

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

Φίλιππος Μιχαηλίδης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2021

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πλοήγηση με χρήση Επασυζημένης Πραγματικότητας

Φίλιππος Μιχαηλίδης

Επιβλέπων Καθηγητής:
Αριστείδου Ανδρέας

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των
απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του
Πανεπιστημίου Κύπρου

Μάιος 2021

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτελεί το τελευταίο και σημαντικότερο στάδιο της τετραετούς φοίτησης μου στο Πανεπιστήμιο Κύπρου, το οποίο αναμφίβολα σηματοδοτεί το τέλος ενός καθοριστικού κύκλου και συνάμα την αρχή ενός καθοριστικότερου που έπεται. Αν και πρόκειται για ατομική εργασία, σε καμία περίπτωση δεν μπορώ να αγνοήσω και να μην σταθώ στην απεριόριστη στήριξη και βοήθεια που είχα από τους ανθρώπους γύρω μου, τους οποίους νιώθω τη βαθιά ανάγκη να ευχαριστήσω.

Καταρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την ανιδιοτελή στήριξη, που βίωσαν μαζί μου την αγωνία, το άγχος, και στάθηκαν αρωγοί στην προσπάθεια και τον αγώνα ενός έτους, αλλά και του συνόλου των μαθητικών και φοιτητικών μου χρόνων. Είναι πάντα δίπλα μου, καθοδηγώντας με σιωπηλά και διακριτικά, με απόλυτη εμπιστοσύνη για τις επιλογές και τα βήματά μου, και γι' αυτό τους χρωστώ ένα μεγάλο εγκάρδιο ευχαριστώ για όλα.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά των επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αριστείδου Ανδρέα, Αναπληρωτή Καθηγητή του τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου, για την καθοριστική καθοδήγηση που μου πρόσφερε και τις γνώσεις που μου μετέφερε, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, και για την άψογη συνεργασία που είχαμε.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στο σύνολο των καθηγητών του τμήματος για όλα όσα μου έμαθαν, και φυσικά στους συμφοιτητές μου, που υπήρξαν συνοδοιπόροι σε αυτό το όμορφο ταξίδι, και με τους οποίους πέρασα τέσσερα υπέροχα χρόνια, γεμάτα εμπειρίες και όμορφες στιγμές. Νιώθω τυχερός που συνεργάστηκα μαζί τους και είχα την ευκαιρία να ανταλλάξουμε γνώσεις και απόψεις.

Με την επικείμενη αποφοίτηση μου από το Πανεπιστήμιο Κύπρου, νιώθω ότι φεύγω από ένα λιμάνι και μπαίνω στην ανοικτή θάλασσα γεμάτος γνώσεις και εφόδια. Από μένα πλέον θα εξαρτάται, μαζεύοντας συνεχώς εμπειρίες και με αστείρευτη θέληση και προσπάθεια, να έχω το ωραίο ταξίδι που περιγράφει ο ποιητής.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, είναι η επαυξημένη πραγματικότητα και ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παροχή οδηγιών πλοήγησης. Παρουσιάζεται μια Android κινητή εφαρμογή πλοήγησης, παγκόσμιας κάλυψης, η οποία προσφέρει στους χρήστες της μια ιδιαίτερη εμπειρία ξενάγησης, αφού ξεφεύγει από την κλασική μέθοδο απεικόνισης οδηγιών σε έναν επίπεδο χάρτη, αλλά τις παρουσιάζει επαυξάνοντας την πραγματικότητα του φυσικού περιβάλλοντος. Η εφαρμογή ενσωματώνει ως επιπλέον λειτουργία μια ειδική υπηρεσία πλοήγησης εντός του Πανεπιστημίου Κύπρου, και παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες για την εκεί διακίνηση. Η διεπαφή της εφαρμογής δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει προορισμό, και να πλοηγηθεί προς αυτόν με βάση την εκάστοτε του τοποθεσία, ενώ του προσφέρει πληροφόρηση τόσο για την πρόοδο της διαδρομής, όσο και για τον κάθε προορισμό ξεχωριστά.

Για την υλοποίηση της επαυξημένης πραγματικότητας χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Vision SDK της πλατφόρμας Mapbox, ενώ με διάφορους τρόπους αξιοποιήθηκαν οι πλατφόρμες της Google και HERE, οι τεχνολογίες Ajax και Volley, όπως και η δομή JSON.

Η απόδοση εντός του Πανεπιστημίου Κύπρου, αλλά και γενικότερα σε χώρους των οποίων οι χάρτες δεν έχουν ακόμη ψηφιοποιηθεί, κρίνεται ικανοποιητική, αλλά ταυτόχρονα αποτελεί ευκαιρία μελλοντικής επέκτασης και αναβάθμισης, καθώς μια ψηφιοποίηση του χώρου πιθανότατα να οδηγήσει σε μεγαλύτερη ακρίβεια και συνέπεια. Σε κάθε περίπτωση, η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας συνέβαλε στην ανάπτυξη μιας καινοτόμου και εύχρηστης εφαρμογής, φιλικής προς τον χρήστη, που συνδυάζει απλότητα και λειτουργικότητα, λύνοντας τα χέρια όσων αναζητούν οδηγίες πλοήγησης χωρίς την αυστηρή προσκόλληση σε ένα χάρτη που τις παρουσιάζει. Ιδιαίτερα χρήσιμη κατά την οδήγηση αλλά και σε πεζές περιηγήσεις, όπου η πολυτέλεια της επαύξησης που προσφέρει, μετρά διπλά.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	1
Εισαγωγή	1
1.1 Εισαγωγικό υπόβαθρο	1
1.2 Κίνητρο και τομέας συνεισφοράς	2
1.3 Προκλήσεις	4
1.4 Προκαταρκτική αναφορά εργασιών	4
1.5 Οργάνωση κειμένου	5
Κεφάλαιο 2	6
Η επαυξημένη πραγματικότητα και η συνεισφορά της στην πλοήγηση	6
2.1 Εισαγωγή στην επαυξημένη πραγματικότητα	6
2.2 Είδη επαυξημένης πραγματικότητας	10
2.3 Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας	13
2.4 Εφαρμογές πλοήγησης	17
Κεφάλαιο 3	24
Περιγραφή υλοποίησης, πλατφόρμας και εργαλείων ανάπτυξης, και ανάλυση αναγκών και απαιτήσεων	24
3.1 Εισαγωγή στην εφαρμογή	24
3.2 Ο κόσμος του Android	27
3.3 Επιλογή πλατφόρμας και εργαλείου επαυξημένης πραγματικότητας	33
3.4 Καθορισμός αναγκών και απαιτήσεων	40
Κεφάλαιο 4	48
Μεθοδολογία	48
4.1 Εισαγωγή	48
4.2 Εργαλεία και τεχνολογίες	49
4.3 Διεπαφή χρήστη	50
4.4 Άδειες Χρήσεις	50
4.5 Λειτουργίες και υπηρεσίες	51
4.6 Δοκιμές και έλεγχος	67
Κεφάλαιο 5	69
Παρουσίαση εφαρμογής και αξιολόγηση αποτελεσμάτων	69
5.1 Εισαγωγική και αρχική οθόνη	69
5.2 Άδειες χρήσης	70
5.3 Λειτουργία Nearby Places	70
5.4 Λειτουργία Find a Place	72
5.5 Λειτουργία Explore UCY	73
5.6 Λειτουργία πλοήγησης με επαυξημένη πραγματικότητα	75
5.7 Μηνύματα ενημέρωσης χρήστη	76
5.8 Αξιολόγηση	77
Κεφάλαιο 6	79
Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις	79
6.1 Επισκόπηση και σύνοψη	79
6.2 Προκλήσεις	80
6.3 Μελλοντικές επεκτάσεις	81
Βιβλιογραφία	83

<i>Παράρτημα Α</i>	<i>Α-1</i>
<i>Παράρτημα Β</i>	<i>Β-1</i>

Κατάλογος Εικόνων

<i>Εικόνα 2.1: Η πρώτη συσκευή HMD όπως επινοήθηκε από τον καθηγητή Ivan Sutherland στο Πανεπιστήμιο της Utah σε συνεργασία με τους φοιτητές του.</i>	8
<i>Εικόνα 2.2: Τα HoloLens της Microsoft που βοηθούν τη μηχανικό να πάρει οδηγίες για το πως να κάνει μια επιδιόρθωση.</i>	9
<i>Εικόνα 2.3: Ένα παράδειγμα Marker-based AR.</i>	10
<i>Εικόνα 2.4: Προβολή ψηφιακού ηλεκτρολογίου πάνω σε παλάμη με τη χρήση Projection-based AR.</i>	11
<i>Εικόνα 2.5: Location-based AR σε εφαρμογή περιήγησης.</i>	12
<i>Εικόνα 2.6: Η AR εφαρμογή AccuVein.</i>	14
<i>Εικόνα 2.7: Ο νυχτερινός ουρανός μέσα από την εφαρμογή Google Sky Map.</i>	15
<i>Εικόνα 2.8: Η χρήση της εφαρμογής IKEA Place.</i>	16
<i>Εικόνα 2.9: Το διάσημο παιχνίδι AR Pokémon Go.</i>	17
<i>Εικόνα 2.10: Η εφαρμογή Google Maps.</i>	18
<i>Εικόνα 2.11: Πλοήγηση στο Π.Κ. με τη χρήση του συστήματος AnyPlace.</i>	19
<i>Εικόνα 2.12: Πλοήγηση στο University of Newcastle με τη χρήση της εφαρμογής MazeMap.</i>	20
<i>Εικόνα 2.13: Τα συστήματα CityNav και AAU Map για εσωτερική πλοήγηση στα University of London και Aalborg University αντίστοιχα, σε κινητές συσκευές.</i>	21
<i>Εικόνα 2.14: Mercedes – Benz AR Navigation System.</i>	22
<i>Εικόνα 2.15: Η πιλοτική έκδοση των AR Google Maps.</i>	22
<i>Εικόνα 2.16: Το σύστημα πλοήγησης Wikitude.</i>	23
<i>Εικόνα 3.1: Το τελευταίο (από 2019) λογότυπο του Android</i>	28
<i>Εικόνα 3.2: Οι εκδόσεις Android έως σήμερα.</i>	29
<i>Εικόνα 3.3: Linux kernel layer.</i>	30
<i>Εικόνα 3.4: Native Libraries & Android Runtime layer.</i>	31
<i>Εικόνα 3.5: Application Framework layer.</i>	32
<i>Εικόνα 3.6: Application layer.</i>	32
<i>Εικόνα 3.7: Πίνακας σύγκρισης εργαλείων επαυξημένης πραγματικότητας.</i>	39
<i>Εικόνα 3.8: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (α).</i>	43
<i>Εικόνα 3.9: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (β).</i>	43
<i>Εικόνα 3.10: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (γ).</i>	44
<i>Εικόνα 3.11: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (δ).</i>	45
<i>Εικόνα 3.12: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (ε).</i>	45
<i>Εικόνα 3.13: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (ζ).</i>	46
<i>Εικόνα 3.14: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (η).</i>	46
<i>Εικόνα 3.15: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (θ).</i>	47
<i>Εικόνα 4.1: Το σχήμα του πίνακα της βάσης δεδομένων της εφαρμογής.</i>	59

<i>Εικόνα 4.2: Τα σημεία και οι οδηγίες μιας σύντομης διαδρομής.</i>	62
<i>Εικόνα 5.1: Εισαγωγική και αρχική οθόνη της εφαρμογής Naviris.</i>	69
<i>Εικόνα 5.2: Αιτήματα για άδεια χρήσης προς τον χρήστη.</i>	70
<i>Εικόνα 5.3: Αναζήτηση κατηγορίας σημείου ενδιαφέροντος με χρήση μπάρας αναζήτησης και φιλτραρίσματος.</i>	71
<i>Εικόνα 5.4: Επιλογή της κατηγορίας Cafe και παρουσίαση των πλησιέστερων καφετεριών σε αύξουσα σειρά απόστασης.</i>	71
<i>Εικόνα 5.5: Αναζήτηση σημείου ενδιαφέροντος μέσω μπάρας αναζήτησης.</i>	72
<i>Εικόνα 5.6: Αποτελέσματα αναζήτησης με είσοδο University of Cyprus σε αύξουσα σειρά απόστασης.</i>	73
<i>Εικόνα 5.7: Αναζήτηση σημείου ενδιαφέροντος με χρήση μπάρας αναζήτησης και προτεινόμενων επιλογών.</i>	73
<i>Εικόνα 5.8: Παρουσίαση πληροφοριών και δυνατότητες ενεργειών για σημεία ενδιαφέροντος εντός της Πανεπιστημιούπολης.</i>	74
<i>Εικόνα 5.9: Αίτημα για άδεια χρήσης προς τον χρήστη.</i>	74
<i>Εικόνα 5.10: Πλοήγηση με το αυτοκίνητο στους δρόμους της Κύπρου.</i>	75
<i>Εικόνα 5.11: Πλοήγηση με τα πόδια στο Π.Κ.</i>	76
<i>Εικόνα 5.12: Μηνύματα ενημέρωσης προς τον χρήστη.</i>	77

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγικό υπόβαθρο	1
1.2 Κίνητρο και τομέας συνεισφοράς	2
1.3 Προκλήσεις	4
1.4 Προκαταρκτική αναφορά εργασιών	4
1.5 Οργάνωση κειμένου	5

1.1 Εισαγωγικό υπόβαθρο

Είναι γεγονός πως στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, οι νέες τεχνολογίες και επιστημονικές ανακαλύψεις εξελίσσονται ραγδαία, μεταφέροντας τις ανθρώπινες δυνατότητες σε άλλη διάσταση. Ταυτόχρονα, οι ανάγκες των ανθρώπων για αγαθά και υπηρεσίες, όπως και οι προσδοκίες τους από αυτές, είναι πολύ μεγάλες, ανεβάζοντας τον πήχη πολύ ψηλά και υποβάλλοντας την ανθρωπότητα σε μια συνεχή εξέλιξη. Ανέκαθεν ίσχυε η ρήση του Ηράκλειτου πως «τα πάντα ρει και ουδέν μένει», σήμερα όμως, όχι μόνο τίποτα δεν μένει στάσιμο, αλλά επιπλέον, τόσο η τεχνολογία όσο και οι απαιτήσεις προχωρούν με πολύ γοργούς ρυθμούς, και παρατηρείται μεταξύ τους ένας συνεχής αγώνας δρόμου, που μάλλον μοιάζει με φαύλο κύκλο αφού, όσο η τεχνολογία εξελίσσεται για να συμβαδίζει με τις ανάγκες της ανθρωπότητας, τόσο αυτές αυξάνονται και μεγιστοποιούνται. Σε αυτή την ακατάπαυστη κούρσα, δεν υπάρχει η πολυτέλεια της στασιμότητας.

