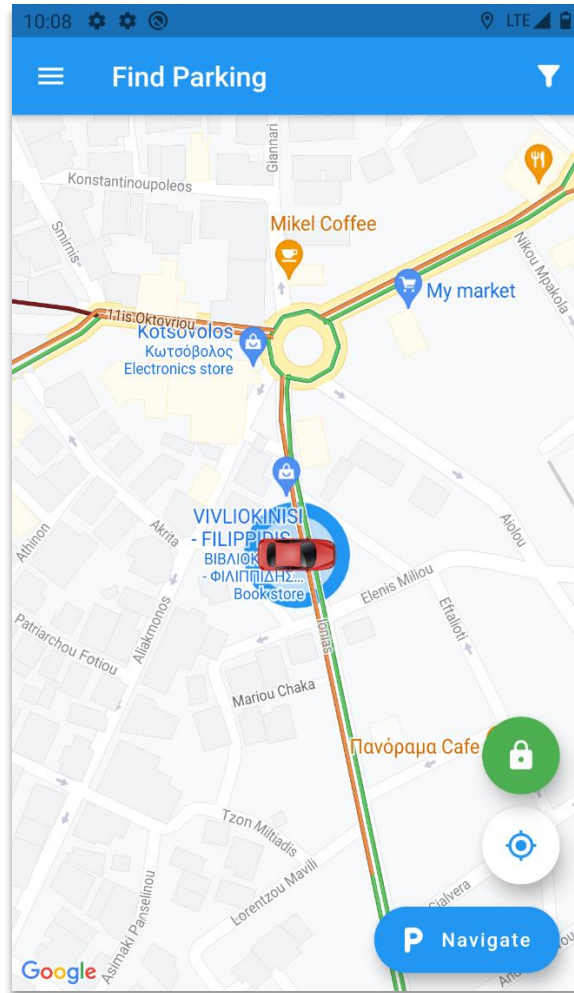


Εικόνα 40: Απαίτηση άδειας χρήσης τοποθεσίας



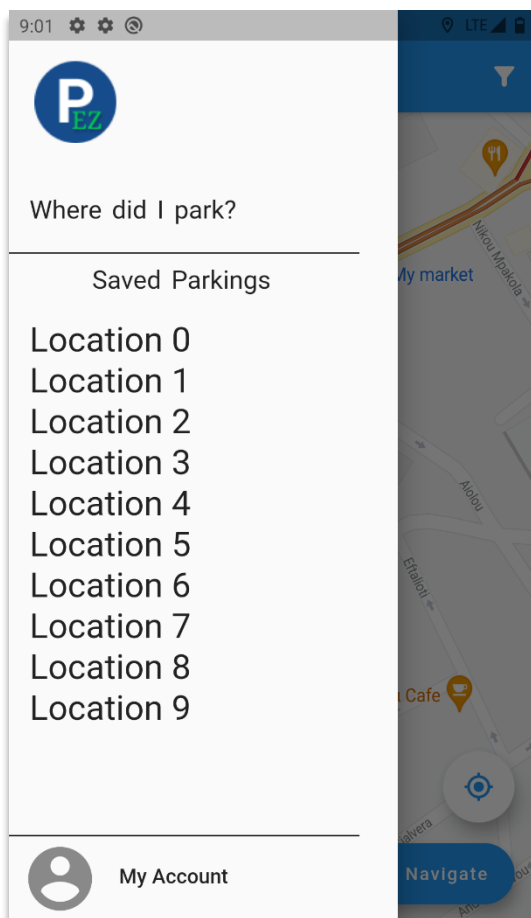
Εικόνα 41: Άρνηση της άδειας χρήσης τοποθεσίας

Μετά την επιτυχημένη παραχώρηση άδειας, παρουσιάζεται η βασική οθόνη με το χάρτη, όπως άλλωστε παρουσιάζεται στην εικόνα 42, πάνω στον οποίο υπάρχουν οι περισσότερες λειτουργίες διαθέσιμες προς το χρήστη. Στην κορυφή της οθόνης, αποτυπώνεται η μπάρα που αναγράφεται η τρέχουσα σελίδα (Find Parking), ενώ ταυτόχρονα η ίδια δίνει πρόσβαση σε δύο σημαντικές λειτουργίες, το συρόμενο μενού (Drawer) και την ενεργοποίηση φίλτρων που επηρεάζουν συγκεκριμένες πτυχές του χάρτη.

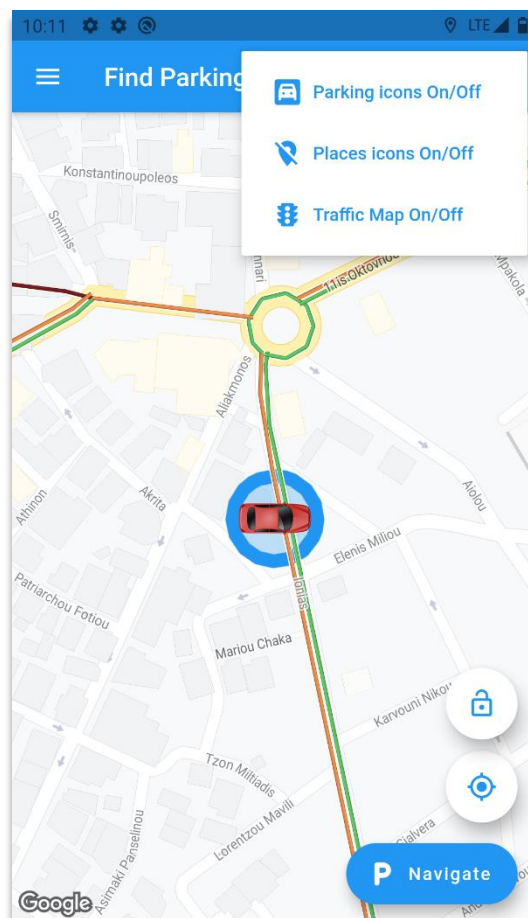


Εικόνα 42: Βασική οθόνη εφαρμογής

Το συρόμενο μενού ανοίγει μια διεπαφή από τα αριστερά της οθόνης, η οποία περιλαμβάνει το λογότυπο της εφαρμογής και όλα τα αποθηκευμένα πάρκινγκ του χρήστη. Το κουμπί των φίλτρων ανοίγει ένα αναδυόμενο μενού (dropdown menu), που περιλαμβάνει τρεις επιλογές. Η πρώτη επιλογή αποσκοπεί στην απόκρυψη ή εμφάνιση των εικονιδίων χώρων στάθμευσης. Το δεύτερο φίλτρο απενεργοποιεί ή ενεργοποιεί όλα τα σημεία ενδιαφέροντος (Points Of Interest) που παρέχονται από τη Google και απεικονίζονται στο χάρτη. Τελευταία επιλογή που παρέχεται από τα φίλτρα είναι η δυνατότητα εμφάνισης ή μη της κυκλοφοριακής συμφόρησης σε πραγματικό χρόνο. Στις εικόνες 43 και 44 διαφαίνονται οι δύο λειτουργίες.



Εικόνα 43: Εμφάνιση συρόμενου μενού

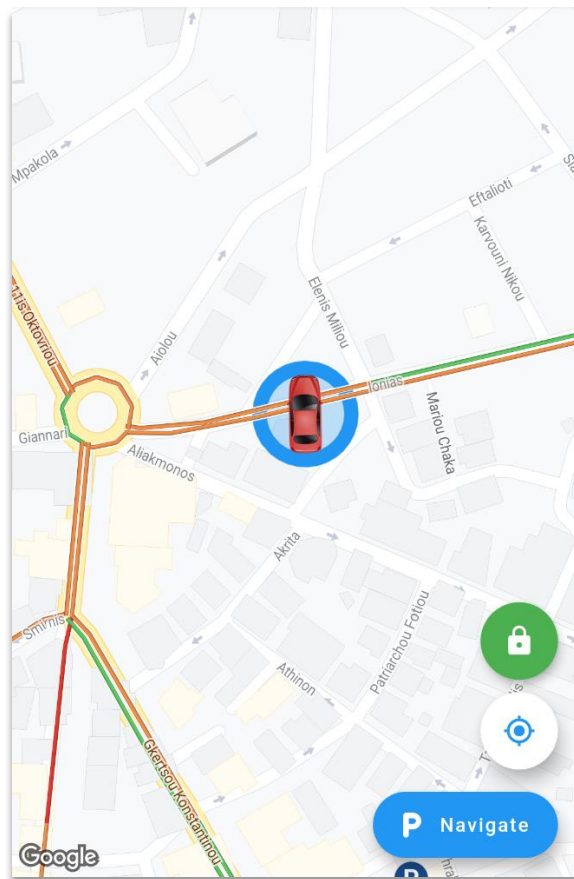


Εικόνα 44: Εμφάνιση φίλτρων χάρτη

Εξ' αρχής, ο ελεγκτής πλοήγησης (navigation controller) που είναι εγγενής στο χάρτη, παραμένει κλειδωμένος στον προσανατολισμό του χρήστη, αποτρέποντας την κίνηση του χάρτη σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Αυτή η λειτουργία προορίζεται κυρίως για εκμετάλλευση όταν ο οδηγός είναι κινούμενος, ώστε να γνωρίζει κάθε στιγμή που βρίσκεται και να μη χρειάζεται να αγγίξει την οθόνη της συσκευής του. Για το ξεκλείδωμα της κάμερας, απαιτείται το πάτημα του πράσινου κουμπιού με το εικονίδιο της κλειδαριάς, το οποίο απελευθερώνει τον ελεγκτή πλοήγησης ώστε να είναι δυνατή η εξερεύνηση του χάρτη για την εύρεση μιας επιθυμητής περιοχής (Εικ. 45). Με το πάτημά του, το εικονίδιο μαζί με το χρώμα του κουμπιού αλλάζει, υποδεικνύοντας την αντίστοιχη κατάσταση λειτουργίας της κάμερας.