Μια από τι πλέον σημαντικές, υποσχόμενες και εντυπωσιακές τεχνολογίες των τελευταίων χρόνων, είναι η επαυξημένη πραγματικότητα (*augmented reality*)¹, ενώ μια βασική ανάγκη του ανθρώπου σήμερα, είναι η παροχή οδηγιών πλοήγησης (*navigation*), συστήματα δηλαδή που θα τον καθοδηγούν προς τον προορισμό του.

Η επαυξημένη πραγματικότητα είναι η σε πραγματικό χρόνο άμεση ή έμμεση προβολή ενός φυσικού, πραγματικού περιβάλλοντος, του οποίου τα στοιχεία επαυξάνονται από

¹ Εφεξής επαυξημένη πραγματικότητα ή AR.

στοιχεία αναπαραγόμενα από συσκευές υπολογιστών, όπως ήχος, βίντεο, γραφικά ή δεδομένα τοποθεσίας.

Αν και η εισαγωγή του όρου της επαυξημένης πραγματικότητας έγινε πολλά χρόνια πριν, το 1992 συγκεκριμένα, η τεχνολογία άρχισε να γίνεται γνωστή στο κοινό την τελευταία δεκαπενταετία, και έκτοτε αναπτύσσεται ταχύτατα, δείχνοντας πως έχει ακόμα πολλά να προσφέρει, αφού πολλές από τις δυνατότητες της παραμένουν ακόμη ανεξερεύνητες. Σήμερα, μια πληθώρα καινοτόμων εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας είναι διαθέσιμες, ενώ η συνέχεια προμηνύεται ιδιαίτερα ελπιδοφόρα και ακόμη πιο εντυπωσιακή.

Η ανάγκη για παροχή οδηγιών πλοήγησης χρονολογείται στα 3500 χρόνια πριν τη γέννηση του Χριστού, όταν υπήρχε η ανάγκη για καθοδήγηση των πλοίων που μετέφεραν προϊόντα εμπορίου. Έκτοτε, η τέχνη της πλοήγησης, όπως αποκαλούνταν, εξελίσσεται και διευρύνεται ως παροχή υπηρεσίας, και φτάνουμε μέχρι σήμερα, όπου έχει γίνει χρήσιμο και απαραίτητο εργαλείο στα χέρια των ανθρώπων, που λογικά και αναμενόμενα δεν μπορούν να γνωρίζουν όλες τις διαδρομές που πρέπει ή/και θέλουν να εκτελέσουν. Οι αποστάσεις έχουν συρρικνωθεί, ο κόσμος πηγαινοέρχεται μεταξύ διαφόρων σημείων του πλανήτη, και έρχεται ως φυσικό επακόλουθο, να υπάρχουν περιπτώσεις όπου η διαδρομή προς τον προορισμό δεν είναι γνωστή ή ξεκάθαρη. Σήμερα, υπάρχουν δυο βασικά είδη πλοήγησης, η πλοήγηση σε εσωτερικούς χώρους ή συγκροτήματα κτηρίων (*indoor navigation*), όπως εμπορικά κέντρα, πανεπιστήμια, αεροδρόμια, νοσοκομεία κ.λπ., και η πλοήγηση σε εξωτερικούς χώρους (*outdoor navigation*), που καλύπτει όλους τους άλλους (εξωτερικούς) χώρους.

Η ανάγκη της ανθρωπότητας αυτή, που από πολλούς θεωρείται ανάλογης σημασίας όπως η ανάγκη για μετάφραση (*translation*), έχει οδηγήσει πολλές εταιρείες στη δημιουργία συστημάτων και εφαρμογών πλοήγησης, σημαίνοντας συναγερμό και αυξάνοντας τον ανταγωνισμό μεταξύ τους.

1.2 Κίνητρο και τομέας συνεισφοράς

Η ανάγκη για οδηγίες πλοήγησης, είτε ο χρήστης είναι οδηγός είτε πεζός, είναι όπως εξηγήθηκε πιο πάνω βασική και συχνή για όλους. Μπορεί να υπάρχουν υπερσύγχρονοι και πλήρως λειτουργικοί και αποδοτικοί πλοηγοί σήμερα, όπως αυτός της Google Maps²,

² Εφεξής Google Maps ή χάρτες της Google.

που χρησιμοποιείται κυριολεκτικά από όλο τον κόσμο, αλλά η χρήση του χάρτη που απαιτείται και η ανάγκη για παρακολούθηση των οδηγιών μέσω της οθόνης της συσκευής, ώθησε στη δημιουργία ενός διαφορετικού και καινοτόμου συστήματος, ενός συστήματος που θα παρέχει τις κατευθυντήριες οδηγίες πλοήγησης με έναν πιο εύχρηστο και ευχάριστο τρόπο, οδηγώντας σε πρακτικά και λειτουργικά οφέλη, και επιδρώντας θετικά στον τομέα της εμπειρίας χρήσης και ασφάλειας. Είναι εμπειρικά γνωστό σε όλους, πως η μερική αποκοπή από την πραγματικότητα με σκοπό τη λήψη και κατανόηση των οδηγιών που προβάλλονται μέσω του χάρτη στην οθόνη, είναι ενοχλητική και ανεπιθύμητη στις περιπτώσεις όπου θέλεις να απολαμβάνεις τη διαδρομή καθώς πλοηγεί, και απαγορευμένη και επικίνδυνη όταν η προσοχή σου θα πρέπει να παραμένει πλήρως εστιασμένη αλλού. Σχεδόν πάντοτε είναι μη- αποδοτική, αφού απαιτεί παραλληλία και ταυτόχρονη διεκπεραίωση ενεργειών, και ως εκ τούτου, μια διαφορετική προσέγγιση του τρόπου πλοήγησης κατέστη στην πορεία επιβεβλημένη.

Η παρούσα υλοποίηση έρχεται να λύσει το πρόβλημα αυτό, συνδυάζοντας την ανάγκη για πλοήγηση με την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας, παρέχοντας οδηγίες πλοήγησης σε εξωτερικούς χώρους, ως επαύξηση της πραγματικότητας των χρηστών, και αποτελώντας μια ελκυστική και ενδιαφέρουσα καινοτομία και αλλαγή στα ήδη γνωστά και υφιστάμενα. Συμβαδίζει με την τεχνολογική εξέλιξη, ενώ ταυτόχρονα, δημιουργεί προοπτικές και θέτει τις βάσεις για κάτι καλύτερο στο άμεσο μέλλον.

Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για μια εφαρμογή μέσω της οποίας οι χρήστες θα μπορούν να αναζητούν και να πληροφορούνται για διάφορα σημεία ενδιαφέροντος, να επιλέγουν ένα εξ αυτών ως τελικό προορισμό, και να δέχονται τις οδηγίες πλοήγησης, με σημείο έναρξης την τοποθεσία τους. Ταυτόχρονα και σε πραγματικό χρόνο, θα μπορούν κατά την πλοήγηση να ενημερώνονται για την πρόοδο του ταξιδιού τους. Οι οδηγίες πλοήγησης θα εμφανίζονται επάνω στον δρόμο και θα εμπλουτίζουν το πραγματικό περιβάλλον του χρήστη, έτσι ώστε να μην απαιτείται η μερική αποκοπή του από το περιβάλλον, όπως συμβαίνει στους κλασικούς τρόπους πλοήγησης. Ο κάθε χρήστης θα μπορεί να πάρει άμεσα οδηγίες προς οποιοδήποτε προορισμό επιθυμεί, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι καθυστερήσεις, οι άσκοπες μετακινήσεις, η παρέκκλιση από τη σωστή πορεία και να επιτυγχάνεται η άφιξη στον προορισμό εύκολα και αποτελεσματικά. Τα πιο πάνω έχουν παγκόσμια κάλυψη, ενώ ως επιπλέον λειτουργία έχει υλοποιηθεί και

ενσωματωθεί ένας ειδικευμένος πλοηγός για το Πανεπιστήμιο Κύπρου³, ο οποίος θα δίνει τη δυνατότητα στους φοιτητές του να αναζητούν σημεία μέσα σε αυτό, και να πλοηγούνται προς αυτά. Στόχος η εύκολη και γρήγορη μετακίνηση των ευκαιριακών ή νέων επισκεπτών εντός της Πανεπιστημιούπολης, καθώς τόσο το μέγεθος, όσο και η σχετικά σύνθετη ονομασία των σημείων της, κάνουν το χώρο ένα αχαρτογράφητο μέρος για αυτούς.

1.3 Προκλήσεις

Οι προκλήσεις ενός τέτοιου εγχειρήματος είναι πολλές, αφού μια καινούργιας τεχνολογίας εφαρμογή, με την οποία δεν υπάρχει ιδιαίτερη εξοικείωση, καλείται να καλύψει μια εξαιρετικά απαιτητική ανάγκη. Οι οδηγίες πλοήγησης θα πρέπει να είναι ακριβείς και να συνθέτουν τη βέλτιστη διαδρομή, το περιβάλλον χρήσης θα πρέπει να είναι φιλικό και λειτουργικό, ενώ η απεικόνιση θα πρέπει να είναι τέτοια, ούτως ώστε να σχεδιάζει ευδιάκριτα, καλαίσθητα και αποτελεσματικά τη διαδρομή επάνω στον πραγματικό περίγυρο του χρήστη. Είναι αυτονόητο πως, συγκρινόμενη με τα υφιστάμενα συστήματα του τομέα, η εφαρμογή θα πρέπει να κρίνεται ως μία θετική διαφοροποίηση και να αποτελεί μια αισθητή βελτίωση και αναβάθμιση, απόδοσης και εμπειρίας.

1.4 Προκαταρκτική αναφορά εργασιών

Για τον σκοπό της υλοποίησης, έγινε η απαραίτητη μελέτη και εμβάθυνση στο πεδίο του λειτουργικού συστήματος Android καθώς η εφαρμογή αναπτύχθηκε στο Android Studio⁴, για να τρέχει σε Android συσκευές. Αναγκαία ήταν επίσης η εκτενής ερευνητική ανασκόπηση της τεχνολογίας της επαυξημένης πραγματικότητας, όσο αφορά την ιστορία, τη χρησιμότητα, τα είδη, τις δυνατότητες, αλλά και τις εφαρμογές της. Έπειτα από τη συγκριτική αξιολόγηση των εργαλείων που την υποστηρίζουν, επιλέχθηκε το Vision SDK⁵ της Mapbox⁶ το οποίο και ενσωματώθηκε στη δομή της εφαρμογής. Της υλοποίησης προηγήθηκε και μια ενδελεχής έρευνα απαιτήσεων και μελέτη παρόμοιων

³ Εφεξής Π.Κ. ή Πανεπιστημιούπολη.

⁴ Ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης για ανάπτυξη Android εφαρμογών.

⁵ Kit Ανάπτυξης Λογισμικού (*Software Development Kit*), είναι ένα σύνολο εργαλείων ανάπτυξης που επιτρέπουν σε έναν προγραμματιστή να δημιουργήσει λογισμικό εφαρμογών για ένα συγκεκριμένο πακέτο λογισμικού, πλατφόρμα, παιχνιδομηχανή, λειτουργικά συστήματα κ.λπ.

⁶ Αμερικανική πλατφόρμα δεδομένων τοποθεσίας για κινητές και διαδικτυακές εφαρμογές, πάροχος προσαρμοσμένων διαδικτυακών χαρτών, που ξεκίνησε να προσφέρει τις υπηρεσίες του το 2010.

συστημάτων, έτσι ώστε να εξακριβωθούν οι ανάγκες και να καθοριστούν οι προς υλοποίηση λειτουργίες βάσει αυτών. Για ανατροφοδότηση και βελτίωση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής, τόσο όσο αφορά την ακρίβεια των οδηγιών όσο και την ποιότητα απεικόνισης τους, έγιναν πολλές πραγματικές δοκιμές στους δρόμους.

1.5 Οργάνωση κειμένου

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από 6 κεφάλαια:

Κεφάλαιο 1: Σύντομη εισαγωγή στο θέμα και αναφορά στον τομέα συνεισφοράς της πτυχιακής εργασίας, παρουσίαση κινήτρου, στόχων και προκλήσεων γύρω από αυτήν.

Κεφάλαιο 2: Εισαγωγή στην επαυξημένη πραγματικότητα, και συγκεκριμένα σύντομη παρουσίαση ιστορικής αναδρομής, επεξήγηση της τεχνολογίας, αναφορά στα είδη και στις εφαρμογές της, αλλά και στον τρόπο με τον οποίο συνεισφέρει στον τομέα της σύγχρονης πλοήγησης.

Κεφάλαιο 3: Εισαγωγή στην υλοποιηθείσα εφαρμογή και στις δυνατότητές της, αναφορά στη φάση ανάλυσης αναγκών και απαιτήσεων, αλλά και αιτιολόγηση επιλογής του εργαλείου της επαυξημένης πραγματικότητας. Σύντομη αναφορά στο λειτουργικό σύστημα Android.

Κεφάλαιο 4: Λεπτομερής αναφορά στον τρόπο υλοποίησης της εφαρμογής και στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε.

Κεφάλαιο 5: Παρουσίαση αποτελεσμάτων από την εκτέλεση και λειτουργία της εφαρμογής με χρήση εικόνων, και αξιολόγησή της.

Κεφάλαιο 6: Παράθεση συμπερασμάτων και σύνοψης, αναφορά σε δυσκολίες και προβλήματα, και συζήτηση για μελλοντικές επεκτάσεις, αναβαθμίσεις και βελτιώσεις.

Κεφάλαιο 2

Η επαυξημένη πραγματικότητα και η συνεισφορά της στην πλοήγηση

2.1 Εισαγωγή στην επαυξημένη πραγματικότητα	6
2.1.1 Γενική περιγραφή και ορισμός	6
2.1.2 Ιστορική αναδρομή	7
2.2 Είδη επαυξημένης πραγματικότητας	10
2.2.1 Επαυξημένη πραγματικότητα βάσει αναγνώρισης προτύπου (<i>Marker-based</i>)	10
2.2.2 Επαυξημένη πραγματικότητα χωρίς αναγνώριση προτύπου (<i>Markerless</i>)	10
2.2.2.1 Επαυξημένη πραγματικότητα βάσει προβολής (<i>Projection-based</i>)	11
2.2.2.2 Επαυξημένη πραγματικότητα βάσει τοποθεσίας (<i>Location-based</i>)	11
2.2.2.3 Επαυξημένη πραγματικότητα βάσει περιγράμματος (<i>Outline-based</i>)	12
2.2.2.4 Επαυξημένη πραγματικότητα βάσει επικάλυψης (<i>Superimposition-based</i>)	12
2.3 Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας	13
2.3.1 Εφαρμογές στην ιατρική και μηχανική	13
2.3.2 Εφαρμογές στην εκπαίδευση	14
2.3.3 Εφαρμογές στη διαφήμιση	15
2.3.4 Εφαρμογές στη ψυχαγωγία	16
2.3.5 Εφαρμογές στον τουρισμό, πολιτισμό, στη χλωρίδα και πανίδα	17
2.4 Εφαρμογές πλοήγησης	17
2.4.1 Google Maps	17
2.4.2 Apple Maps	18
2.4.3 AnyPlace – Indoor Information System	19
2.4.4 MazeMap – Indoor Maps & Wayfinding	20
2.4.5 Mapspeople	20
2.5.1 Mercedes – Benz AR Navigation System	21
2.5.2 Google Maps AR version	22
2.5.3 Wikitude Navigation	22

2.1 Εισαγωγή στην επαυξημένη πραγματικότητα

2.1.1 Γενική περιγραφή και ορισμός

Με τον όρο επαυξημένη πραγματικότητα εννοείται η ζωντανή προβολή ενός φυσικού περιβάλλοντος, του οποίου όμως η πραγματικότητα είναι επαυξημένη με την προβολή πληροφοριών αλλά και εικονικών προσώπων, αντικειμένων ή χώρων, σχεδιασμένων μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Με άλλα λόγια, ο πραγματικός κόσμος του χρήστη εμπλουτίζεται με εικονικά στοιχεία και ο χρήστης αισθάνεται/λαμβάνει πληροφορία η οποία στην πραγματικότητα δεν υπάρχει. Η πληροφορία αυτή μπορεί να είναι ήχος, εικόνα, βίντεο ή άλλα δεδομένα που προέρχονται από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, με

τη μεγαλύτερη εστίαση όμως να παρατηρείται στα οπτικά ερεθίσματα. Η επαύξηση γίνεται τυπικά σε πραγματικό χρόνο και στη βάση στοιχείων του περιβάλλοντος, καθώς τεχνητές πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον και τα αντικείμενα του, μπορούν να επικαλύψουν εικονικά τον πραγματικό κόσμο. Η προηγμένη τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας επιτρέπει στις πληροφορίες σχετικά με τον περιβάλλοντα κόσμο του χρήστη να γίνονται διαδραστικές και να μπορούν να χειραγωγηθούν ψηφιακά, ενώ οι προβολές δεδομένων είναι δυνατές είτε από τις οθόνες των συσκευών είτε από ειδικά γυαλιά προβολής AR [1].

Η διάκριση της επαυξημένης με την εικονική πραγματικότητα (*virtual reality*) είναι εύκολη, δεδομένου ότι η εικονική πραγματικότητα δεν έχει να κάνει με τον πραγματικό κόσμο του χρήστη, αφού αυτός μεταφέρεται σε ένα εντελώς εικονικό και προσομοιωμένο περιβάλλον, το οποίο αντικαθιστά πλήρως το φυσικό. Το φανταστικό αυτό περιβάλλον, δημιουργείται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή και σκοπός είναι να προσεγγιστεί όσο καλύτερα γίνεται η πραγματικότητα, τη στιγμή που υπάρχει πλήρης αποκοπή από αυτήν. Αντίθετα, στην επαυξημένη πραγματικότητα, τα μοντέλα που παράγονται από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή συνδυάζονται αρμονικά με το πραγματικό περιβάλλον, ως να είναι μέρος αυτού, και απλά ενισχύουν την τρέχουσα αντίληψη του κόσμου για την πραγματικότητα. Όπως χαρακτηριστικά εξηγεί ο Ronald Azuma, «*Η επαυξημένη πραγματικότητα είναι μία παραλλαγή της εικονικής πραγματικότητας, αλλά δε θα πρέπει να συγχέεται με την τελευταία, διότι συμπληρώνει τον πραγματικό κόσμο και δεν τον υποκαθιστά*» [2].

2.1.2 Ιστορική αναδρομή

Η επαυξημένη πραγματικότητα κάνει το πραγματικό της ανεπίσημο ντεμπούτο πολλά χρόνια πριν, το μακρινό 1968, όταν ο καθηγητής και επιστήμονας Ivan Sutherland, αναπτύσσει το πρώτο σύστημα οθόνης προσαρμοσμένης στο κεφάλι (*Head-Mounted Display*)⁷ με χρήση εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας, που ονομάζεται "The Sword of Damocles". Χρησιμοποιεί γραφικά που δημιουργήθηκαν από υπολογιστή για να δείξει στους χρήστες απλά σχέδια wireframe⁸.

⁷ Συσκευή προβολής, που φοριέται στο κεφάλι ή ως μέρος ενός κράνους, η οποία έχει μια μικρή οπτική οθόνη μπροστά από ένα ή κάθε μάτι. Χρησιμοποιείται μεταξύ άλλων, στα παιχνίδια, στην αεροπορία, στη μηχανική και ιατρική. Εφεξής HMD.

⁸ Οπτική αναπαράσταση ενός τρισδιάστατου φυσικού αντικειμένου που χρησιμοποιείται σε τρισδιάστατα γραφικά υπολογιστών.



Εικόνα 2.1: Η πρώτη συσκευή HMD όπως επινοήθηκε από τον καθηγητή Ivan Sutherland στο Πανεπιστήμιο της Utah σε συνεργασία με τους φοιτητές του.

Ο όρος της επαυξημένης πραγματικότητας όμως, εισάγεται επισήμως το 1990 από τον ερευνητή Tom Caudell, ενώ το 1992, ο εφευρέτης Louis Rosenberg αναπτύσσει στο ερευνητικό κέντρο US Air Force's Research Lab του Τέξας, το πρώτο, απόλυτα εντυπωσιακό σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας, τα "Virtual Fixtures", που λειτουργούσαν για την εκπαίδευση πιλοτών στην Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ. Το 1994, η Julie Martin παρουσιάζει το πρώτο AR Theater Production με το όνομα «Dancing in Cyberspace», το 1996 ο Bruce H. Thomas, αναπτύσσει το ARQuake, το πρώτο υπαίθριο (*outdoor*) παιχνίδι AR για κινητές συσκευές, ενώ το 1999, ο Hirozaku Kato δημιουργεί το ARToolkit, μια ανοικτού κώδικα (*Open Source Software*)⁹ βιβλιοθήκη για τη δημιουργία εφαρμογών ισχυρής επαυξημένης πραγματικότητας. Ακολουθεί το 2001, το πρώτο πρόγραμμα περιήγησης επαυξημένης πραγματικότητας, Real-World Wide Web (*RWWW*), από τους Bob Kooper και Blair MacIntyre, μια εφαρμογή που αναπαριστά δεδομένα από τον Παγκόσμιο Ιστό (*World Wide Web*) στον πραγματικό κόσμο, μέσω μίας συσκευής HMD. Τα δεδομένα αυτά ανανεώνονται ανάλογα με τη θέση και τον προσανατολισμό του χρήστη [3]. Σειρά στα παιχνίδια παίρνει η εταιρεία Nokia, η οποία το 2005 παρουσιάζει παιχνίδι AR Tennis για δύο παίκτες. Το 2008, δημιουργείται το πλέον δημοφιλές πρόγραμμα πλοήγησης επαυξημένης πραγματικότητας Wikitude, που λειτουργεί βάσει θέσης. Το 2010, η Microsoft εισάγει τις συσκευές εισόδου αντίληψης κίνησης Kinect, και το 2013, η Google ξεκινά τις πωλήσεις ενός πρωτοτύπου της περίφημης συσκευής των Google Glasses, ενώ ένα χρόνο μετά, παρουσιάζει το Tango, μια υπολογιστική πλατφόρμα επαυξημένης πραγματικότητας. Η Microsoft παίρνει ξανά

⁹ Λογισμικό του οποίου ο πηγαίος κώδικας είναι διαθέσιμος σε όλους. Τα δικαιώματα και οι περιορισμοί που διέπουν τη χρήση του εξαρτώνται και καθορίζονται από την άδεια λογισμικού που τον συνοδεύει.

τα ηνία το 2015 και 2016, έτη κατά τα οποία ανακοινώνει και πωλεί αντίστοιχα τα HoloLens, ένα ζευγάρι έξυπνων γυαλιών (*smart glasses*) μεικτής πραγματικότητας (*mixed reality*)¹⁰ στο πλαίσιο του λειτουργικού συστήματος Windows 10.



Εικόνα 2.2: Τα HoloLens της Microsoft που βοηθούν τη μηχανικό να πάρει οδηγίες για το πως να κάνει μια επιδιόρθωση.

Μέσα του 2016, η Niantic¹¹ μαζί με την Nintendo¹², δημιουργούν το παιχνίδι Pokémon Go, μια από τις πιο διάσημες εφαρμογές για κινητές συσκευές με εκατομμύρια κατεβάσματα (*downloads*), και λίγους μήνες μετά, η εταιρεία Snap¹³, κυκλοφορεί τα δικά της γυαλιά, τα Spectacles, με δυνατότητες για 3D αναπαράσταση του κόσμου και δυνατότητα αλληλεπίδρασης. Το 2017, η Apple εισάγει την πλατφόρμα ανάπτυξης συστημάτων επαυξημένης πραγματικότητας ARKit SDK για τις συσκευές iOS, κάτι που κάνει και η Google για τις Android συσκευές το 2018, όταν εισάγει τη δική της πλατφόρμα ARCore SDK, αντικαθιστώντας στην ουσία το Google Tango του 2014. Στο μεσοδιάστημα, πηγαίνοντας πίσω στο 2017, η Facebook κυκλοφορεί την Camera Effects πλατφόρμα, που στη συνέχεια μετονομάζεται σε Spark AR Studio, το οποίο αποτελεί άλλο ένα λογισμικό επαυξημένης πραγματικότητας με απίστευτες δυνατότητες. Τέλος, το 2018, η Magic Leap¹⁴, λανσάρει τη δική της συσκευή επαυξημένης πραγματικότητας, Magic Leap 1, ενώ το 2019, η Microsoft κυκλοφορεί τα HoloLens 2 [3] [4] [5].

¹⁰ Συγχώνευση πραγματικών και εικονικών κόσμων για την παραγωγή νέων περιβαλλόντων και οπτικοποιήσεων, όπου φυσικά και ψηφιακά αντικείμενα συνυπάρχουν και αλληλοεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο. Συνδυασμός επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας.

¹¹ Αμερικανή εταιρεία ανάπτυξης λογισμικού.

¹² Ιαπωνική πολυεθνική εταιρία ηλεκτρονικών και βιντεοπαιχνιδιών.

¹³ Αμερικανική πολυεθνική τεχνολογική εταιρεία.

¹⁴ Αμερικανική εταιρεία.

2.2 Είδη επαυξημένης πραγματικότητας

2.2.1 Επαυξημένη πραγματικότητα βάσει αναγνώρισης προτύπου (*Marker-based*)

Τα πρότυπα ή δείκτες (*markers*) είναι ξεχωριστά μοτίβα τα οποία οι κάμερες μπορούν εύκολα να αναγνωρίσουν και να επεξεργαστούν και είναι οπτικά μοναδικά στο περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται. Τέτοια πρότυπα είναι τα Barcodes και τα QRs, αλλά και εικόνες του πραγματικού κόσμου που ορίζονται από το σύστημα ως πρότυπα. Είναι ή πρέπει να είναι απλά έτσι ώστε να μην απαιτείται μεγάλη επεξεργαστική ικανότητα για να αναγνωριστούν. Η κάμερα της συσκευής σαρώνει το περιβάλλον και παράγεται αποτέλεσμα επαύξης μόνο όταν ανιχνευτεί πρότυπο. Αφού δηλαδή διακριθεί το πρότυπο μεταξύ των υπολοίπων αντικειμένων του πραγματικού κόσμου, ενεργοποιείται η διαδικασία της επαύξης και του εμπλουτισμού με τα ψηφιακά στοιχεία. Χρησιμοποιείται ευρέως σε μουσεία ή γκαλερί, όπου η σάρωση ενός προτύπου μπορεί πολύ εύκολα να παρουσιάσει στους χρήστες όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες [6].



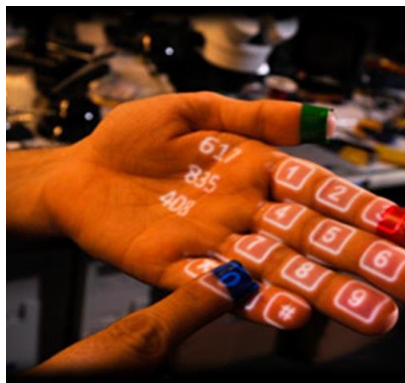
Εικόνα 2.3: Ένα παράδειγμα *Marker-based AR*.

2.2.2 Επαυξημένη πραγματικότητα χωρίς αναγνώριση προτύπου (*Markerless*)

Η απουσία προτύπων κάνει αυτή την κατηγορία επαυξημένης πραγματικότητας πιο ευέλικτη αφού την αναγκάζει να χρησιμοποιεί άλλους τρόπους ενεργοποίησης. Βασίζεται λοιπόν στο υλικό (*hardware*) της συσκευής και συγκεκριμένα την κάμερα, το GPS, τη ψηφιακή πυξίδα και το επιταχυνσιόμετρο (*accelerometer*), έτσι ώστε να συλλέγονται οι απαραίτητες πληροφορίες που θα καθορίσουν την ενεργοποίηση ή όχι της λειτουργίας της επαυξημένης πραγματικότητας. Χωρίζεται σε τέσσερις υποκατηγορίες [6].

2.2.2.1 Επαυξημένη πραγματικότητα βάσει προβολής (*Projection-based*)

Λειτουργεί χωρίς τη χρήση κινητής συσκευής αφού η επαύξηση της πραγματικότητας γίνεται με τεχνητό φως. Συγκεκριμένα, τεχνητό φως προβάλλεται στις επιφάνειες και τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου, και επιτρέπεται η ανθρώπινη αλληλεπίδραση μέσω ανίχνευσης αφής πάνω στο προβαλλόμενο φως. Η ανίχνευση της αλληλεπίδρασης επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας το γεγονός ότι το άγγιγμα του χρήστη σε μια επιφάνεια, τη διαφοροποιεί σε σχέση με προηγουμένως. Χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει ψευδαισθήσεις στον χρήστη για τη θέση, τον προσανατολισμό και το βάθος ενός αντικειμένου και εν τέλει να του παρουσιάσει ένα διαφορετικό, από κάθε άποψη, αντικείμενο με σκοπό τη βαθύτερη και πολυδιάστατη μελέτη του. Μια εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής είναι τα ψηφιακά πληκτρολόγια που προβάλλονται σε επιφάνειες και η αλληλεπίδραση επιτυγχάνεται με την αφή σε αυτές [7].