Κάτω από το κουμπί που ελέγχει την κάμερα, υπάρχει η ένδειξη που επαναφέρει την εστίαση του ελεγκτή πλοήγησης στο προσωρινό σημείο που βρίσκεται ο χρήστης. Η συγκεκριμένη λειτουργία αποδεικνύεται χρήσιμη, όταν ο χρήστης αναζητεί στο χάρτη περιοχή να σταθμεύσει

μακριά από την τοποθεσία που βρίσκεται και θέλει να μετατοπίσει την κάμερα στην τρέχουσα τοποθεσία. Προσφέρεται επιπλέον η λειτουργία εκκαθάρισης όλων των γραφικών στοιχείων του χάρτη πατώντας σε οποιοδήποτε σημείο του, σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να αλλάξει περιοχή αναζήτησης ή να έχει μια πιο καθαρή εικόνα του χάρτη.

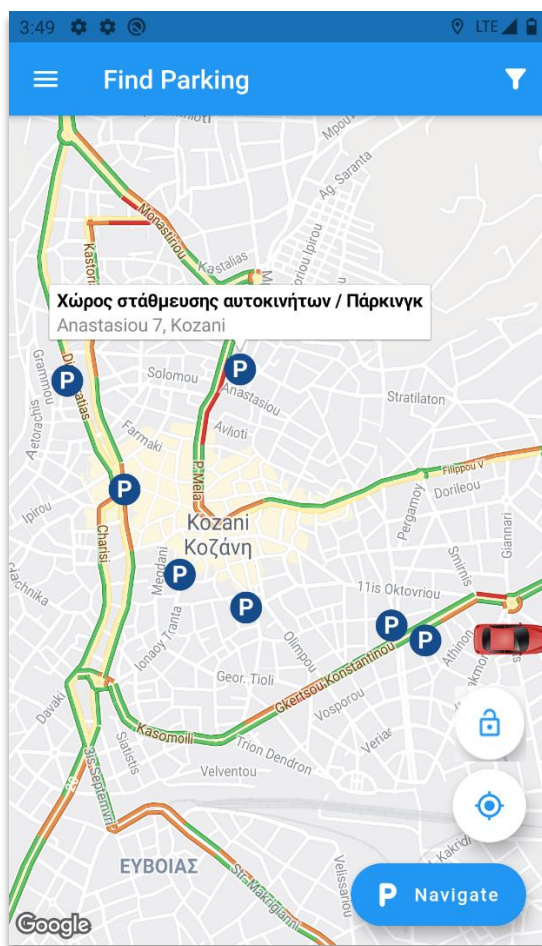


Εικόνα 45: Αλλαγή κατάστασης ελεγκτή πλοήγησης

5.3.1 Εμφάνιση δημοσίων και επαγγελματικών πάρκινγκ

Τη στιγμή αρχικοποίησης του Widget που περιλαμβάνει το χάρτη, λειτουργούν δύο υπηρεσίες που τρέχουν στο παρασκήνιο της εφαρμογής. Η μία υπηρεσία συγκεντρώνει όλα τα μέρη που αντιστοιχούν στην ετικέτα (tag) “parking” στις βάσεις δεδομένων της Google και ταυτόχρονα βρίσκονται σε μια προκαθορισμένη απόσταση από τη θέση του χρήστη, εισάγοντάς τα σε μια λίστα. Ο σκοπός της δεύτερης υπηρεσίας είναι να ταυτοποιήσει τα μέρη που συγκεντρώθηκαν στη λίστα και να τοποθετήσει ένα εικονίδιο πάρκινγκ σε κάθε ένα από αυτά, ώστε να είναι δυνατός ο εύκολος εντοπισμός τους από το χρήστη. Στη συνέχεια, εμφανίζονται στο

χάρτη όλα τα σημεία που συλλέχθηκαν από την προεργασία των υπηρεσιών, με το χαρακτηριστικό μπλε εικονίδιο που φαίνεται επάνω στα μέρη με την ετικέτα “parking”. Πρόκειται για διαδραστικά αντικείμενα, που όταν προκληθεί κάποια αλληλεπίδραση μαζί τους, εμφανίζουν ένα πλαίσιο όπου αναγράφεται το όνομα του χώρου πάρκινγκ, μαζί με τη διεύθυνση και την περιοχή που βρίσκονται. Στην εικόνα 46 εμφανίζεται η συγκεκριμένη λειτουργία, η οποία δύναται να απενεργοποιηθεί από το χρήστη μέσω του μενού που περιέχει τα φίλτρα.

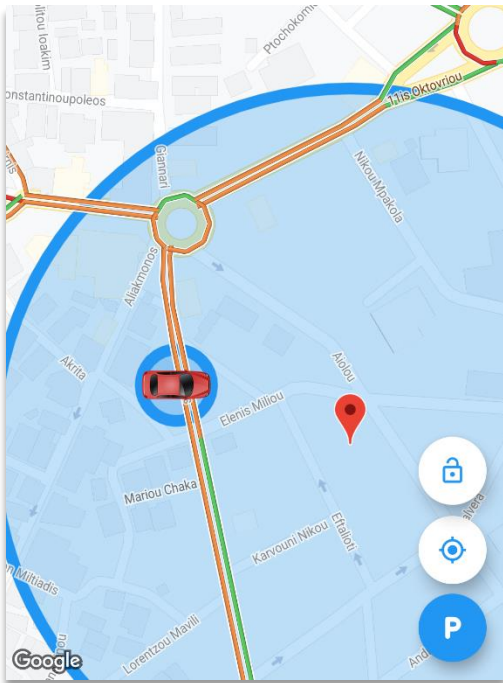


Εικόνα 46: Εμφάνιση χώρων πάρκινγκ

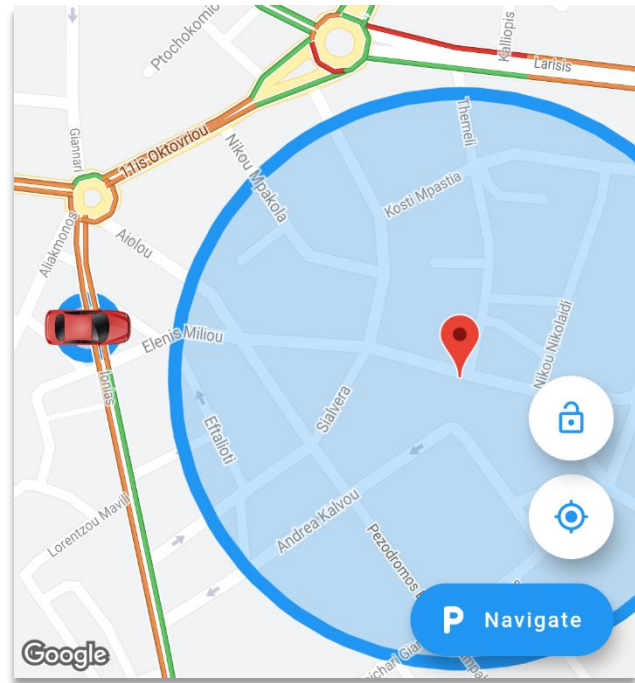
5.3.2 Λειτουργία εύρεσης πάρκινγκ

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα με ένα παρατεταμένο πάτημα σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη, να εισάγει ένα δείκτη, ο οποίος σχεδιάζει αυτόματα ένα κύκλο γύρω από την τοποθεσία που επιλέχθηκε. Ο κύκλος αντικατοπτρίζει την ιδανική περιοχή εύρεσης πάρκινγκ, ώστε ο χρήστης-οδηγός να μην απομακρυνθεί σημαντικά από το μέρος που προτίμησε αρχικά. Όταν

δημιουργηθεί ο κύκλος, μια συνάρτηση υπολογίζει άμεσα εάν ο χρήστης βρίσκεται εντός του εμβადού. Στην περίπτωση που βρίσκεται εντός, εμφανίζεται το χαρακτηριστικό κουμπί “P” που υποδεικνύει ότι ενεργοποιείται η δυνατότητα στάθμευσης στην περιοχή (Εικ. 47). Ο χρήστης μπορεί να προτιμήσει ελεύθερα όποια τοποθεσία θέλει για να σταθμεύσει, σε όλη την έκταση του κύκλου.