Εικόνα 2.4: Προβολή ψηφιακού πληκτρολογίου πάνω σε παλάμη με τη χρήση *Projection-based AR*.

2.2.2.2 Επαυξημένη πραγματικότητα βάσει τοποθεσίας (*Location-based*)

Η ανίχνευση της θέσης και του προσανατολισμού της συσκευής αποτελεί τον τρόπο λειτουργίας της συγκεκριμένης κατηγορίας επαυξημένης πραγματικότητας. Η ανίχνευση γίνεται με τη βοήθεια του GPS, της ψηφιακής πυξίδας και του επιταχυνσιομέτρου των κινητών συσκευών, η ακρίβεια και η ποιότητα των οποίων σήμερα είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα, κάνοντας τον τύπο αυτό έναν από τους πιο ευρέως εφαρμοζόμενους. Χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές όπου η τοποθεσία του χρήστη είναι κομβικής σημασίας και επηρεάζει, άμεσα ή έμμεσα, τη ψηφιακή πληροφορία που θα πρέπει να

προβληθεί, όπως συμβαίνει σε εφαρμογές περιήγησης και πλοήγησης, που βοηθούν τους χρήστες να ανακαλύψουν ενδιαφέροντα μέρη με βάση την εκάστοτε τοποθεσία τους, ή/και να κατευθυνθούν από αυτήν στον προορισμό τους. Όταν η ανιχνευμένη τοποθεσία του χρήστη ταιριάζει με την προκαθορισμένη από το σύστημα θέση, ενεργοποιείται η λειτουργία της επαυξημένης πραγματικότητας και γίνεται η προβολή των ψηφιακών στοιχείων [8] [9].



Εικόνα 2.5: Location-based AR σε εφαρμογή περιήγησης.

2.2.2.3 Επαυξημένη πραγματικότητα βάσει περιγράμματος (*Outline-based*)

Λειτουργεί αναγνωρίζοντας όρια και γραμμές για να βοηθήσει τον άνθρωπο να τα αντιληφθεί, στις καταστάσεις εκείνες που το ανθρώπινο μάτι αδυνατεί να το κάνει. Χρησιμοποιείται η αναγνώριση αντικειμένων για να μπορέσει το σύστημα να κατανοήσει το άμεσο περιβάλλον του χρήστη και να παρουσιάσει τα εικονικά στοιχεία επαύξησης όπου και όπως πρέπει. Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα είναι η οδήγηση σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, όπου η ορατότητα είναι περιορισμένη, ή ένα κτήριο του οποίου η εσωτερική δομή είναι προφανώς μη αναγνωρίσιμη. Ένα τέτοιο σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας θα μπορούσε να επισημάνει στον οδηγό τις γραμμές, τα σήματα, άλλα αυτοκίνητα κ.λπ., και να παρουσιάσει την εσωτερική δομή του κτηρίου αντίστοιχα [10].

2.2.2.4 Επαυξημένη πραγματικότητα βάσει επικάλυψης (*Superimposition-based*)

Βασίζεται στην αναγνώριση και τον προσδιορισμό αντικειμένων και στην πλήρη ή μερική αντικατάσταση ή επικάλυψη της αρχικής τους όψης, με μια πρόσφατα επαυξημένη όψη του ίδιου αντικειμένου. Η λειτουργία αναγνώρισης είναι κομβικής

σημασίας, αφού η εφαρμογή δεν μπορεί να κάνει την αντικατάσταση, χωρίς πρώτα να προσδιορίσει το αντικείμενο. Ανάλογα με τον τύπο προβολής που απαιτείται, η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ποικιλοτρόπως. Ένα καλό παράδειγμα της κατηγορίας αυτής είναι η επικάλυψη σπασμένων αρχαίων μνημείων με την αρχική τους όψη. Με αυτή την τεχνική, προηγούμενες εποχές μπορούν να ζωντανέψουν ξανά [10] [11].

2.3 Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας

Οι εφαρμογές της επαυξημένης πραγματικότητας, πέραν από πολύ χρήσιμες όπως αποδεικνύονται, είναι αδιαμφισβήτητα και πολύ εντυπωσιακές. Εάν κάποιος μπορεί να αμφισβητήσει τη χρησιμότητα τους, με την έννοια ότι υπάρχουν οι εναλλακτικές λύσεις, δεν μπορεί να μην αναγνωρίσει τα μοναδικά εντυπωσιακά τους αποτελέσματα. Είναι πασιφανές ότι η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας έχει διευρύνει τις δυνατότητες της ανθρωπότητας σε πολλούς τομείς, όπως είναι η ιατρική ή η μηχανική, αλλά και η εκπαίδευση, και πως πρόκειται για μια τεχνολογία που έχει βελτιώσει την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα των υφιστάμενων τεχνικών, συνδυάζοντας ευκολία, ευχρηστία και πολύ καλή εμπειρία χρήσης. Η ψυχαγωγία, η διαφήμιση, αλλά και ο τουρισμός, είναι επίσης περιοχές στις οποίες αναπτύσσονται εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας, με την τεχνολογία να επεκτείνεται σταδιακά και σε πολλούς άλλους τομείς και πεδία.

2.3.1 Εφαρμογές στην ιατρική και μηχανική

Τα τελευταία χρόνια η επαυξημένη πραγματικότητα και οι εφαρμογές της έχουν ενταχθεί στην επιστήμη της ιατρικής και έκτοτε διαδραματίζουν καθοριστικό και πολύπλευρο ρόλο. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν, σε συνεργασία με τη μηχανική μάθηση, τόσο για τη διάγνωση, όσο και για τη θεραπεία μιας ασθένειας, ενώ ταυτόχρονα, μπορούν να βοηθήσουν στην εκτέλεση χειρουργικών επεμβάσεων και σε γενικότερη εκπαίδευση. Πρόκειται στην ουσία για την επαύξηση του πραγματικού οπτικού πεδίου των γιατρών, με εικονικές πληροφορίες που αναπαριστούν χρήσιμα ιατρικά δεδομένα και οδηγίες. Η απεικόνιση αυτή μπορεί να γίνει, είτε σε μια επιφάνεια από την οποία θα μπορούν πιο εύκολα και απλούστερα να διαβαστούν, είτε και απευθείας πάνω στο σώμα του ασθενή, για καλύτερο προγραμματισμό της ιατρικής επέμβασης και διευκόλυνση της λήψης

αποφάσεων [12]. Ομοίως, τέτοιες εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στη μηχανική, όπου η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να βοηθήσει στην εκτέλεση έργων, παρέχοντας στους μηχανικούς όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, ως επαύξηση του περιβάλλοντος τους χώρου, αλλά και στην εκπαίδευση αρχαρίων. Τόσο στην ιατρική, όσο και στη μηχανική λοιπόν, η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να επιταχύνει και να βελτιώσει την εκμάθηση, την ανάπτυξη και κατανόηση μηχανημάτων και εξαρτημάτων, αλλά και την εκτέλεση εργασιών του κάθε τομέα .

Μια δημοφιλής εφαρμογή AR στον τομέα της ιατρικής είναι η AccuVein, η οποία σαρώνει το ανθρώπινο δέρμα, εντοπίζει τις φλέβες του ανθρώπινου σώματος, και τις παρουσιάζει επαυξάνοντας την πραγματικότητα πάνω στο αντίστοιχο σημείο. Δίνει έτσι τη δυνατότητα στους γιατρούς να βλέπουν σχεδιασμένες πάνω στο δέρμα το πως είναι δομημένες οι φλέβες του ασθενή, κάτω από αυτό [13].



Εικόνα 2.6: Η AR εφαρμογή AccuVein.

2.3.2 Εφαρμογές στην εκπαίδευση

Χρήση των εφαρμογών της επαυξημένης πραγματικότητας κάνει και η εκπαίδευση. Όσο πιο αλληλεπιδραστικά είναι τα συστήματα εκπαίδευσης, τόσο πιο ενδιαφέρουσα και αποτελεσματική γίνεται η διαδικασία, κάτι που συνεπάγεται τη βελτίωση της ποιότητας διδασκαλίας και εκμάθησης. Η επαύξηση στο χώρο της διδασκαλίας, επιτρέπει το συνδυασμό εικονικών και πραγματικών αντικειμένων, την προσθήκη δηλαδή ουσιαστικής πληροφορίας στον υπάρχοντα χώρο, η αλληλεπίδραση με την οποία προσφέρει την καλύτερη δυνατή εξοικείωση με το διδακτέο αντικείμενο. Παράλληλα, η εκπαίδευση πολλές φορές μετατρέπεται σε ένα διαδραστικό παιχνίδι, συγκλίνει δηλαδή με τη διασκέδαση, συνδυάζοντας αποτελεσματικότητα και ψυχαγωγία [14].

Η Google έχει κυκλοφορήσει μια πολύ ενδιαφέρουσα AR εφαρμογή εκμάθησης του ηλιακού συστήματος, την Google Sky Map, η οποία αφού σαρώσει το νυχτερινό ουρανό, τον επαυξάνει με τις πληροφορίες των οντοτήτων που τον αποτελούν. Προσδιορίζει δηλαδή τα αστέρια, τους αστερισμούς και τους πλανήτες, όταν η κάμερα της συσκευής κοιτάζει προς αυτούς, την ώρα που οι λεπτομέρειες και το σκηνικό διαφοροποιούνται σε πραγματικό χρόνο καθώς ο χρήστης μετακινεί τη συσκευή στον ουρανό [15].

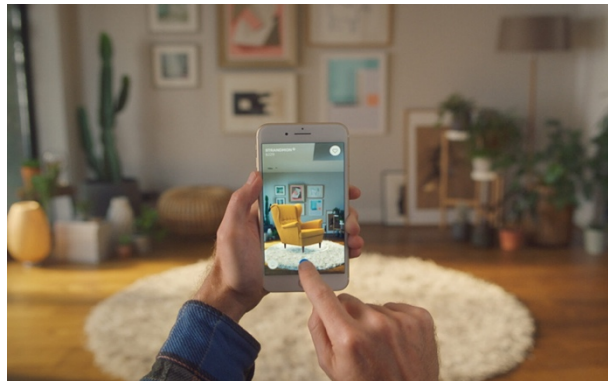


Εικόνα 2.7: Ο νυχτερινός ουρανός μέσα από την εφαρμογή Google Sky Map.

2.3.3 Εφαρμογές στη διαφήμιση

Σημαντικός μπορεί να είναι ο ρόλος της επαυξημένης πραγματικότητας και στον τομέα της διαφήμισης. Η επαυξημένη πραγματικότητα επιτρέπει στις επιχειρήσεις να δημιουργήσουν AR εφαρμογές και να δώσουν τη δυνατότητα στους πελάτες τους για αλληλεπίδραση με τα προϊόντα τους, και άρα επιτρέπουν μια τρισδιάστατη, λεπτομερή και σε πραγματικές συνθήκες έρευνα αγοράς. Μια τέτοια προώθηση προϊόντων είναι ιδιαίτερα σημαντική, αφού το να μπορεί ο πελάτης να δει κάτω από τις παραπάνω συνθήκες το προϊόν που τον ενδιαφέρει, είναι ομολογουμένως μια τεράστια αναβάθμιση της αγοραστικής του εμπειρίας, καθώς μειώνει τις πιθανότητες λανθασμένης εκτίμησης και κακής επιλογής. Διαφορετικό είναι να βλέπεις ένα προϊόν σε μια φωτογραφία τυπωμένη στο χαρτί, και άλλο να το βλέπεις να ζωντανεύει μπροστά σου. Εξάλλου, η ενσωμάτωση της επαυξημένης πραγματικότητας στο μάρκετινγκ μιας επιχείρησης είναι από μόνη της εντυπωσιακή και ελκυστική, την ώρα που το καθοριστικότερο σημείο για την επιτυχία, είναι το να μπορέσεις να κεντρίσεις το ενδιαφέρον των δυνητικών πελατών σου [16].

Η γνωστή αλυσίδα επίπλων IKEA κυκλοφόρησε το 2012 μια AR εφαρμογή, η οποία επιτρέπει τη σάρωση των κωδικών των επίπλων της, έτσι ώστε οι χρήστες να μπορούν να τα τοποθετήσουν στο σπίτι τους, επαυξάνοντας την πραγματικότητα [17]. Η Apple επίσης τελευταίως έχει ενσωματώσει στο διαδικτυακό κατάστημα της (*Apple Store*), μια AR όψη (*view*), μέσω της οποίας ο χρήστης μπορεί να δει τα προϊόντα της πάνω στο γραφείο του, σε τρισδιάστατη μορφή, έτσι ώστε να έχει ολοκληρωμένη εικόνα πριν τα αγοράσει [18].



Εικόνα 2.8: Η χρήση της εφαρμογής IKEA Place.

2.3.4 Εφαρμογές στη ψυχαγωγία

Η ψυχαγωγία αποτελεί τον τομέα με τη μεγαλύτερη αξιοποίηση της τεχνολογίας της επαυξημένης πραγματικότητας. Η επαύξηση του πραγματικού κόσμου με εικονικούς χαρακτήρες, διαφορετικό περιβάλλον, ήχους και γενικότερα στοιχεία, μπορεί κυριολεκτικά να συναρπάσει, οδηγώντας σε πολύ αληθοφανείς και ρεαλιστικές σκηνές, και επιτρέποντας ιδανική αλληλεπίδραση του χρήστη με τον κόσμο του παιχνιδιού του, αφού αυτός ενσωματώνεται στον πραγματικό, σημειώνοντας εν τέλει, άριστη εμπειρία χρήσης και μεγάλη απόλαυση [19].

Η δημοφιλέστερη AR εφαρμογή είναι αναμφίβολα το παιχνίδι Pokémon Go, στόχος του οποίου είναι ο εντοπισμός, η σύλληψη, η μάχη και η εκπαίδευση των εικονικών χαρακτήρων – πλασμάτων Pokémon. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί το GPS της συσκευής και επαυξάνει την πραγματικότητα των παικτών με τα Pokémon, βάσει της εκάστοτε τοποθεσίας τους.



Εικόνα 2.9: Το διάσημο παιχνίδι AR Pokémon Go.

2.3.5 Εφαρμογές στον τουρισμό, πολιτισμό, στη χλωρίδα και πανίδα

Εφαρμογές για μουσεία, γκαλερί, αρχαιολογικούς χώρους, ζωολογικούς κήπους, κέντρα παρουσίασης οικοσυστημάτων, χλωρίδας και πανίδας, αλλά και για αξιοθέατα, μπορούν να περάσουν σε άλλες διαστάσεις με τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας. Η δυνατότητα που προσφέρει, εμπλουτίζοντας τον πραγματικό κόσμο με την πληροφορία που θα δώσει τη ζητούμενη επεξήγηση ή γνώση στον χρήστη, τον βοηθά να ενημερωθεί γρήγορα, αποτελεσματικά και ευχάριστα, αλληλοεπιδρώντας μαζί της. Το έκθεμα, φυτό, ζώο ή χώρος, μπορεί να απεικονιστεί και τοποθετηθεί στο φυσικό περιβάλλον του χρήστη, ο οποίος το βλέπει να ζωντανεύει μπροστά του. Αυτόματα η εμπειρία ξενάγησης γίνεται ρεαλιστικότερη και πιο εντυπωσιακή [20].

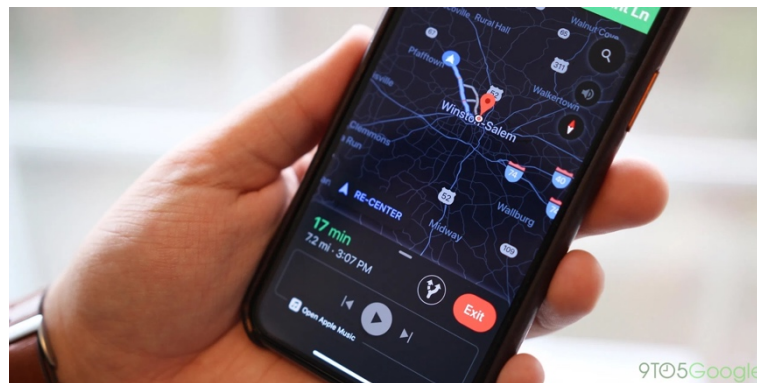
2.4 Εφαρμογές πλοήγησης

Η ανάγκη για καθοδήγηση με παροχή οδηγιών, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πολλών συστημάτων και εφαρμογών πλοήγησης, τα οποία επιχειρούν να κατευθύνουν τον χρήστη και να του υποδείξουν τη διαδρομή προς τον άγνωστο του προορισμό. Τέτοια συστήματα υπάρχουν τόσο για εσωτερικούς, όσο και για εξωτερικούς χώρους.

2.4.1 Google Maps

Είναι η πιο γνωστή και ευρέως χρησιμοποιούμενη διαδικτυακή υπηρεσία χαρτογράφησης. Αναπτύχθηκε από την Google, κυκλοφόρησε το 2005, και πέραν της Αγγλικής, είναι διαθέσιμη σε πολλές άλλες γλώσσες, περιλαμβανομένης της Ελληνικής. Υπάρχει έκδοση εφαρμογής τόσο για Android όσο και για iOS συσκευές, ενώ η υπηρεσία

είναι διαθέσιμη και μέσω διαδικτύου, σχεδόν σε όλες τις χώρες του κόσμου, χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν υπάρχουν ενδο-υπηρεσίες διαθέσιμες μόνο για ένα υποσύνολο αυτών. Προσφέρονται οδηγίες πλοήγησης εξωτερικού χώρου, με τη διαδρομή να σχεδιάζεται στο χάρτη, αλλά και μέσω φωνητικών εντολών, για ταξίδια με το αυτοκίνητο, το ποδήλατο, αεροπορικά, χρησιμοποιώντας τα μέσα μαζικής κυκλοφορίας, αλλά και τα πόδια, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει η επιλογή για δορυφορικούς χάρτες, αεροφωτογραφίες, αλλά και διαδραστική πανοραμική θέα στους δρόμους τριακόσιων εξήντα μοιρών, πέραν φυσικά από τους κλασικούς χάρτες δρόμου. Λαμβάνεται υπόψη η σε πραγματικό χρόνο κίνηση στους δρόμους, έτσι ώστε η παρουσιασθείσα διαδρομή να είναι η βέλτιστη, ενώ δίνονται πληροφορίες για αυτήν, όπως αρχική και εναπομένουσα απόσταση και διάρκεια. Οι οδηγίες πλοήγησης συνεχίζουν να παρέχονται και σε καταστάσεις όπου η συσκευή βρίσκεται εκτός σύνδεσης στο διαδίκτυο, ενώ εντός σύνδεσης δύναται να γίνει επανεξέταση της διαδρομής και ανανέωσή της, εάν αλλάξουν τα δεδομένα στους δρόμους ή/και εάν ο χρήστης βγει εκτός αυτής, σκοπίμως ή μη. Μέσω των Google Maps υπάρχει επιπλέον η δυνατότητα για αναζήτηση κοντινών σημείων, αναλόγως τοποθεσίας και κατηγορίας που ανακτάται αυτόματα από τη συσκευή και επιλέγεται από τον χρήστη αντίστοιχα, ενώ οι χρήστες μπορούν να δουν διάφορες πληροφορίες για τα σημεία που τους ενδιαφέρουν, όπως φωτογραφίες, στοιχεία επικοινωνίας, κριτικές κ.λπ.



Εικόνα 2.10: Η εφαρμογή Google Maps.

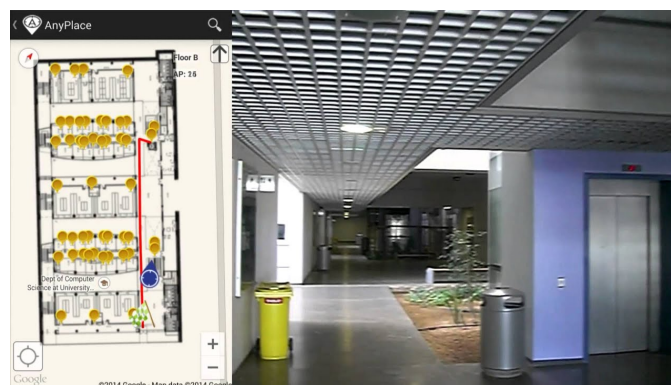
2.4.2 Apple Maps

Πρόκειται για μια επίσης πασίγνωστη διαδικτυακή υπηρεσία χαρτογράφησης, που αναπτύχθηκε από την Apple το 2012, διαθέσιμη και αυτή σε πολλές γλώσσες, με έκδοση εφαρμογής για τα λειτουργικά συστήματα της Apple, iOS, iPadOS, macOS και watchOS.

Οι οδηγίες πλοήγησης, επίσης εξωτερικού χώρου, σχεδιάζονται στους χάρτες, με επιπλέον δυνατότητα για φωνητική καθοδήγηση, δίδεται η επιλογή μεταφορικού μέσου ανάμεσα σε αυτοκίνητο, ποδήλατο, μέσα μαζικής μεταφοράς και πόδια, ενώ πέραν του κλασικού χάρτη, υπάρχει η επιλογή για δορυφορικό χάρτη αλλά και χάρτη με παρουσίαση των μέσων μαζικής μεταφοράς. Υπάρχει παγκόσμια κάλυψη, με ελάχιστες εξαιρέσεις. Παρέχονται πληροφορίες διαδρομής, που ανανεώνονται συνεχώς, επιστρέφεται και παρουσιάζεται η βέλτιστη διαδρομή αναλόγως της κατάστασης του δρόμου, η οποία επανεξετάζεται σε πραγματικό χρόνο, γίνεται ανανέωση της διαδρομής σε περιπτώσεις παρέκκλισης του χρήστη ή/και αλλαγής των δεδομένων, ενώ η επιλογή αναζήτησης βάσει κατηγορίας και απόστασης, με παρουσίαση πληροφοριών για τα διάφορα σημεία, είναι και εδώ διαθέσιμη.

2.4.3 AnyPlace – Indoor Information System

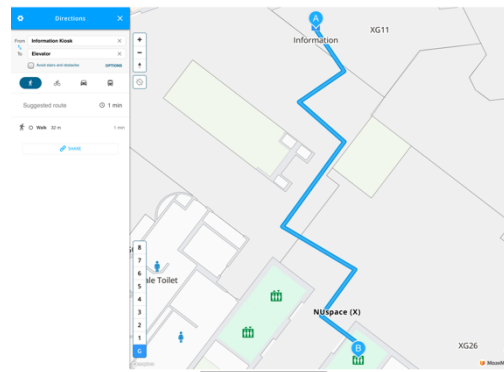
Αποτελεί σύστημα πλοήγησης εσωτερικού χώρου που αναπτύχθηκε από μια ομάδα ερευνητών και φοιτητών στο Data Management Systems Laboratory (DMSL), του τμήματος πληροφορικής του Π.Κ., υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Δημήτρη Ζειναλιπούρ, το οποίο επιτρέπει στους επισκέπτες της Πανεπιστημιούπολης να πλοηγούνται μεταξύ των σημείων της. Δουλεύει στη βάση αρχιτεκτονικών σχεδίων (κατόψεων), έτσι ώστε να παρέχει πλοήγηση σε εσωτερικούς χώρους ή σε συγκροτήματα κτηρίων, οι οποίοι δεν έχουν ακόμη μαζικώς ψηφιοποιηθεί, και στους οποίους η χρησιμοποίηση άλλων εργαλείων όπως Google Maps, δεν είναι αποδοτική. Πέραν από το χώρο του Π.Κ., έχουν εισαχθεί κατόψεις και για άλλα σημεία του κόσμου, επιτρέποντας πλοήγηση και σε αυτά. Παρουσιάζει τις οδηγίες πλοήγησης επάνω σε ένα χάρτη του χώρου, παρέχοντας εκπληκτική ακρίβεια και εν τέλει πολύ καλή καθοδήγηση στους χρήστες του [21] [22].



Εικόνα 2.11: Πλοήγηση στο Π.Κ. με τη χρήση του συστήματος AnyPlace.

2.4.4 MazeMap – Indoor Maps & Wayfinding

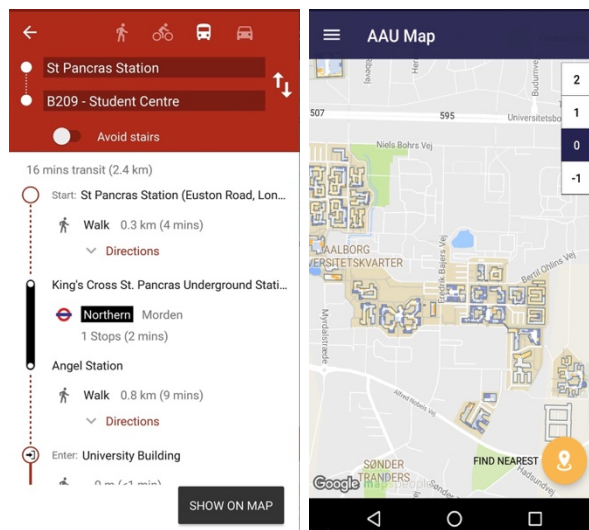
Πρόκειται για άλλη μια υπηρεσία πλοήγησης σε εσωτερικούς χώρους, παρόμοια με το AnyPlace, που χρησιμοποιείται κυρίως για μεγάλα συγκροτήματα κτηρίων όπως πανεπιστήμια, νοσοκομεία, εμπορικά κέντρα, αεροδρόμια, γραφεία κ.λπ. Δουλεύει και αυτή στη βάση των αρχιτεκτονικών σχεδίων των κτηρίων, τα οποία στην ουσία αποτελούν τον χάρτη πλοήγησης, και προσφέρει κάλυψη για πολλά συστήματα κτηρίων παγκοσμίως. Παρέχονται οδηγίες για ταξίδια με τα πόδια, το ποδήλατο, το αυτοκίνητο και το λεωφορείο [23].



Εικόνα 2.12: Πλοήγηση στο University of Newcastle με τη χρήση της εφαρμογής MazeMap.

2.4.5 Mapspeople

Πρόκειται για εφαρμογή Δανέζικης εταιρείας που αναλαμβάνει τη δημιουργία συστημάτων εσωτερικής και εξωτερικής πλοήγησης, κυρίως για μεγάλα συγκροτήματα κτηρίων, χωρίς όμως να περιορίζεται σε αυτά. Χρησιμοποιεί μια πλατφόρμα η οποία έχει κατασκευαστεί με την τεχνολογία των Google Maps, που εξασφαλίζει απρόσκοπτη μετάβαση από εξωτερική σε εσωτερική πλοήγηση και γρήγορη υιοθέτηση. Πλοηγεί με την παραδοσιακή προσέγγιση του δυσδιάστατου χάρτη, αλλά προσαρμόζει τη δομή και εμφάνιση του κάθε συστήματος ανάλογα με τις ανάγκες και απαιτήσεις του εκάστοτε της πελάτη. Έχει αναλάβει μεταξύ άλλων, τα συστήματα πλοήγησης του διεθνούς αεροδρομίου αλλά και του πανεπιστημίου της Κοπεγχάγης, το σύστημα πλοήγησης του University of London στο Λονδίνο και του Aalborg University στο Άλμποργκ της Δανίας [24].



Εικόνα 2.13: Τα συστήματα CityNav και AAU Map για εσωτερική πλοήγηση στα University of London και Aalborg University αντίστοιχα, σε κινητές συσκευές.

2.5 Συνεισφορά της επαυξημένης πραγματικότητας στην πλοήγηση

Τα πιο πάνω συστήματα, που αντιπροσωπεύουν μια μεγάλη γκάμα εφαρμογών πλοήγησης, παρέχουν τις οδηγίες τους με τον παραδοσιακό τρόπο και τη χρήση χάρτη και οθόνης. Η παρούσα υλοποίηση επιχειρεί να παρέχει τις οδηγίες αυτές με τη χρήση AR, και θα ήταν χρήσιμο και σημαντικό, να αναφερθούν ενδεικτικά, τρία παρόμοια συστήματα, συστήματα δηλαδή που συνδυάζουν πλοήγηση και επαυξημένη πραγματικότητα, έτσι ώστε να γίνει πιο κατανοητό το πεδίο δραστηριοποίησης, και να γίνουν καλύτερα αντιληπτές οι προκλήσεις και οι ανάγκες που υπάρχουν.

2.5.1 Mercedes – Benz AR Navigation System

Ένα από τα τελευταία συστήματα εξωτερικής πλοήγησης που έχουν κυκλοφορήσει, είναι αυτό της γερμανικής εταιρείας κατασκευής των πολυτελών επιβατικών αυτοκινήτων Mercedes, το οποίο ξεχωρίζει και επισημαίνεται λόγω της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας της επαυξημένης πραγματικότητας στη διαδικασία παροχής των οδηγιών. Μεταξύ άλλων και πέραν της πλοήγησης, κατά την οδήγηση το σύστημα ενημερώνει σε πραγματικό χρόνο τον οδηγό για τη θερμοκρασία, το όριο ταχύτητας, το δρόμο, καθώς και για την εναπομένονσα διάρκεια και απόσταση που ισχύουν ανά πάσα στιγμή, προσφέροντας πρωτόγνωρες εμπειρίες και ανέσεις [25].