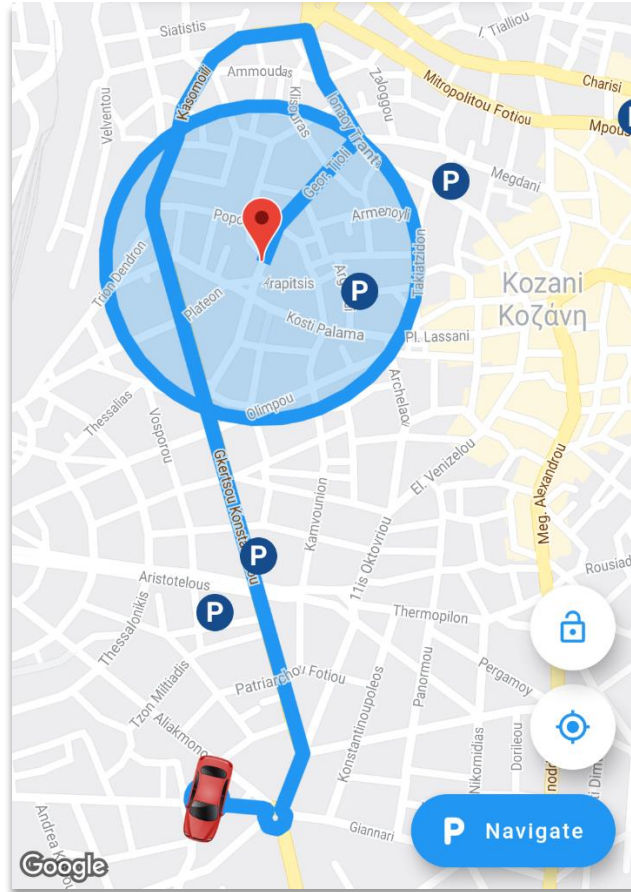


Εικόνα 47: Τοποθεσία χρήστη εντός της περιοχής



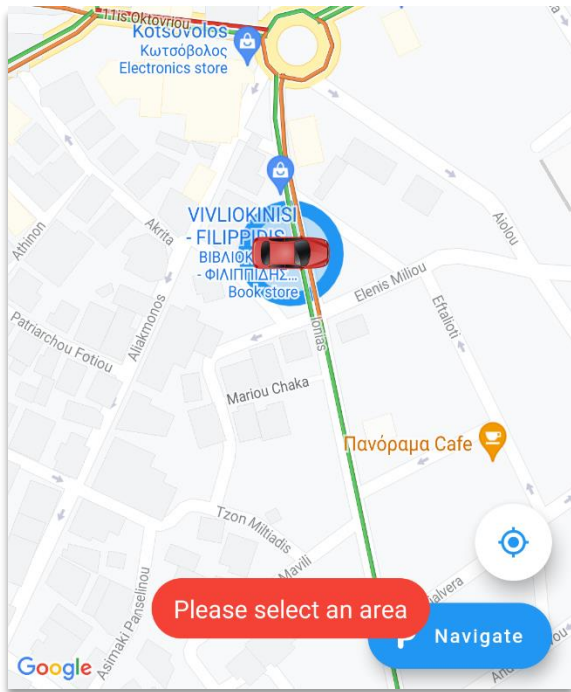
Εικόνα 48: Τοποθεσία χρήστη εκτός της περιοχής

Σε αντίθετη περίπτωση που βρίσκεται εκτός του εμβადού του κύκλου, εμφανίζεται το εικονίδιο “Navigate” στο κάτω μέρος της οθόνης (Εικ. 48) και πατώντας το, η εφαρμογή επικοινωνεί μέσω του Directions API με τις υπηρεσίες της Google. Με αυτό τον τρόπο, υπολογίζεται η βέλτιστη διαδρομή προς το επιλεγμένο σημείο και έτσι δημιουργείται ένα σύνολο από γραμμές (polylines) στο χάρτη, που δείχνουν γραφικά ποια οδική πορεία πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης. Φυσικά, η πλοήγηση γίνεται με προεπιλεγμένη επιλογή την οδήγηση, εφόσον ο χρήστης βρίσκεται στο αυτοκίνητό του. Η παραπάνω λειτουργία εμφανίζεται στην εικόνα 49.

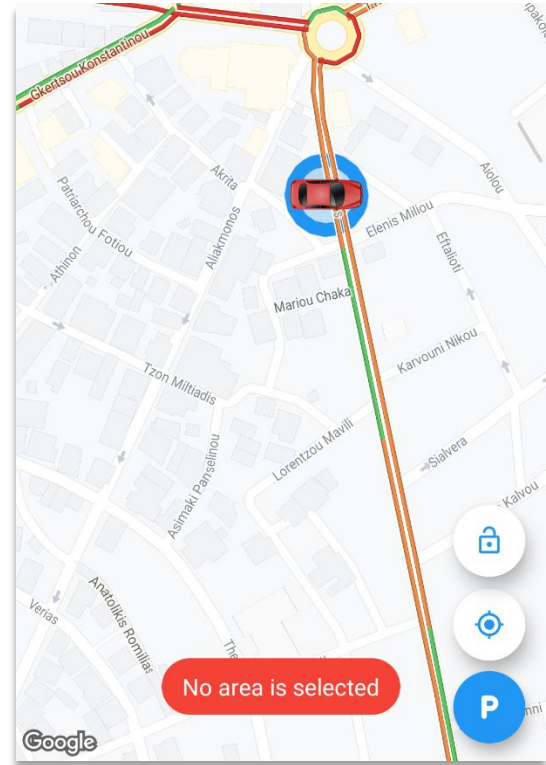


Εικόνα 49: Δημιουργία γραμμών πλοήγησης

Εάν το κουμπί πατηθεί χωρίς να υπάρχει κάποιο σημείο επιλεγμένο, η εφαρμογή εμφανίζει το αντίστοιχο μήνυμα σφάλματος που επισημαίνει στο χρήστη ότι πρέπει να επιλέξει μια περιοχή. Σε παρόμοια περίπτωση, εάν ο χρήστης επιχειρήσει το πάτημα του κουμπιού P για να σταθμεύσει χωρίς να υπάρχει κάποιο σημείο στο χάρτη, εμφανίζεται μήνυμα λάθους που ειδοποιεί το χρήστη ότι δεν έχει επιλεγθεί περιοχή. Τα μηνύματα λάθους διαφαίνονται στις εικόνες 50 και 51.

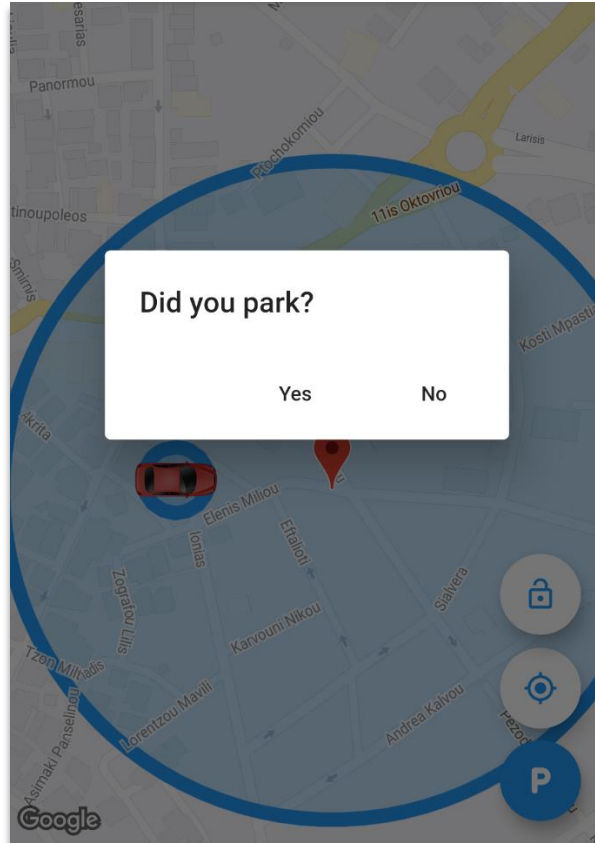


Εικόνα 50: Απόλεια περιοχής πλοήγησης



Εικόνα 51: Απόπειρα πάρκινγκ δίχως περιοχή

Όπως φαίνεται στην εικόνα 52, μόλις ο χρήστης πατήσει επιτυχημένα το κουμπί P, εμφανίζεται μια ειδοποίηση (alert), που λειτουργεί ως πλαίσιο διαλόγου και τον ρωτά εάν πάρκαρε το όχημά του, προσφέροντας τις επιλογές “Yes” ή “No”. Στην περίπτωση που επιλεγεί το “No”, η απάντηση καταγράφεται στη βάση δεδομένων εγγράφων Firestore μαζί με άλλες πληροφορίες, όπως η ταυτότητα του χρήστη, η θέση που βρίσκεται και η γενική περιοχή που επιλέχθηκε, και το alert εξαφανίζεται, επιστρέφοντας το χρήστη στην κύρια οθόνη. Αντιθέτως, αν επιλεγεί το Yes, καταγράφονται οι ίδιες πληροφορίες με τη διαφορά ότι εισάγεται στη βάση δεδομένων η επιτυχία στάθμευσης, και μετά την εξαφάνιση του alert εμφανίζεται στο κάτω μέρος της οθόνης ένα γραφικό στοιχείο που συνδέεται με την αποθήκευση της θέσης στάθμευσης και παρουσιάζεται παρακάτω στα πλαίσια της αντίστοιχης λειτουργίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι, παρά τους ελέγχους που εκτελούνται σε κάθε στάδιο εισαγωγής πληροφοριών από τους χρήστες και δεδομένου ότι η εφαρμογή λειτουργεί στα πλαίσια μοντέλων crowdsourcing, για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος και την αποφυγή λανθασμένων ενδείξεων απαιτείται η διαφάνεια των χρηστών και η εγκυρότητα των στοιχείων που προσκομίζουν.

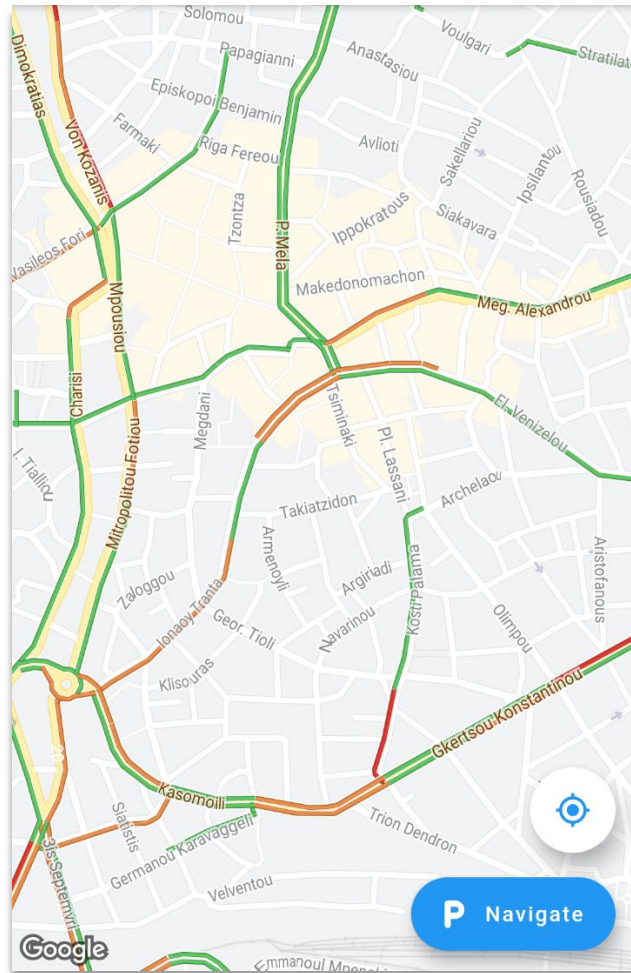


Εικόνα 52: Ερώτηση επιτυχημένης ή αποτυχημένης στάθμευσης

5.3.3 Λειτουργία εμφάνισης κυκλοφοριακής συμφόρησης

Η εφαρμογή εκμεταλλεύεται τη συνεχή επικοινωνία με τις υπηρεσίες της Google, ώστε να είναι πάντα ακριβής και ενημερωμένη με τις τελευταίες πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Εκτός από τη δυνατότητα πλοήγησης από την αρχική τοποθεσία του χρήστη με προορισμό την επιλεγμένη περιοχή, χρησιμοποιώντας τη συντομότερη χιλιομετρικά διαδρομή, η εφαρμογή προσφέρει ένα ολοκληρωμένο σύστημα ενδείξεων σχετικά με την κυκλοφοριακή συμφόρηση στην περιοχή που αποτυπώνεται στο χάρτη εκείνη τη στιγμή. Η υπηρεσία λειτουργεί με τη συλλογή δεδομένων από όλες τις συσκευές που έχουν ενεργοποιημένο το GPS στην περιοχή, χαρτογραφώντας ένα διαδεδωμένο δίκτυο με γραμμές ποικίλων χρωμάτων που εμφανίζονται πάνω στο δρόμο και υποδεικνύουν ανάλογα με το χρωματισμό την κυκλοφορία που ανιχνεύεται εκείνη τη στιγμή. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη διαδρομή που θα ακολουθήσει, ώστε να αποφύγει οδούς που εμφανίζουν μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση και συνεπώς να

εξοικονομήσει χρόνο από τη διαδικασία αναζήτησης χώρου στάθμευσης. Η λειτουργία μπορεί να απενεργοποιηθεί από το μενού που περιέχονται τα φίλτρα και εμφανίζεται στην εικόνα 53.

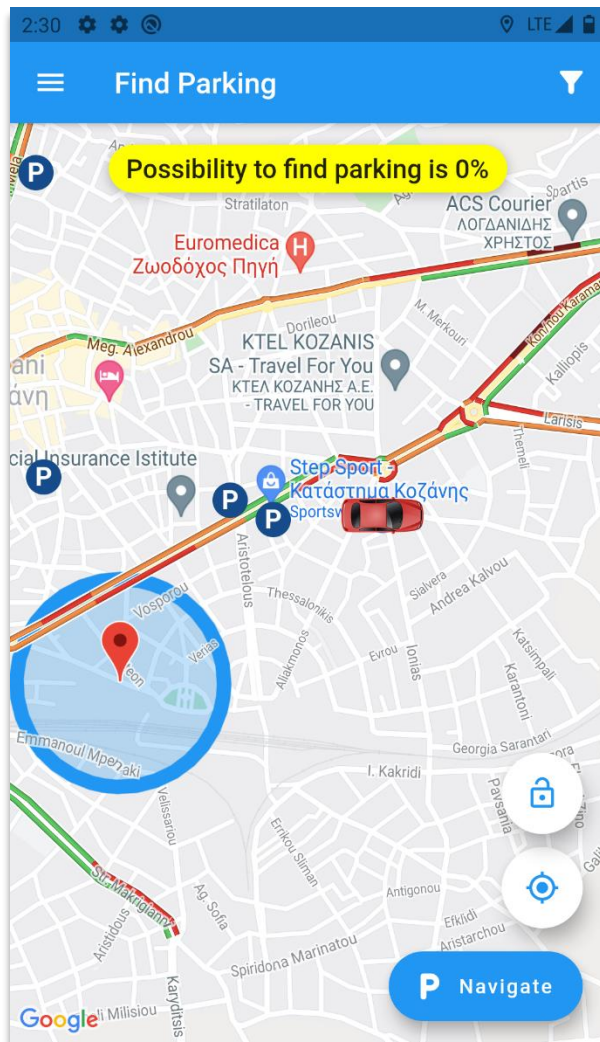


Εικόνα 53: Εμφάνιση κυκλοφοριακής συμφόρησης

5.4 Εμφάνιση πιθανότητας εύρεσης χώρου στάθμευσης

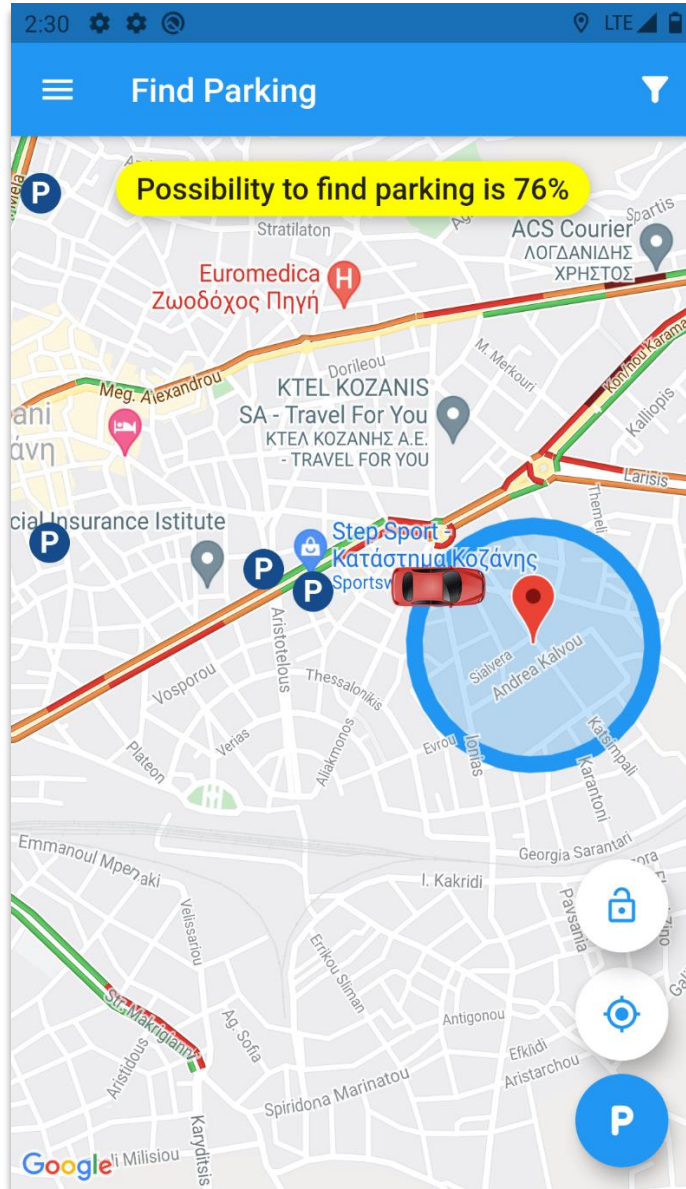
Μόλις ο χρήστης επιλέξει μια περιοχή στο χάρτη πατώντας παρατεταμένα, την ίδια στιγμή εμφανίζεται η πιθανότητα εύρεσης χώρου στάθμευσης για το συγκεκριμένο μέρος, που υπολογίζεται από το σύστημα. Εφόσον η εμφάνιση της πιθανότητας αποτελεί τη βασική λειτουργία της εφαρμογής, αυτή αποτυπώνεται σε ένα πλαίσιο κίτρινου χρώματος στο πάνω μέρος της οθόνης, ώστε να κάνει αντίθεση με το ανοιχτόχρωμο φόντο του χάρτη και να είναι άμεσα παρατηρήσιμη από το χρήστη. Ο τρόπος υπολογισμού της πιθανότητας και του τελικού αριθμού που εμφανίζεται, εξαρτάται από μια τεχνική crowdsourcing που βασίζεται στη συλλογή δεδομένων από όλους τους οδηγούς που χρησιμοποιούν την εφαρμογή. Εάν δεν έχουν συλλεχθεί

πληροφορίες από χρήστες σε μια περιοχή, η πιθανότητα που εμφανίζεται είναι μηδενική, όπως διαφαίνεται στην εικόνα 54.



Εικόνα 54: Ανεπαρκή στοιχεία για υπολογισμό πιθανότητας

Αντίθετα, αν προϋπάρχουν επαρκή δεδομένα στην επιλεγμένη τοποθεσία, τότε η πιθανότητα υπολογίζεται μέσω μιας συνάρτησης, που περιλαμβάνει το κλάσμα με τις επιτυχημένες απόπειρες εύρεσης πάρκινγκ προς τις συνολικές απόπειρες που έχουν γίνει στην περιοχή από όλους τους χρήστες του συστήματος. Αυτά τα στοιχεία αποθηκεύονται ως έγγραφα στη βάση δεδομένων Firestore και έπειτα αντλούνται από αυτή και επεξεργάζονται μέσω της εφαρμογής, ώστε να υπολογιστεί η πιθανότητα εύρεσης θέσης στάθμευσης. Μια ενδεικτική πιθανότητα βασισμένη σε στοιχεία που εισήχθησαν πειραματικά, παρουσιάζεται στην εικόνα 55.