Εικόνα 2.14: Mercedes – Benz AR Navigation System.

2.5.2 Google Maps AR version

Το 2019 η Google ενσωμάτωσε στους χάρτες της την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας, η οποία είναι έκτοτε διαθέσιμη σε ορισμένες χώρες (όχι στην Κύπρο), μόνο για πλοήγηση με τα πόδια, και μόνο σε τελευταίας τεχνολογίας συσκευές.



Εικόνα 2.15: Η πιλοτική έκδοση των AR Google Maps.

2.5.3 Wikitude Navigation

Είναι το πρώτο σύστημα πλοήγησης που χρησιμοποίησε την επαυξημένη πραγματικότητα για να καθοδηγήσει τους χρήστες του. Κυκλοφόρησε το 2010 με την ονομασία Drive, μετονομάστηκε στη συνέχεια σε Wikitude Navigation, κέρδισε πολλά βραβεία και θεωρήθηκε ως ένα επαναστατικό βήμα προς τα εμπρός στον τομέα πλοήγησης και καθοδήγησης. Εξάλειψε την ανάγκη για χάρτη και ήταν σε θέση να πλοηγεί τόσο πεζούς όσο και οδηγούς. Προσέφερε στους χρήστες ακριβή καθοδήγηση

με βάση το GPS, χωρίς να χρειάζεται ποτέ να απομακρύνουν τα μάτια τους από τον δρόμο. Δεν είναι πλέον διαθέσιμο για λήψη ή δοκιμή [26].



Εικόνα 2.16: Το σύστημα πλοήγησης Wikitude.

Κεφάλαιο 3

Περιγραφή υλοποίησης, πλατφόρμας και εργαλείων ανάπτυξης, και ανάλυση αναγκών και απαιτήσεων

3.1 Εισαγωγή στην εφαρμογή	24
3.1.1 Γενική περιγραφή	24
3.1.2 Στόχοι και χρησιμότητα	26
3.2 Ο κόσμος του Android	27
3.2.1 Γενικές πληροφορίες.....	27
3.2.2 Ιστορικό εκδόσεων	28
3.2.3 Αρχιτεκτονική.....	29
3.2.4 Android Studio.....	32
3.3 Επιλογή πλατφόρμας και εργαλείου επαυξημένης πραγματικότητας.....	33
3.3.1 Διαθέσιμα εργαλεία	34
3.3.1.1 Vuuforia SDK.....	34
3.3.1.2 Wikitude AR SDK.....	35
3.3.1.3 Mapbox Vision SDK	35
3.3.1.4 ARCore SDK.....	36
3.3.1.5 ARKit SDK	36
3.3.1.6 EasyAR SDK.....	37
3.3.1.7 ARToolKit SDK.....	37
3.3.2 Επιλογή πλατφόρμας	38
3.3.3 Επιλογή εργαλείου	38
3.4 Καθορισμός αναγκών και απαιτήσεων	40
3.4.1 Μελέτη υφιστάμενων συστημάτων	41
3.4.2 Ερωτηματολόγια	42

3.1 Εισαγωγή στην εφαρμογή

3.1.1 Γενική περιγραφή

Πρόκειται για μια Android εφαρμογή πλοήγησης με το όνομα Naviris, που χρησιμοποιεί επαυξημένη πραγματικότητα. Το όνομα προέρχεται από τις λέξεις navigation, δηλαδή πλοήγηση και iris, δηλαδή ίριδα (του ματιού), και υποδηλώνει προφανώς τη χρησιμότητα και κατηγορία της εφαρμογής, την πλοήγηση με χρήση AR. Αναπτύχθηκε μέσω της πλατφόρμας του Android Studio, με χρήση της Java και του Vision SDK της Mapbox και φιλοδοξεί να παρέχει αποτελεσματικά οδηγίες πλοήγησης στους χρήστες της.

Οι οδηγίες πλοήγησης δεν απεικονίζονται σε έναν δυσδιάστατο χάρτη, αλλά επαυξάνουν την πραγματικότητα, παρουσιάζονται επάνω στο δρόμο, όπως αυτός καταγράφεται από την κάμερα της συσκευής, σχηματίζοντας στην ουσία τη διαδρομή προς τον τελικό προορισμό. Σημείο έναρξης κάθε διαδρομής είναι η τοποθεσία του χρήστη, η οποία ανανεώνεται συνεχώς καθώς αυτός κινείται, ενώ η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα επιλογής του τελικού προορισμού, μέσω των τριών βασικών λειτουργιών της που έχουν ως εξής:

α. Nearby Places: Αναζήτηση και επιλογή κατηγορίας σημείου ενδιαφέροντος, μέσω μπάρας αναζήτησης (*search bar*), και παρουσίαση των πλησιέστερων (σε σχέση με την τοποθεσία του χρήστη) σημείων, που εμπίπτουν σε αυτήν, σε αύξουσα σειρά απόστασης.

β. Find a Place: Αναζήτηση σημείου ενδιαφέροντος, μέσω μπάρας αναζήτησης, και παρουσίαση σε αύξουσα σειρά απόστασης των αποτελεσμάτων, τα οποία μπορεί να αποτελούνται από περισσότερα από ένα σημεία, αναλόγως της αναζήτησης.

Οι δύο πιο πάνω λειτουργίες, προσφέρουν παγκόσμια κάλυψη, με την έννοια ότι μπορεί να επιλεγεί ως τελικός προορισμός οποιοδήποτε σημείο της γης, ενώ ως μεταφορικό μέσο μπορεί να επιλεγεί το αυτοκίνητο, το ποδήλατο ή τα πόδια.

Η τρίτη λειτουργία της εφαρμογής καλύπτει σημεία του Π.Κ., επιτρέποντας πλοήγηση μεταξύ αυτών με τα πόδια. Έχει ως εξής:

γ. Explore UCY: Αναζήτηση συγκεκριμένου σημείου ενδιαφέροντος εντός της Πανεπιστημιούπολης, μέσω μπάρας αναζήτησης, και παρουσίαση του αποτελέσματος.

Για κάθε επιστρεφόμενο σημείο ενδιαφέροντος, και ανεξαρτήτως λειτουργίας, παρουσιάζεται το όνομα, η διεύθυνση, και η απόσταση του από τον χρήστη, ενώ για τα σημεία εντός του Π.Κ., μπορεί να υπάρξει επιπλέον πληροφόρηση για ωράριο λειτουργίας, αριθμό τηλεφώνου και λίστα μαθημάτων, αναλόγως του τύπου του σημείου. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα πλοήγησης προς το σημείο αυτό, αφού προηγηθεί η επιλογή μεταφορικού μέσου, όπως και η δυνατότητα τοποθέτησης και προβολής του σημείου στους χάρτες της Google, για περαιτέρω ενέργειες.

Κατά την πλοήγηση, ανανεώνονται σε πραγματικό χρόνο και παρουσιάζονται η εναπομένονσα διάρκεια ταξιδιού και απόσταση, ενώ σε περίπτωση επιλογής του αυτοκινήτου ως μεταφορικό μέσο, παρουσιάζονται επίσης το όνομα του κάθε δρόμου όπως και το όριο ταχύτητάς του.

3.1.2 Στόχοι και χρησιμότητα

Μια εφαρμογή πλοήγησης, πρέπει να έχει ως πρώτιστο στόχο και κύριο μέλημα, να καθοδηγήσει τον χρήστη στον σωστό προορισμό, σε εύλογο χρονικό διάστημα, αναλόγως περιστάσεων, επιλέγοντας την κατάλληλη, ίσως την καλύτερη διαδρομή, τόσο από πλευράς απόστασης όσο και από αυτήν της ποιότητας (του οδικού δικτύου), χωρίς να απαιτεί εστιασμένη προσοχή, αφού στις πλείστες των περιπτώσεων, ο χρήστης θέλει ή/και πρέπει να ασχολείται και με άλλες ενέργειες ταυτόχρονα, όπως η οδήγηση ή η απόλαυση μιας διαδρομής. Πέραν τούτων, είναι πολύ σημαντικό να δίνεται ο πλήρης έλεγχος στον χρήστη να καθορίζει τον τελικό του προορισμό, ανάμεσα σε όσα περισσότερα σημεία γίνεται, και να υπάρχει ταυτόχρονα η όσο το δυνατό περισσότερη και ακριβέστερη πληροφόρηση προς αυτόν για τη διαδρομή του, χωρίς όμως να παρουσιάζονται περιττές πληροφορίες που κουράζουν. Παράλληλα, ζητούμενο είναι ένα φιλικό και ευχάριστο περιβάλλον χρήσης, σωστή μορφοποίηση και καλλωπισμός της διεπαφής χρήστη (*user interface*)¹⁵, απλότητα, συνέπεια, ευκολία χρήσης, ελαχιστοποίηση απαιτούμενης σκέψης και απομνημόνευσης, έτσι ώστε να υπάρχει η καλύτερη δυνατή εμπειρία χρήσης και πρόκληση θετικών συναισθημάτων κατά την αλληλεπίδραση.

Τα πιο πάνω περιγράφουν επακριβώς τους στόχους της παρούσας εφαρμογής, και αναδεικνύουν τη χρησιμότητά της. Η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας αναμένεται να τη διακρίνει από τα υφιστάμενα συστήματα πλοήγησης, αφού η ένταξη των οδηγιών στο φυσικό οπτικό πεδίο των χρηστών, επιτρέπει την κατ' αρχήν διατήρηση μιας πλήρους αίσθησης του τι συμβαίνει γύρω τους. Στη βάση των πιο πάνω, η εφαρμογή θα είναι χρήσιμη στις περιπτώσεις όπου ο χρήστης χρειάζεται καθοδήγηση για να πάει κάπου, ενώ θα είναι προτιμητέα στις περιπτώσεις εκείνες όπου η «αποκοπή» από τον περίγυρο είναι μη-επιθυμητή ή/και απαγορευμένη, όπως είναι οι καταστάσεις οδήγησης, ξενάγησης, χαλαρής περιήγησης σε μια όμορφη διαδρομή κ.λπ.

¹⁵ Το σύνολο των στοιχείων του υπολογιστικού συστήματος με το οποίο ο χρήστης έρχεται σε επαφή και αλληλεπιδρά. Εφεξής διεπαφή χρήστη ή διεπαφή ή UI.

3.2 Ο κόσμος του Android

3.2.1 Γενικές πληροφορίες

Το Android είναι λειτουργικό σύστημα (*Operating System*) για κινητές συσκευές (κυρίως) το οποίο τρέχει μια τροποποιημένη έκδοση του πυρήνα του λειτουργικού Linux. Η υλοποίηση του ξεκίνησε από την ομώνυμη εταιρεία Android Inc. το 2003, η οποία εξαγοράστηκε από την Google το 2005. Το Νοέμβριο του 2007 πραγματοποιήθηκε η πρώτη επίσημη του παρουσίαση, με την ταυτόχρονη ίδρυση της Open Handset Alliance¹⁶, ενώ η πρώτη εμπορική του έκδοση (Android 1.0), κυκλοφόρησε ένα χρόνο αργότερα, το Σεπτέμβριο του 2008. Έκτοτε, απαριθμεί δεκαεπτά αναβαθμισμένες εκδόσεις, με την τελευταία να γίνεται διαθέσιμη τον Φεβρουάριο του 2020 (Android 11). Το Android παραμένει μέχρι σήμερα το πιο ευρέως διαδεδομένο λογισμικό στον κόσμο. Έρευνα της StatCounter έδειξε ότι το 2020, το Android συγκέντρωσε το 41.3% των πωλήσεων λειτουργικών συστημάτων παγκοσμίως, κατακτώντας με το ποσοστό αυτό την πρωτιά πωλήσεων (*Market share worldwide*) [27], ενώ σύμφωνα με άλλη έρευνα του ίδιου οργανισμού, και όσο αφορά τα λειτουργικά συστήματα κινητών συσκευών, το Android είναι παγκοσμίως πρώτο με ποσοστό 71,9% [28]. Επίσης, στατιστικά στοιχεία θέλουν πάνω από 1.5 δις εφαρμογές και παιχνίδια να κατεβαίνουν μηνιαίως σε Android συσκευές, ενδεικτικό της μεγάλης του απήχησης ανά το παγκόσμιο [29].

Είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα, με τον πηγαίο του κώδικα να είναι γνωστός ως Android Open Source Project (AOSP). Γράφτηκε κατά κύριο λόγο στη Java, ενώ υπάρχουν και στοιχεία των C και C++. Επιτρέπει στους κατασκευαστές λογισμικού να συνθέτουν κώδικα και να αναπτύσσουν εφαρμογές που θα τρέχουν στις Android συσκευές, χρησιμοποιώντας κυρίως την Java ή την Kotlin¹⁷, ελέγχοντας τη συσκευή μέσω βιβλιοθηκών λογισμικού ανεπτυγμένων από την Google. Η ανάπτυξη γίνεται μέσω του Android Studio.

Σε αντίθεση με άλλα λειτουργικά συστήματα για κινητά όπως το iOS της Apple, οι εφαρμογές Android εκτελούνται σε εικονικές μηχανές (*virtual machines*). Για το σκοπό αυτό, το Android διαθέτει την εικονική μηχανή Dalvik, μέσω της οποίας εκτελούνται όλες οι εφαρμογές. Όπως και σε άλλες πλατφόρμες, οι εφαρμογές για Android μπορούν να ληφθούν από ένα κεντρικό μέρος που ονομάζεται Google Play Store [30].

¹⁶ Κοινοπραξία 84 εταιρειών που αναπτύσσει και εξελίσσει ανοικτά πρότυπα για φορητές συσκευές.

¹⁷ Γλώσσα προγραμματισμού που ανέπτυξε η Google το 2017.

Το Android είναι σχεδιασμένο να τρέχει σε συσκευές χαμηλής κατανάλωσης που λειτουργούν με μπαταρία και με τη βοήθεια του υλικού, όπως των δεικτών GPS, τις κάμερες, τα φώτα, τους αισθητήρες προσανατολισμού, τη συνδεσιμότητα Wi-Fi, την οθόνη αφής κ.λπ. Τρέχει κυρίως λοιπόν, σε συσκευές με οθόνη αφής, όπως είναι τα έξυπνα τηλέφωνα (*smartphones*) και τα tablets, αλλά τα τελευταία χρόνια έχει ενσωματωθεί και σε συσκευές όπως έξυπνα ρολόγια (*smart watches*), έξυπνα γυαλιά, έξυπνες τηλεοράσεις (*smart TVs*) κ.λπ. Πέραν αυτών, το λειτουργικό Android συναντάται σήμερα σε αυτοκίνητα και έξυπνες συσκευές του σπιτιού, όπως ψυγεία και φούρνους, συμβάλλοντας καθοριστικά στην τεχνολογική εξέλιξη και στη σταδιακή ενσωμάτωση στο Δίκτυο των Πραγμάτων (*Internet of Things*)¹⁸ [30].