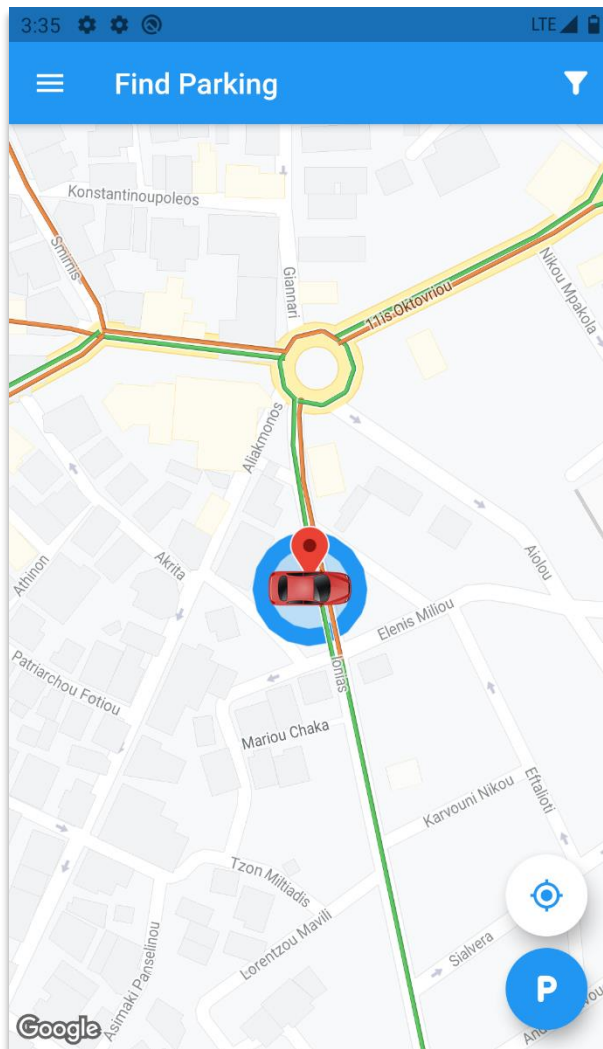


Εικόνα 55: Εμφάνιση πιθανότητας εύρεσης πάρκινγκ

5.5 Λειτουργία υπενθύμισης κατοχυρωμένου πάρκινγκ

Το σύστημα εμπεριέχει μια λειτουργία αποθήκευσης όλων των επιτυχημένων προσπαθειών πάρκινγκ που κάνει ο χρήστης, καλύπτοντας και την τελευταία θέση που στάθμευσε το αυτοκίνητό του. Έτσι, μπορεί να επωφεληθεί από τη λειτουργία αυτή, ώστε να δει που πάρκαρε σε περίπτωση που δε θυμάται τη διαδρομή ή βρίσκεται σε ξένο μέρος. Ο χρήστης μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στη συγκεκριμένη διευκόλυνση, ανοίγοντας το συρόμενο μενού (Drawer) από την αριστερή μεριά ή πατώντας το εικονίδιο του μενού “sandwich” της εφαρμογής. Στη

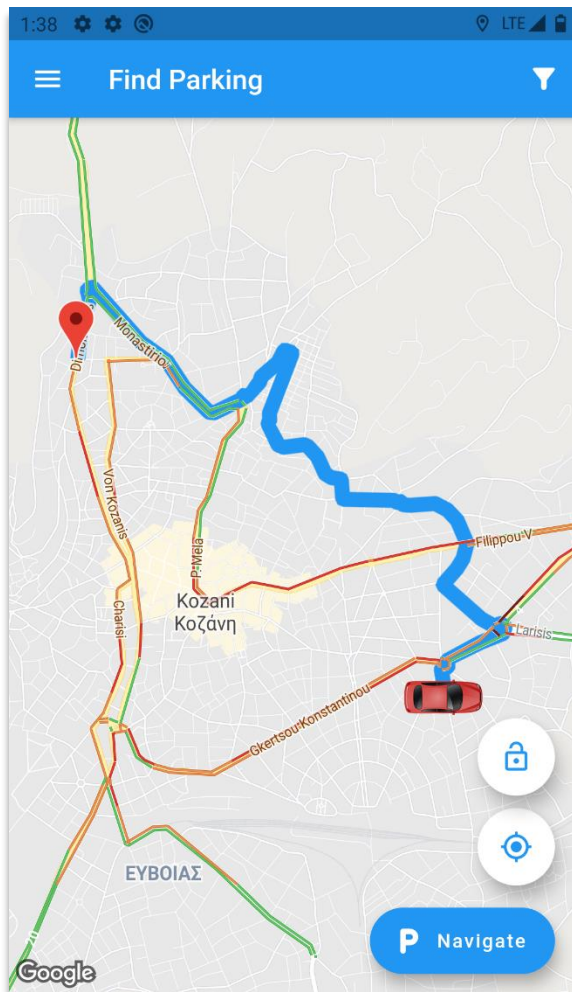
συνέχεια, με την επιλογή του κουμπιού “Where did I park?”, στην περίπτωση που υπάρχει πρόσφατη αποθηκευμένη θέση στη λίστα πάρκινγκ της εφαρμογής, τότε εμφανίζεται ένας δείκτης (marker) στο χάρτη που υποδεικνύει την τοποθεσία του αυτοκινήτου και στο πάτημά του, αναγράφεται σε ένα πλαίσιο πληροφοριών που εμφανίζεται η ένδειξη “I parked here!”, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 56.



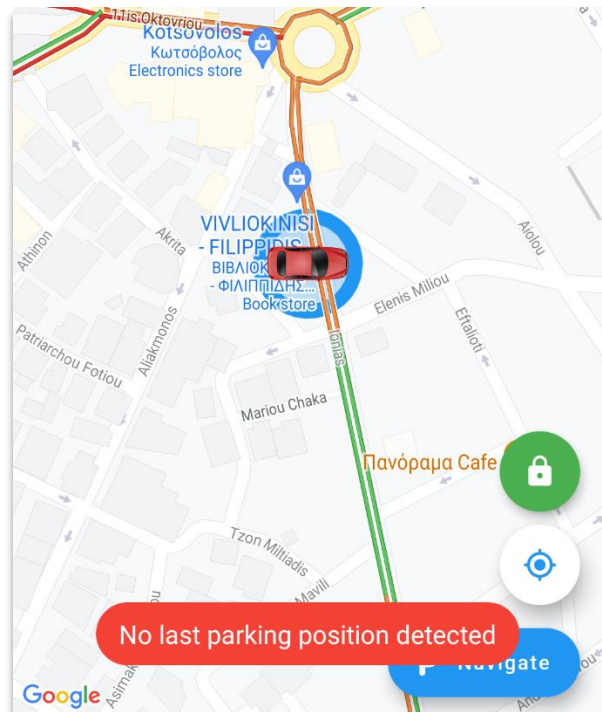
Εικόνα 56: Εμφάνιση τελευταίας τοποθεσίας πάρκινγκ

Με το πάτημα του κουμπιού “Where did I park?”, σχηματίζονται επίσης γραφικές οδηγίες για πλοήγηση μέσω της χρήσης του Directions API, με αρχή την τρέχουσα θέση του χρήστη και προορισμό το σταθμευμένο όχημά του. Με αυτό τον τρόπο, η διαδικασία εύρεσης της θέσης του

οχήματος του χρήστη γίνεται πιο εύκολη. Αντίθετα, αν δεν υπάρχει πρόσφατη αποθηκευμένη θέση στάθμευσης στη λίστα, τότε το σύστημα ειδοποιεί το χρήστη με ένα μήνυμα λάθους που ανακοινώνει ότι δε βρέθηκε η τελευταία τοποθεσία πάρκινγκ. Το παράδειγμα εφαρμογής της λειτουργίας πλοήγησης στην τελευταία τοποθεσία και το μήνυμα λάθους παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες, 57 και 58 αντίστοιχα.

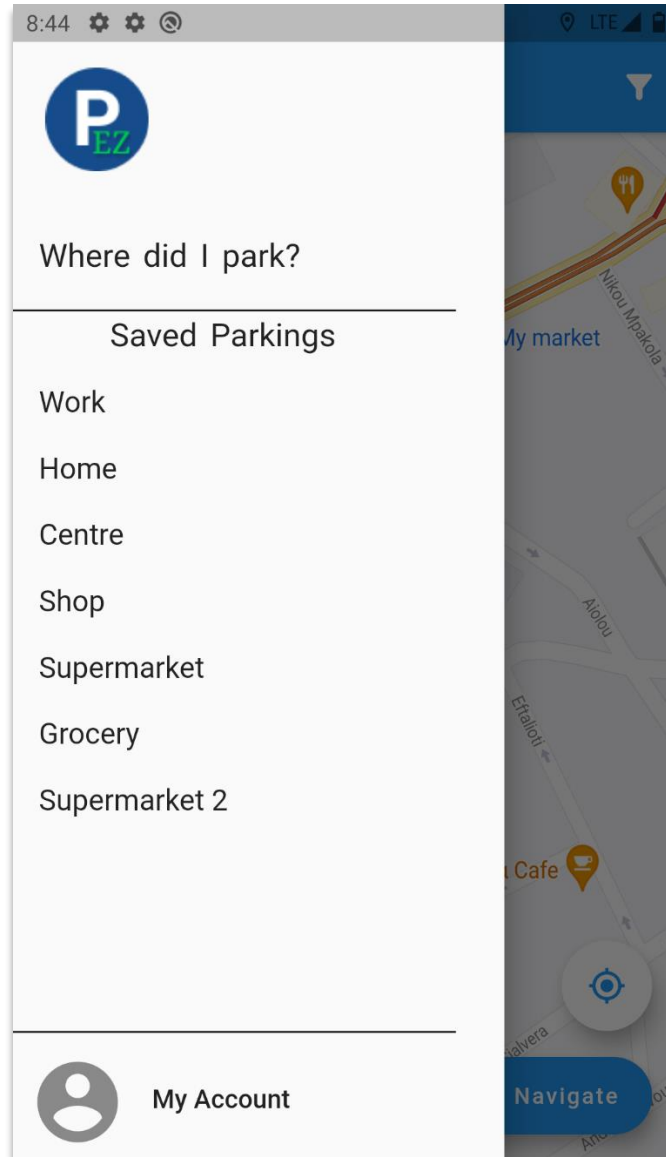


Εικόνα 57: Υπολογισμός διαδρομής για το σταθμευμένο όχημα.



Εικόνα 58: Μήνυμα λάθους εάν δεν υπάρχει τελευταία θέση πάρκινγκ

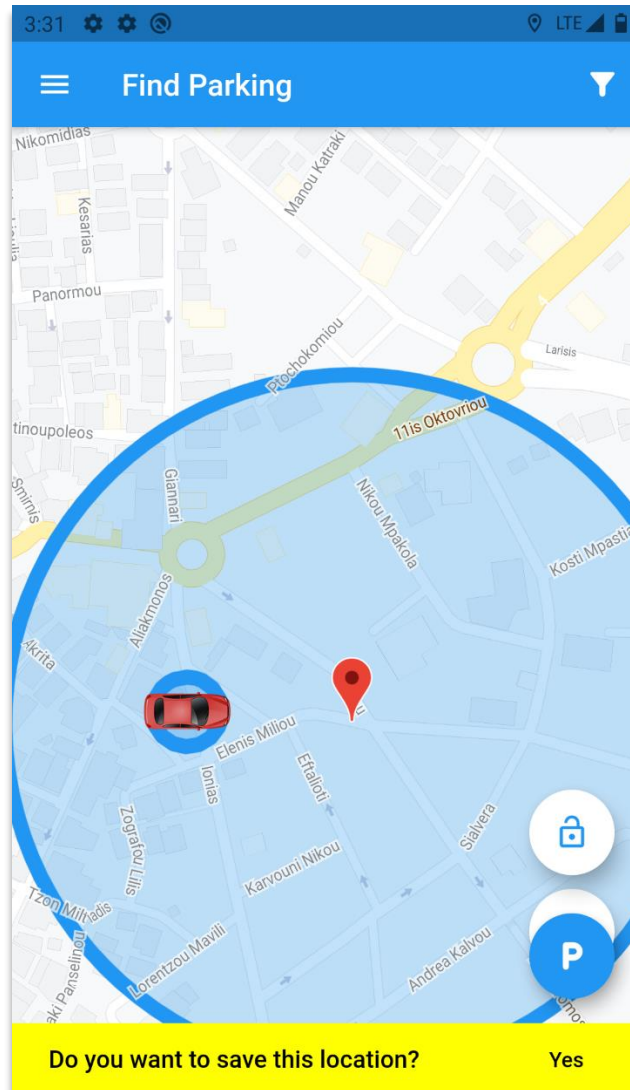
Εντός του συρόμενου μενού, στην ενότητα “Saved Parkings” εμφανίζονται όλες οι αποθηκευμένες περιοχές πάρκινγκ που έχει δημιουργήσει ο χρήστης, σε μια λίστα με δυνατότητα κύλισης (scroll list). Ο χρήστης μπορεί να ονομάσει ξεχωριστά κάθε τοποθεσία ώστε να μπορεί να τις αναγνωρίζει με ευκολία. Στην εικόνα 59 αποτυπώνονται τα αποθηκευμένα παρκινγκ.



Εικόνα 59: Αποθηκευμένα πάρκινγκ από το χρήστη

Ο τρόπος που αποθηκεύονται οι περιοχές πάρκινγκ, είναι μέσω του πλαισίου διαλόγου που αναφέρθηκε προηγουμένως. Όταν ο χρήστης στην ερώτηση του alert “Did you park?” απαντήσει “Yes”, σημαίνοντας ότι βρήκε θέση στάθμευσης στην περιοχή, το πλαίσιο διαλόγου και η αναγραφή της πιθανότητας εύρεσης πάρκινγκ εξαφανίζονται και από το κάτω μέρος της οθόνης αναδύεται μια μπάρα πληροφοριών (snackbar). Το συγκεκριμένο γραφικό στοιχείο είναι

διαδραστικό και δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη -εάν αυτός το επιθυμεί- να αποθηκεύσει τη στιγμιαία θέση που βρίσκεται το όχημά του, μέσω του αντίστοιχου κουμπιού “Yes” που προσφέρεται στο τέλος της μπάρας. Στην εικόνα 60 που ακολουθεί παρουσιάζεται αυτή η λειτουργία.



Εικόνα 60: Τρόπος αποθήκευσης θέσης πάρκινγκ

Κεφάλαιο 6 – Επίλογος

6.1 Συμπεράσματα

Αδιαμφισβήτητα, η τάση αστικοποίησης των ανθρώπων και η ανάπτυξη της αυτοκινητοβιομηχανίας δρουν ως βασικοί παράγοντες στην αύξηση των κυκλοφορούντων οχημάτων και συνεπώς στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος και της αστικής κινητικότητας. Ως απόρροια αυτού, είναι το χάσιμο πολύτιμου χρόνου σε μια προοδευτική κοινωνία, κάτι το οποίο μπορεί να αποβεί εμπόδιο για την περαιτέρω εξέλιξη σε ένα αστικό σύστημα. Επίσης, η διαδικασία εύρεσης χώρου στάθμευσης εντείνει το πρόβλημα, δημιουργώντας χειρότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση και αυξάνοντας το φαινόμενο *cruising for parking*, επομένως αποτελεί κοινωνικοοικονομικό πρόβλημα που χρήζει άμεσης επίλυσης. Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στη μερική αποσυμφόρηση των οδών και τη διευκόλυνση μιας αγκώδους δραστηριότητας, με την παροχή ενός αξιόπιστου εργαλείου που έχει καθολική εφαρμογή σε οποιαδήποτε πόλη στον κόσμο, μέσω ενός συστήματος έξυπνου πάρκινγκ για τη βελτιστοποίηση διαδρομής για εύρεση χώρου στάθμευσης. Το σύστημα αυτό μπορεί να προσφέρει πολλά οφέλη, καθώς βρίσκει εφαρμογές σε πολλούς τομείς των σύγχρονων κοινωνιών. Κάποια από αυτά περιλαμβάνουν την ελάττωση εκπομπών ρυπογόνων αερίων και της κυκλοφοριακής συμφόρησης, την αύξηση της ευκολίας εύρεσης χώρου στάθμευσης και τη δημιουργία ενός βιωσιμότερου συστήματος μεταφορών και συγκοινωνιών.

Όλο και περισσότερες εφαρμογές υλοποιούν μεθόδους *mobile crowdsourcing*, το οποίο έχει εξελιχθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια με την άνοδο των έξυπνων τηλεφώνων, με σκοπό τον εξορθολογισμό της απόδοσης παροχής υπηρεσιών, μειώνοντας ταυτόχρονα την κατανάλωση πόρων. Με αυτό τον τρόπο γίνεται δυνατή η επεξεργασία τεράστιου όγκου δεδομένων από πολλές εφαρμογές, που αξιοποιούν τέτοιες τεχνικές, συμβάλλοντας έτσι στην εξομάλυνση της καθημερινότητας σε ένα πολυεπίπεδο αστικό σύστημα. Σε αυτά τα πλαίσια, η εφαρμογή “ParkEZ” που προτείνεται στην τρέχουσα διατριβή, αποσκοπεί στη συνεργασία και αλληλεπίδραση όλων των χρηστών της, με γνώμονα το κοινό όφελος και τη δημιουργία ενός βιώσιμου συστήματος, το οποίο μπορεί να επηρεάσει αισθητά τη διαδικασία αναζήτησης στάθμευσης και να αποτελέσει μελλοντικά σημείο εκμετάλλευσης για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

6.2 Μελλοντικές προτάσεις/βελτιώσεις

Η εφαρμογή που παρουσιάστηκε παραπάνω βρίσκεται στην πρώτη της έκδοση (ParkEZ v1.0). Αυτό δε σημαίνει όμως ότι αυτή θα είναι η τελική της έκδοση. Άλλωστε, ένας προγραμματιστής λογισμικού υποχρεούται να ελέγχει διαρκώς τα σφάλματα που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια σταδίων ανάπτυξης και διάθεσης της εφαρμογής του και να ενημερώνει αντίστοιχα την έκδοση της εφαρμογής. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την απρόσκοπτη εξέλιξη των υποδομών και δικτύων, προκύπτουν νέες ανάγκες και ζητήματα, που χρειάζονται την ενσωμάτωση σύγχρονων και ενημερωμένων τεχνολογιών. Η πάροδος του χρόνου οδηγεί συχνά στη γέννηση ιδεών, που έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν ριζικά τον κόσμο και τον τρόπο που ο άνθρωπος τον αντιλαμβάνεται. Έτσι και η παρούσα εφαρμογή έχει προοπτικές εξέλιξης και εισαγωγής νέων στοιχείων και καινοτομιών, που θα μπορούσαν να προστεθούν και να οδηγήσουν σε μία ακόμη πιο φιλική και αποτελεσματική προς το χρήστη εμπειρία.