Εικόνα 3.1: Το τελευταίο (από 2019) λογότυπο του Android

3.2.2 Ιστορικό εκδόσεων

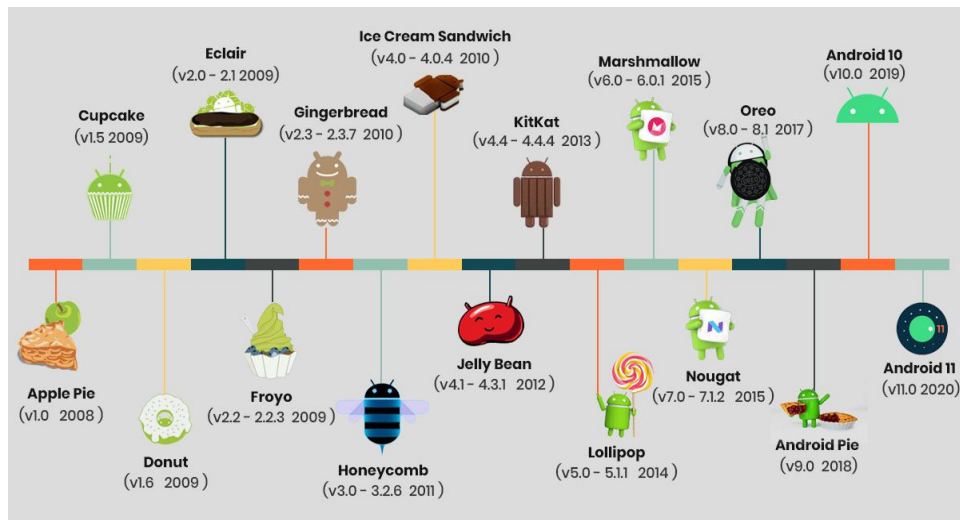
Η ιστορία εκδόσεων του Android ξεκίνησε με τις δύο προ-εμπορικές κυκλοφορίες Alpha και Beta, με τη δεύτερη να κυκλοφορεί στις 5 Νοεμβρίου του 2007 από την Google, και να αποτελεί την πρώτη επίσημη παρουσίαση του λειτουργικού. Έκτοτε, η ημερομηνία της 5^{ης} Νοεμβρίου είναι ευρέως γνωστή ως τα γενέθλια του Android.

Όπως αναφέρεται και παραπάνω, η πρώτη εμπορική έκδοση του Android κυκλοφόρησε το Σεπτέμβριο του 2008 (Android Alpha – 1.0) , ενώ 12 χρόνια μετά, τον Φεβρουάριο του 2020, κυκλοφόρησε η τελευταία (Android 11 - R).

Οι πρώτες δύο αυτές εμπορικές εκδόσεις αποτέλεσαν στην ουσία τα δύο στάδια δοκιμής του λειτουργικού συστήματος, εξού και τα ονόματα, δοκιμή Alpha (Άλφα) και δοκιμή Beta (Βήτα).

¹⁸ Αποτελεί το δίκτυο επικοινωνίας πληθώρας συσκευών, οικιακών συσκευών, αυτοκινήτων καθώς και κάθε αντικειμένου που ενσωματώνει ηλεκτρονικά μέσα, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα σε δίκτυο ώστε να επιτρέπεται η σύνδεση και η ανταλλαγή δεδομένων [47].

Η συνέχεια στην κωδική ονομασία των εκδόσεων υπήρξε ιδιαίτερα δημιουργική, αφού από τον Απρίλιο του 2009, τα ονόματα προέρχονταν από την τέχνη της ζαχαροπλαστικής και κυκλοφόρησαν με αλφαβητική σειρά. Εξαίρεση σε αυτό, αποτέλεσαν πέραν των δύο πρώτων, και οι δύο τελευταίες εκδόσεις Android, οι 10 - Q και 11 – R αντιστοίχως. Κάθε νέα έκδοση, διόρθωνε σφάλματα (*bugs*) των προηγούμενων, βελτιώνει, πρόσθετε ή και αφαιρούσε λειτουργίες, πάντα με γνώμονα τη συνολική αναβάθμιση και συγχρονισμό του λειτουργικού συστήματος με τις τρέχουσες τεχνολογίες της εποχής.



Εικόνα 3.2: Οι εκδόσεις Android έως σήμερα.

3.2.3 Αρχιτεκτονική

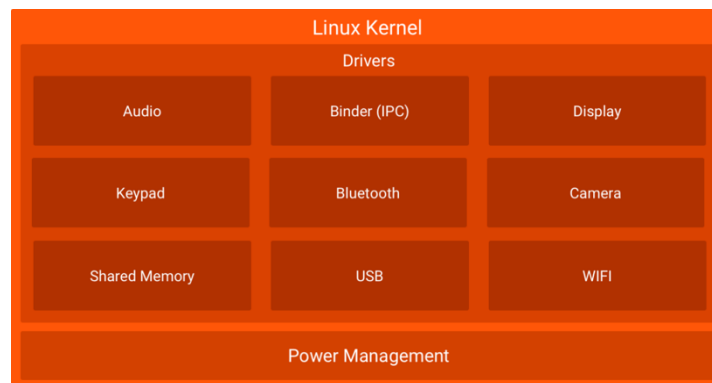
Η αρχιτεκτονική του Android αποτελείται από έναν αριθμό συστατικών στοιχείων, τα οποία συνθέτουν ένα ενιαίο και ολοκληρωμένο σύστημα. Πρόκειται για μια στοίβα από συστατικά λογισμικού, τα οποία μπορούν να χωριστούν σε τέσσερα επίπεδα:

- α. Kernel Layer,
- β. Libraries Layer,
- γ. Application Framework layer, και
- δ. Applications Layer.

Κάθε στρώμα της στοίβας και τα αντίστοιχα στοιχεία σε κάθε στρώμα, είναι στενά ενσωματωμένα και προσεκτικά συντονισμένα ώστε να παρέχουν το βέλτιστο περιβάλλον ανάπτυξης και εκτέλεσης εφαρμογών για κινητές συσκευές [29] [31].

Στο κατώτερο επίπεδο της στοίβας, βρίσκεται ο πυρήνας του Linux (*Linux kernel*). Ο πυρήνας του Linux είναι γνωστός για τη μεγάλη ποικιλία αρχιτεκτονικών επεξεργαστών με τους οποίους είναι συμβατός. Το μεγάλο πλεονέκτημα που δίδει λοιπόν η επιλογή του

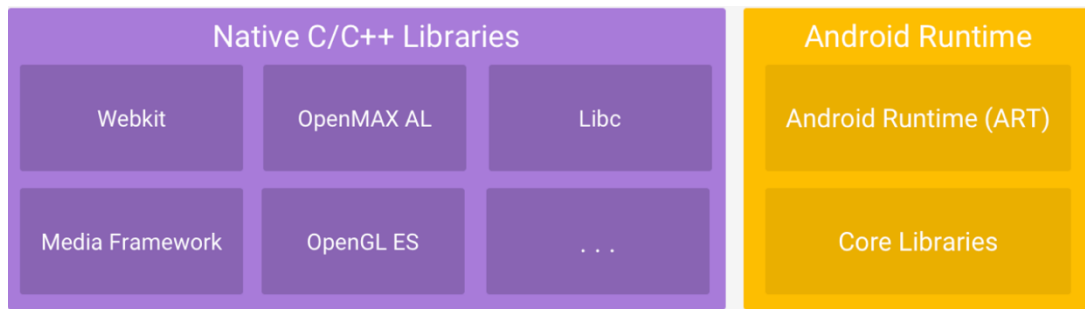
Linux και το κτίσιμο όλων των υπολοίπων τμημάτων του Android πάνω από αυτόν, είναι η συμβατότητα και η άριστη συνεργασία με μια ευρεία γκάμα αρχιτεκτονικών και άρα συσκευών που μπορούν να το υποστηρίξουν. Παρέχει τις βασικές λειτουργίες του συστήματος, όπως διαχείριση διεργασιών (*process management*), διαχείριση μνήμης (*memory management*), διαχείριση συσκευών (*device management*), δικτύωση (*networking*), διαχείριση ισχύος (*power management*), διαχείριση σπάνιων πόρων του συστήματος κ.λπ. Όλα αυτά τα χειρίζεται πολύ αποδοτικά, και έτσι η επιλογή του ως η βάση του Android, μοιάζει εξαιρετική [29] [31].



Εικόνα 3.3: Linux kernel layer.

Στο αμέσως επόμενο στρώμα, το οποίο επιτρέπει στη συσκευή να χειρίζεται τους διαφορετικούς τύπους δεδομένων, κυρίως δεδομένων του υλικού, βρίσκονται οι βασικές βιβλιοθήκες του συστήματος (*native libraries*), οι οποίες τρέχουν φυσικά στον πυρήνα του Linux, είναι γραμμένες στη C++, και καλούνται μέσω του Java interface. Πρόκειται για βιβλιοθήκες οι οποίες επιτρέπουν την εκτέλεση των βασικών λειτουργιών μιας Android συσκευής.

Στο ίδιο στρώμα, πέραν από τις βιβλιοθήκες, υπάρχει και το Android Runtime, το οποίο αποτελεί τον βασικό μηχανισμό που απαιτείται για την εκτέλεση των Android εφαρμογών. Περιλαμβάνει την εικονική μηχανή Dalvik, πάνω στην οποία τρέχουν οι εφαρμογές, καθώς και την υλοποίηση των βασικών βιβλιοθηκών της Java (*core libraries*), που προσφέρονται στον προγραμματιστή κατά τη διαδικασία ανάπτυξης των δικών του εφαρμογών [29] [31].

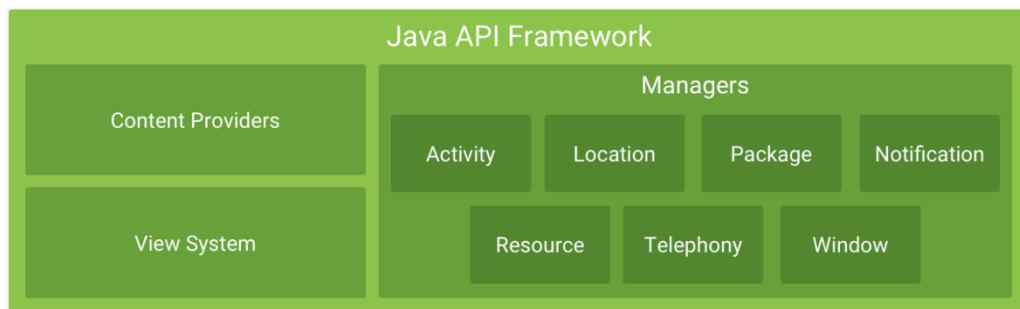


Εικόνα 3.4: Native Libraries & Android Runtime layer.

Η εικονική μηχανή Dalvik τρέχει πάνω στον πυρήνα Linux, και έχει σχεδιαστεί για μικρά συστήματα, συστήματα δηλαδή με μικρή RAM και αργή CPU, όπως είναι, ή τουλάχιστον ήταν, οι κινητές συσκευές. Ελαχιστοποιεί την ανάγκη σε μνήμη και τον χρόνο εκτέλεσης, και επιτυγχάνει τη φορητότητα των εφαρμογών, η οποία εξηγεί και το λόγο που το λειτουργικό Android μπορεί και τρέχει σε τόσες διαφορετικές επωνυμίες (*brands*) συσκευών [29] [31].

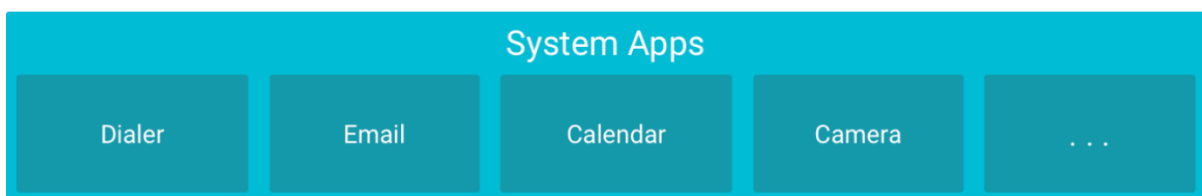
Βασιζόμενο στο Android Runtime και στις βασικές βιβλιοθήκες του συστήματος, το επόμενο επίπεδο είναι το Application Framework. Εκτελείται μέσω της Dalvik, και προσφέρει στον προγραμματιστή μια πληθώρα δυνατοτήτων σχετικά με το λειτουργικό σύστημα και τη συσκευή, επιτρέποντας την πρόσβαση στις βιβλιοθήκες του προηγούμενου επιπέδου. Υλοποιεί τα Application Programming Interfaces (APIs)¹⁹, και υψηλότερου επιπέδου υπηρεσίες σε μορφή κλάσεων Java. Περιλαμβάνει διάφορα συστατικά τα οποία χρησιμεύουν στην ανάπτυξη εφαρμογών (*application components*), πάνω στα οποία δηλαδή βασίζονται οι λειτουργίες των εφαρμογών και μιας Android συσκευής γενικότερα, όπως είναι οι ειδοποιήσεις (*notifications*), οι τηλεφωνικές κλήσεις και μηνύματα, οι υπηρεσίες GPS, ο διαμοιρασμός δεδομένων μεταξύ εφαρμογών (*shared data*), η απεικόνιση γραφικών κ.λπ. [29] [31].

¹⁹ Διεπαφή των προγραμματιστικών διαδικασιών που παρέχει ένα λειτουργικό σύστημα, βιβλιοθήκη ή εφαρμογή προκειμένου να επιτρέψει να γίνονται προς αυτά αιτήσεις από άλλα προγράμματα ή/και ανταλλαγή δεδομένων. Εφεξής API(s).



Εικόνα 3.5: *Application Framework layer.*

Τέλος, το ανώτερο επίπεδο της στοίβας είναι το Application Layer, το περιβάλλον όπου αναπτύσσονται και βρίσκονται οι εφαρμογές, με την αξιοποίηση όλων των στοιχείων των τριών επιπέδων που προηγούνται. Οι εφαρμογές ποικίλουν, δημιουργούνται από τους προγραμματιστές για να καλύψουν ανάγκες, να προσφέρουν δυνατότητες όπως αναζήτηση στο διαδίκτυο, λήψη, επεξεργασία και αναπαραγωγή φωτογραφιών και βίντεο, εκτέλεση κλήσεων και αποστολή μηνυμάτων κ.λπ. Όπως αναφέρεται και παραπάνω, οι εφαρμογές αναπτύσσονται σε Java ή Kotlin, και τρέχουν μέσα από την εικονική μηχανή Dalvik [29] [31].