Μια από τις προτεινόμενες επεκτάσεις, είναι η ανάπτυξη του ίδιου συστήματος και σε άλλες πλατφόρμες λογισμικού, όπως iOS και web. Με τη χρήση του Flutter SDK, αυτό αποδεικνύεται πιο εύκολο, γρήγορο και αποδοτικό από την υλοποίηση σε κάθε πλατφόρμα ξεχωριστά καθώς παρέχει ήδη τη δυνατότητα ανάπτυξης σε iOS, web και ChromeOS. Η προτεινόμενη επέκταση σε άλλες πλατφόρμες είναι σημαντική επειδή ένα crowdsourced σύστημα χρειάζεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών από διαφορετικούς χρήστες και με αυτό τον τρόπο θα διασφαλιστεί η πολυποικιλότητα των δεδομένων της εφαρμογής, με συνέπεια την εμφάνιση πιο στοχευμένων και έγκυρων στοιχείων.

Ακόμη μια βελτίωση που θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μελλοντικά, είναι η ενσωμάτωση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης. Αυτό θα σήμαινε αλλαγή στον τρόπο λειτουργίας του συστήματος, και την αντικατάσταση της συμβολικής ευφυΐας που χρησιμοποιείται σε αυτή την έκδοση με πιο καινοτόμες και αποτελεσματικές μεθόδους μηχανικής μάθησης. Μια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική που θα μπορούσε να βρει εφαρμογή στην πλατφόρμα είναι τα Δίκτυα Μακράς Βραχύχρονης Μνήμης (Long Short-Term Memory ή LSTM). Αυτά αποτελούν μια μορφή τεχνητών ανατροφοδοτούμενων νευρωνικών δικτύων που χρησιμοποιούνται στον τομέα της βαθείας μάθησης (deep learning). Η εφαρμογή με αυτό τον τρόπο θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα εκπαιδεύσιμο μοντέλο που θα λάμβανε υπ' όψη πολλούς παράγοντες. Αυτοί είναι: η κυκλοφοριακή συμφόρηση, οι καιρικές συνθήκες, η δεδομένη χρονική στιγμή, τα μοτίβα κινητικότητας των πολιτών, τα πολυσύχναστα μέρη, τα μεγέθη των οχημάτων και πιθανά μη

επαναλαμβανόμενα γεγονότα (π.χ. ατυχήματα, οδικά έργα). Με τη συγκέντρωση όλων αυτών των δεδομένων και τη δημιουργία ενός κατάλληλου μοντέλου, θα ήταν δυνατή η πρόταση εξατομικευμένων τοποθεσιών στάθμευσης με βάση τις ανάγκες κάθε χρήστη, χωρίς να χρειάζεται απαραίτητα η συμμετοχή τους στην εισαγωγή δεδομένων.

Η πιο σημαντική πρόταση που θα μπορούσε να κάνει το σύστημα θεμιτό και εκμεταλλεύσιμο από όλους τους πολίτες, είναι η ενσωμάτωση μιας τεχνικής crowdsourcing που συνδυάζεται με NFTs (non-fungible tokens). Τα NFTs είναι μια μοναδική και μη εναλλάξιμη μονάδα δεδομένων που αποθηκεύεται σε ένα ψηφιακό καθολικό (Blockchain). Τα NFTs μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να μετατρέψουν στοιχεία και ψηφιακά αρχεία που αναπαράγονται εύκολα σε μοναδικά και να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία που προσφέρει το Blockchain για να καθορίσουν μια επαληθευμένη και δημόσια απόδειξη ιδιοκτησίας. Στην περίπτωση της παρούσας εφαρμογής, θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα νέο NFT τοπικοποιημένο για τη χρήση του εντός της εφαρμογής και να υλοποιηθεί ένα σύστημα ανταλλαγής του μεταξύ των χρηστών, με βάση την επιτυχημένη δήλωση ή αποδέσμευση ενός χώρου πάρκινγκ. Αυτό θα ωφελούσε ταυτόχρονα το δημιουργημένο NFT και κατά συνέπεια τους χρήστες καθώς με την κυκλοφορία και τη χρήση του μέσω Blockchain από πολλούς ανθρώπους, θα ανέβαινε η αξία του, συμβάλλοντας έτσι στην παράλληλη αύξηση της δημοτικότητας της εφαρμογής.

Καταληκτικά, μια πρόσθετη βελτίωση θα ήταν η ενσωμάτωση ηλεκτρονικών πληρωμών, ώστε να γίνει πιο προσβάσιμη από τους οδηγούς και να τους διευκολύνει στην πληρωμή σε κάποιο πιθανό επαγγελματικό πάρκινγκ χωρίς να χρειαστεί η έξοδος τους από το όχημα. Θα μπορούσε επιπλέον να εισαχθεί μια μέθοδος αναγνώρισης πινακίδας κατά την είσοδο και έξοδο από το χώρο, που θα συνδεόταν με το τελικό πληρωτέο ποσό, που αντιστοιχεί στην ώρα στάθμευσης. Αυτό θα γινόταν δυνατό με την ενσωμάτωση ετικετών RFID που θα τοποθετούνταν σε κάθε όχημα και θα λειτουργούσε με παρόμοιο τρόπο με την αυτόματη πληρωμή διοδίων στη χώρα μας.

Βιβλιογραφία

- [1] M. Manville and D. Shoup, “Parking, People, and Cities,” *Journal of Urban Planning and Development*, vol. 131, no. 4, pp. 233–245, 2005, [Online]. Available: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(2005\)131:4\(233\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(2005)131:4(233)).
- [2] F. G. Castello, “What If Big Data Is Not Available or Not Satisfying? a Practical Case in Parking Supply Data in Paris Metropolitan Area,” Oct. 2019, Accessed: Sep. 15, 2021. [Online]. Available: <https://aetransport.org/past-etc-papers/conference-papers-2019?abstractId=6414&state=b>.
- [3] A. le Fauconnier and E. Gantelet, “The time looking for a parking space: strategies, associated nuisances and stakes of parking management in France,” Sep. 2006, Accessed: Sep. 15, 2021. [Online]. Available: <https://aetransport.org/past-etc-papers/search-all-etc-conference-papers?abstractId=2369&state=b>.
- [4] D. C. Shoup, *The High Cost of Free Parking*, 1st Editio. American Planning Association Planners Press, 2005.
- [5] M. V Chester and A. Horvath, “Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains,” *Environmental Research Letters*, vol. 4, no. 2, Jun. 2009, doi: 10.1088/1748-9326/4/2/024008.
- [6] D. C. Shoup, “Cruising for parking,” *Transport Policy*, vol. 13, no. 6, pp. 479–486, 2006, doi: 10.1016/j.tranpol.2006.05.005.
- [7] R. Arnott and E. Inci, “An integrated model of downtown parking and traffic congestion,” *Journal of Urban Economics*, vol. 60, no. 3, pp. 418–442, Nov. 2006, doi: 10.1016/J.JUE.2006.04.004.
- [8] S. Kaplan and S. Bekhor, “Exploring en-route parking type and parking-search route choice: decision making framework and survey design,” *2nd International Choice Modelling Conference*, 2011, Accessed: Sep. 15, 2021. [Online]. Available: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.908.2234&rep=rep1&type=pdf>.
- [9] J. Lee, D. Agdas, and D. Baker, “Cruising for Parking: New Empirical Evidence and Influential Factors on Cruising Time,” *Journal of Transport and Land Use*, vol. 10, no. 1, pp. 931–943, 2017, doi: 10.5198/jtlu.2017.1142.
- [10] NuStats, “2010- 2012 California Household Travel Survey Final Report,” vol. 1. California Department of Transportation, Jun. 2013, Accessed: Sep. 15, 2021. [Online]. Available: https://www.nrel.gov/transportation/secure-transportation-data/assets/pdfs/calif_household_travel_survey.pdf.
- [11] K. Hassoune, W. Dachry, F. Moutaouakkil, and H. Medromi, “Smart parking systems: A

- survey,” in *SITA 2016 - 11th International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications*, 2016, pp. 1–6, doi: 10.1109/SITA.2016.7772297.
- [12] A. Millard-Ball, R. R. Weinberger, and R. C. Hampshire, “Is the curb 80% full or 20% empty? Assessing the impacts of San Francisco’s parking pricing experiment,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 63, pp. 76–92, May 2014, doi: 10.1016/J.TRA.2014.02.016.
- [13] T. Lin, H. Rivano, and F. Le Mouel, “A Survey of Smart Parking Solutions,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 18, no. 12, pp. 3229–3253, 2017, doi: 10.1109/TITS.2017.2685143.
- [14] E. Polycarpou, L. Lambrinos, and E. Protopapadakis, “Smart parking solutions for urban areas,” in *2013 IEEE 14th International Symposium on “A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks” (WoWMoM)*, Jun. 2013, pp. 1–6, doi: 10.1109/WOWMOM.2013.6583499.
- [15] Y. Geng and C. G. Cassandras, “A new ‘Smart Parking’ System Infrastructure and Implementation,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 54, pp. 1278–1287, Oct. 2012, doi: 10.1016/J.SBSPRO.2012.09.842.
- [16] P. Medagliani *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*, no. January, pp. 287–314, 2014.
- [17] T. Giuffrè, S. M. Siniscalchi, and G. Tesoriere, “A Novel Architecture of Parking Management for Smart Cities,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 53, pp. 16–28, Oct. 2012, doi: 10.1016/J.SBSPRO.2012.09.856.
- [18] M. Batty *et al.*, “Smart cities of the future,” *The European Physical Journal Special Topics*, vol. 214, no. 1, pp. 481–518, Nov. 2012, doi: 10.1140/epjst/e2012-01703-3.
- [19] M. Angelidou, “Four European Smart City Strategies,” *International Journal of Social Science Studies*, vol. 4, no. 4, pp. 18–30, Mar. 2016, doi: 10.11114/ijsss.v4i4.1364.
- [20] Directorate-General for Research and Innovation, “European capitals of innovation 2016-2019,” *Publications Office of the European Union*. European Commission, Luxembourg, Apr. 2020, Accessed: Sep. 18, 2021. [Online]. Available: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3f93ff13-88f5-11ea-812f-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-131040115>.
- [21] Barcelona Digital City, “Digital transformation.” <https://ajuntament.barcelona.cat/digital/en/digital-transformation> (accessed Sep. 17, 2021).
- [22] Here East, “About Here East,” 2021. <https://hereeast.com/about/> (accessed Sep. 17, 2021).

- [23] “Smart City diagram.” <https://smartcity.brussels/the-project> (accessed Sep. 19, 2021).
- [24] J. Engelbert, L. van Zoonen, and F. Hirzalla, “Excluding citizens from the European smart city: The discourse practices of pursuing and granting smartness,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 142, pp. 347–353, May 2019, doi: 10.1016/J.TECHFORE.2018.08.020.
- [25] S. Dirks and M. Keeling, “A Vision of Smarter Cities: How cities can lead the way into a prosperous and sustainable future,” *IBM Institute for Business Value*, pp. 237–256, 2009, Accessed: Sep. 17, 2021. [Online]. Available: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.1960&rep=rep1&type=pdf#page=244>.
- [26] D. van den Buuse and A. Kolk, “An exploration of smart city approaches by international ICT firms,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 142, pp. 220–234, May 2019, doi: 10.1016/J.TECHFORE.2018.07.029.
- [27] Cisco, “Smart+Connected City Services.” Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), 2011, Accessed: Sep. 18, 2021. [Online]. Available: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/ps/Busan-Green-u-City_IBSG.pdf.
- [28] F. Xia, L. T. Yang, L. Wang, and A. Vinel, “Internet of Things,” *International Journal of Communication Systems*, vol. 25, no. 9, pp. 1101–1102, Sep. 2012, doi: 10.1002/DAC.2417.
- [29] K. Ashton, “That ‘Internet of Things’ Thing,” *RFID Journal*, vol. 22, no. 7, pp. 97–114, Jun. 2009.
- [30] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, “The Internet of Things: A survey,” *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, Oct. 2010, doi: 10.1016/J.COMNET.2010.05.010.
- [31] C. Tang, X. Wei, C. Zhu, W. Chen, and J. J. P. C. Rodrigues, “Towards smart parking based on fog computing,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 70172–70185, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2880972.
- [32] Statista, “Number of IoT devices 2015-2025,” 2016. <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/> (accessed Sep. 21, 2021).
- [33] T. S. Sindlinger, “Crowdsourcing: Why the Power of the Crowd is Driving the Future of Business,” *American Journal of Health-System Pharmacy*, vol. 67, no. 18, pp. 1565–1566, Sep. 2010, doi: 10.2146/ajhp100029.
- [34] P. Srivastava and A. Mostafavi, “Challenges and Opportunities of Crowdsourcing and Participatory Planning in Developing Infrastructure Systems of Smart Cities,” *Infrastructures*, vol. 3, no. 4, p. 51, Nov. 2018, doi: 10.3390/infrastructures3040051.

- [35] “How crowdsourcing drives citizen engagement.” <https://bloombergcities.medium.com/how-crowdsourcing-drives-citizen-engagement-eb5a7eeaf2b1> (accessed Sep. 22, 2021).
- [36] Y. Zhang and M. van der Schaar, “Reputation-based incentive protocols in crowdsourcing applications,” in *Proceedings - IEEE INFOCOM*, 2012, pp. 2140–2148, doi: 10.1109/INFCOM.2012.6195597.
- [37] M. Hossain, “Crowdsourcing in business and management disciplines: an integrative literature review,” *Journal of Global Entrepreneurship Research*, vol. 5, no. 1, p. 21, Dec. 2015, doi: 10.1186/s40497-015-0039-2.
- [38] X. Kong, X. Liu, B. Jedari, M. Li, L. Wan, and F. Xia, “Mobile Crowdsourcing in Smart Cities: Technologies, Applications, and Future Challenges,” *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 5, pp. 8095–8113, Oct. 2019, doi: 10.1109/JIOT.2019.2921879.
- [39] “Intel 2009 Inspire-Empower Challenge.” http://inventorspot.com/articles/intels_2009_inspireempower_challenge_awards_four_world_changers_26484 (accessed Sep. 24, 2021).
- [40] “2011 Dell Social Innovation Challenge,” 2016. <http://www.dellsocialinnovationcompetition.com/> (accessed Sep. 24, 2021).
- [41] Opensignal, “About us.” <https://www.opensignal.com/about-us> (accessed Sep. 25, 2021).
- [42] “Mobility,” *Eltis*, May 2019. <https://www.eltis.org/glossary/mobility> (accessed Sep. 26, 2021).
- [43] A. Noulas, S. Scellato, R. Lambiotte, M. Pontil, and C. Mascolo, “A Tale of Many Cities: Universal Patterns in Human Urban Mobility,” *PLoS ONE*, vol. 7, no. 5, May 2012, doi: 10.1371/journal.pone.0037027.
- [44] “Urban Mobility: More than Just Building Roads,” *Tadamun*, Jul. 2016. <http://www.tadamun.co/urban-mobility-just-building-roads/?lang=en#.YVGyXrgzaUk> (accessed Sep. 27, 2021).
- [45] H. Harman, “Symbolic artificial intelligence techniques to facilitate proactive robot assistance,” Universiteit Gent. Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur, 2020.
- [46] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 2nd Editio. Pearson Education, 2003.
- [47] R. Calegari, G. Ciatto, E. Denti, and A. Omicini, “Logic-Based Technologies for Intelligent Systems: State of the Art and Perspectives,” *Information*, vol. 11, no. 3, p. 167, Mar. 2020, doi: 10.3390/info11030167.

- [48] G. Lima, R. Costa, and M. Moreno, “Semantics and multimedia: An introduction to symbolic artificial intelligence applied to multimedia,” in *Proceedings of the 25th Brazillian Symposium on Multimedia and the Web, WebMedia 2019*, Oct. 2019, no. November, pp. 7–9, doi: 10.1145/3323503.3345031.
- [49] D. McDermott, “Robot Planning,” *AI Magazine*, vol. 13, no. 2, pp. 55–79, 1992, doi: 10.1609/aimag.v13i2.992.
- [50] F. Al-Turjman and A. Malekloo, “Smart parking in IoT-enabled cities: A survey,” *Sustainable Cities and Society*, vol. 49, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.scs.2019.101608.
- [51] J. Zhao, Q. Wu, J. Chen, and Y. Huang, “Parking, Intelligent Parking System,” in *2019 IEEE 4th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, Dec. 2019, pp. 2262–2267, doi: 10.1109/IAEAC47372.2019.8997654.
- [52] M. Liu, J. Naoum-Sawaya, Y. Gu, F. Lecue, and R. Shorten, “A distributed markovian parking assist system,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 20, no. 6, pp. 2230–2240, 2019, doi: 10.1109/TITS.2018.2865648.
- [53] K. Lv, H. Chen, and Y. Lv, “Parking Space Prediction Algorithm Based on Recurrent Neural Network and Ensemble Learning Algorithm,” in *2019 IEEE 6th International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems (CCIS)*, Dec. 2019, pp. 114–119, doi: 10.1109/CCIS48116.2019.9073747.
- [54] “ParkAround - Book Parking. Go with ParkAround By ParkAround B.V.” <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.parkingd2> (accessed Nov. 07, 2020).
- [55] “EasyPark - find & pay parking By EasyPark AS.” <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.easypark.android> (accessed Jun. 01, 2021).
- [56] “JustPark Parking By JustPark.” <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.justpark.jp> (accessed Apr. 03, 2021).
- [57] “Parkopedia Parking By Parkopedia Ltd.” <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.parkopedia> (accessed Oct. 01, 2021).
- [58] S. Conder and L. Darcey, *Android Wireless Application Development*, 2nd Editio. Addison-Wesley Professional, 2010.
- [59] Android Open Source Project, “Android Architecture.” <https://source.android.com/devices/architecture> (accessed Sep. 15, 2021).
- [60] Flutter, “Flutter Architectural layers.” <https://flutter.dev/docs/resources/architectural-overview#architectural-layers> (accessed Sep. 15, 2021).

- [61] E. Windmill, *Flutter in Action*. Manning Publications, 2020.
- [62] “Flutter packages.” <https://pub.dev/flutter/packages> (accessed Sep. 15, 2021).
- [63] Flutter Packages, “Google Maps for Flutter.” https://pub.dev/packages/google_maps_flutter (accessed Sep. 15, 2021).
- [64] Flutter Packages, “Flutter Location Plugin.” <https://pub.dev/packages/location> (accessed Sep. 15, 2021).
- [65] Flutter Packages, “Flutter Polyline Points.” https://pub.dev/packages/flutter_polyline_points (accessed Sep. 15, 2021).
- [66] Flutter Packages, “Flutter Geolocator Plugin.” <https://pub.dev/packages/geolocator> (accessed Sep. 15, 2021).
- [67] Flutter Packages, “Flutter Provider.” <https://pub.dev/packages/provider> (accessed Sep. 15, 2021).
- [68] O. Gyabaah, “Improving accuracy of GPS signals for use in land surveying application,” Ashesi University, 2020.
- [69] C. O’Hara, “Emergency response, the built environment and GPS signal quality: simulation and analysis of urban canyons in Quebec City,” Laval University, Quebec, 2006.
- [70] “Firestore documentation,” *Google Cloud*. <https://cloud.google.com/firestore/docs> (accessed Sep. 28, 2021).