Εικόνα 3.6: *Application layer.*

3.2.4 Android Studio

Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (*Integrated Development Environment*)²⁰, διαθέσιμο ελεύθερα με την άδεια Apache License 2.0 σε Windows, Mac OS και Linux, και απόλυτα βασισμένο στο λογισμικό JetBrains' IntelliJ IDEA²¹. Αποτελεί το κύριο IDE της Google για ανάπτυξη εφαρμογών Android, και έχει αντικαταστήσει τα Eclipse Android Development Tools (ADT). Αρχικά υπήρξε διαθέσιμο για προεπισκόπηση τον Μάιο του 2013, ενώ η πρώτη σταθερή έκδοση 1.0 κυκλοφόρησε τον Δεκέμβριο του 2014. Περιλαμβάνει το σύνολο των εργαλείων που

²⁰ Εφεξής IDE.

²¹ Ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης γραμμένο στη Java για την ανάπτυξη λογισμικών.

είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη εφαρμογών, πακέτα και βιβλιοθήκες (Android SDK Manager), εξομοιωτές συσκευών (Android Virtual Device), αποσφαλμάτωση (Davlink Debug Monitor Server), και εργαλείο γραμμής εντολών (Android Debug Bridge) [3].

3.3 Επιλογή πλατφόρμας και εργαλείου επαυξημένης πραγματικότητας

Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας απαιτούν πολύπλοκους υπολογισμούς και κτίζονται ως μια συνάρτηση τριών συνισταμένων:

- α. SDK,
- β. γλώσσα προγραμματισμού, και
- γ. AR βιβλιοθήκες και εργαλεία.

Η επιλογή τόσο της πλατφόρμας όσο και του εργαλείου AR, αποτέλεσε ιδιαίτερα κρίσιμο κομμάτι της διαδικασίας υλοποίησης της εφαρμογής, αφού μια σωστή επιλογή μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη απόδοση και λειτουργικότητα, μεγαλύτερη ευκολία και ταχύτητα ανάπτυξης, όπως και μείωση του κόστους, ενώ αντίθετα μια κακή επιλογή μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα ζημιογόνα στους αντίστοιχους τομείς.

Η επιλογή του Android Studio και της γλώσσας προγραμματισμού Java ή η στροφή σε Unity 3D ²² και C#, αποτέλεσε το πρώτο σταυροδρόμι πιθανών επιλογών στη διαδικασία υλοποίησης.

Όσο αφορά το εργαλείο επαυξημένης πραγματικότητας, η επιλογή προέκυψε μετά από ενδελεχή μελέτη και ανάλυση πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των διαθέσιμων εργαλείων, η σύγκριση των οποίων καθόρισε την τελική απόφαση. Τα κυριότερα σημεία στα οποία εστιάστηκε η έρευνα για το κάθε εργαλείο, είναι η άδεια λογισμικού που φέρει και το κατά πόσον δηλαδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί δωρεάν, το επίπεδο τεκμηρίωσης που παρέχει, έτσι ώστε να εξεταστεί εάν υπάρχει ικανοποιητική πηγή άντλησης βοήθειας για ενσωμάτωση και χρήση, οι βασικότερες του (δωρεάν) δυνατότητες, με σκοπό να διαπιστωθεί η καταλληλότητά του για το συγκεκριμένο είδος εφαρμογής, η συμβατότητα του ή μη με το Unity, και τέλος, τα λειτουργικά συστήματα από τα οποία υποστηρίζεται, με σκοπό να διαφανεί η συμβατότητα του κάθε εργαλείου με το λειτουργικό Android. Τα πέντε πιο πάνω, αποτέλεσαν τα κριτήρια και τους καθοριστικούς παράγοντες της τελικής απόφασης και επιλογής.

²² Μηχανή παιχνιδιών πολλαπλών πλατφορμών που αναπτύχθηκε από την Unity Technologies. Εφεξής Unity.

3.3.1 Διαθέσιμα εργαλεία

Ένα εργαλείο επαυξημένης πραγματικότητας είναι ο βασικός μηχανισμός τεχνολογικού λογισμικού που επιτρέπει και ενισχύει την ανάπτυξη και τη δημιουργία AR εφαρμογών και εμπειριών. Ο ρόλος του είναι να εκτελεί το αφανές αλλά καθοριστικής σημασίας έργο της συγχώνευσης ψηφιακού περιεχομένου και πληροφοριών του πραγματικού κόσμου, ενώ στο τέλος οι δυνατότητες του καθορίζουν τις δυνατότητες και τη λειτουργικότητα της AR εφαρμογής, οπότε είναι πολύ σημαντικό να γίνεται η κατάλληλη επιλογή. Μερικά από τα διαθέσιμα εργαλεία ήταν τα εξής [3] [32]:

3.3.1.1 Vuforia SDK

Είναι ένα SDK για κινητές συσκευές που υποστηρίζει τη δημιουργία εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας. Είναι η πιο διαδεδομένη πλατφόρμα για ανάπτυξη συστημάτων AR, αναπτύχθηκε από την Qualcomm²³, ενώ σήμερα ανήκει στην PTC²⁴. Δίνει τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να προσθέτουν εύκολα λειτουργικότητα υπολογιστικής όρασης (*computer vision*)²⁵ και να ενσωματώνουν την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας σε εφαρμογές, για να δημιουργήσουν εμπειρίες επαύξησης και ρεαλιστικής αλληλεπίδρασης με τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου που περιβάλλει τον χρήστη. Υποστηρίζει τη δυνατότητα αναγνώρισης 2D και 3D αντικειμένων, όπως επίπεδων εικόνων, κυλινδρικών επιφανειών, κειμένου κ.λπ. Υποστηρίζεται από τα Android, iOS και Windows λειτουργικά συστήματα, ενώ ενσωματώνεται και στο Unity. Είναι διαθέσιμη δωρεάν, με κάπως περιορισμένη λειτουργικότητα, ενώ πρόσθετες λειτουργίες που απελευθερώνουν το πλήρες δυναμικό είναι διαθέσιμες με πολλές εμπορικές άδειες χρήσης. Υπάρχει μια πολύ καλή τεκμηρίωση (*documentation*) γύρω από τη χρήση του εργαλείου, ενώ προσφέρεται παράλληλα μεγάλη υποστήριξη μέσω του ηλεκτρονικού φόρουμ [33].

²³ Αμερικανική πολυεθνική εταιρεία σχεδιασμού και παραγωγής τηλεπικοινωνιακών προϊόντων και υπηρεσιών.

²⁴ Αμερικανική εταιρεία λογισμικού και υπηρεσιών υπολογιστών.

²⁵ Επιστημονικό πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης το οποίο επιχειρεί να αναπαράγει αλγοριθμικά την αίσθηση της όρασης, συνήθως σε ηλεκτρονικό υπολογιστή ή ρομπότ.

3.3.1.2 Wikitude AR SDK

Πρόκειται για ένα SDK που κυκλοφόρησε το 2008 από την ομώνυμη εταιρεία Wikitude GmbH, και έκτοτε προσφέρει υπηρεσίες επαυξημένης πραγματικότητας για κινητές συσκευές. Η πιο πρόσφατη έκδοση του εργαλείου περιλαμβάνει πολλές κορυφαίες λειτουργίες AR, όπως αναγνώριση και παρακολούθηση (*tracking*) εικόνων, απόδοση (*rendering*) 3D μοντέλου, επικάλυψη βίντεο, και AR βάσει τοποθεσίας²⁶. Το 2017, η Wikitude ενσωμάτωσε την τεχνολογία SLAM²⁷. Υποστηρίζεται από τα κυριότερα λειτουργικά συστήματα, δηλαδή Android, iOS και Windows, ενώ ενσωματώνεται και στο Unity. Το Wikitude δεν είναι διαθέσιμο δωρεάν, κυκλοφορεί μόνο με εμπορικές άδειες και παρέχει απλώς δωρεάν δοκιμή. Η τεκμηρίωση είναι πολύ καλή, αφού για αρκετές λειτουργίες παρέχεται σκελετός κώδικα που τις υποστηρίζει.

3.3.1.3 Mapbox Vision SDK

Η συγκεκριμένη πλατφόρμα είναι ένα πολύ καλό εργαλείο στα χέρια όσων ασχολούνται με την ανάπτυξη συστημάτων πλοήγησης αλλά και παρεμφερή αυτών, αφού παρέχει ισχυρούς παραγωγούς διαδρομών, και πολλές δυνατότητες επεξεργασίας και δημιουργίας χαρτών, με τα αποτελέσματα της να είναι ιδιαίτερα ελκυστικά. Με τη χρήση του Vision SDK της Mapbox, καθίσταται δυνατή η πλοήγηση, μεταξύ άλλων, με τη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας, διαθέσιμη στα λειτουργικά συστήματα Android και iOS, με την ανάπτυξη να μπορεί να γίνει και μέσω του Unity. Συνδέει την επαυξημένη πραγματικότητα και την τεχνητή νοημοσύνη με μια νέα εμπειρία πλοήγησης, εκτελώντας αλγορίθμους υπολογιστικής όρασης, εξειδικευμένους και βελτιστοποιημένους για την παροχή της εμπειρίας αυτής. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιεί, ιδιαίτερα αποδοτικά, τα νευρωνικά δίκτυα για την επεξεργασία εικόνων απευθείας σε κινητές ή ενσωματωμένες συσκευές, μετατρέποντας την κάμερα σε ένα δεύτερο σετ ματιών. Οι επεξεργασίες που διεκπεραιώνει είναι αρκετά γρήγορες ώστε να τρέχουν σε πραγματικό χρόνο, και ταυτόχρονα, τρέχουν ιδιαίτερα αποδοτικά στις συσκευές όπου το πακέτο χρησιμοποιείται. Η σε πραγματικό χρόνο ερμηνεία των οδικών συνθηκών με δυνατότητα σύνδεσης με το υπόλοιπο οικοσύστημα Mapbox, δίνει στους χρήστες πρόσβαση σε

²⁶ Βλέπε 2.2.2.2.

²⁷ Η χαρτογράφηση ενός χώρου από ένα ρομποτικό όχημα με τον ταυτόχρονο εντοπισμό της θέσης του ρομπότ στον χώρο [46].

συνεχώς ενημερωμένες και πολύ λεπτομερείς πληροφορίες, που μπορούν να βελτιώσουν την ασφάλεια, την εμπειρία χρήσης, και να προσδώσουν αποτελεσματικότητα και υψηλή απόδοση. Πέραν των οδηγιών πλοήγησης, οι δυνατότητες του εργαλείου εμπερικλείουν επιπλέον και μεταξύ άλλων, προειδοποιήσεις κατά την οδήγηση για άλλα αυτοκίνητα, πεζούς και ποδηλάτες, ανιχνεύσεις και ενημερώσεις για τις λωρίδες του δρόμου, για τα όρια ταχύτητας κ.λπ. Οι λειτουργίες αυτές παρέχουν πολύ καλή τεκμηρίωση, ενώ ένα μεγάλο υποσύνολο τους προσφέρεται δωρεάν [34].

3.3.1.4 ARCore SDK

Κυκλοφόρησε το 2018 από την Google, και είναι το εξ ορισμού εργαλείο μέσω του οποίου αναπτύσσονται εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στις κινητές συσκευές Android. Αποτελεί την αντικατάσταση της όχι και τόσο επιτυχημένης πλατφόρμας ιδίου σκοπού Project Tango. Μπορεί να ενσωματωθεί και να χρησιμοποιηθεί και αυτό στο εργαλείο Unity. Χρησιμοποιεί τρεις βασικές τεχνολογίες:

- α. έξι βαθμοί ελευθερίας (*six degrees of freedom*)²⁸, που επιτρέπει στο τηλέφωνο να κατανοεί και να παρακολουθεί τη θέση του σε σχέση με τον κόσμο,
- β. περιβαλλοντική κατανόηση (*environmental understanding*), που επιτρέπει στο τηλέφωνο να ανιχνεύει το μέγεθος και τη θέση των επίπεδων οριζόντιων επιφανειών, και
- γ. εκτίμηση φωτός (*light estimation*), που επιτρέπει στο τηλέφωνο να εκτιμά τις εκάστοτε συνθήκες φωτισμού του περιβάλλοντος.

Είναι δωρεάν και διαθέσιμο για όλους, με τις εφαρμογές που κτίζονται μέσω του εργαλείου αυτού να μπορούν να ανέβουν στο Play Store του Android, ενώ υπάρχουν παραδείγματα και οδηγίες ανάπτυξης που βοηθούν τους προγραμματιστές με τις υλοποιήσεις τους.

3.3.1.5 ARKit SDK

Είναι το αντίστοιχο εργαλείο της Apple για την ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας, κυκλοφόρησε δύο χρόνια νωρίτερα, το 2017, και τρέχει στους

²⁸ Αναφέρονται στην ελευθερία κίνησης ενός άκαμπτου σώματος (*rigid body*) σε τρισδιάστατο χώρο. Συγκεκριμένα, το σώμα μπορεί να αλλάξει θέση με προς τα εμπρός και πίσω, πάνω και κάτω, δεξιά και αριστερά, μετακίνηση στους τρεις κάθετους άξονες x,y και z, σε συνδυασμό με αλλαγές στον προσανατολισμό μέσω περιστροφής γύρω από αυτούς.

επεξεργαστές των iPhones και iPads από A9 και μετά, οι οποίοι παρέχουν κορυφαία απόδοση στις συσκευές τους. Προσφέρει ανάλυση του περιβάλλοντος όπως αυτό φαίνεται από την κάμερα της συσκευής, ανίχνευση οριζόντιων επιπέδων και εντοπισμό και τοποθέτηση αντικειμένων στο χώρο. Χρησιμοποιεί επίσης τον αισθητήρα της κάμερας για να υπολογίσει τη συνολική ποσότητα φωτός που υπάρχει σε μια σκηνή και να εφαρμόσει τη σωστή ποσότητα φωτισμού σε εικονικά αντικείμενα. Η χρήση του εργαλείου γενικότερα, επιτρέπει γρήγορη κατανόηση σκηνής, εκπληκτική προβολή με μεγάλη ακρίβεια και λεπτομέρεια, συναρπαστικό εικονικό περιεχόμενο και εν τέλει μια καταπληκτική εμπειρία επαύξησης των πραγματικών σκηνών. Ενσωματώνεται και αυτό στο Unity, είναι δωρεάν και έχει την απαραίτητη τεκμηρίωση.

3.3.1.6 EasyAR SDK

Αποτελεί ίσως το SDK της επόμενης γενιάς, αναπτύχθηκε από την EasyAR²⁹, η τελευταία του έκδοση (2.1) κυκλοφόρησε το 2017, υποστηρίζεται από τα λειτουργικά συστήματα Android, iOS, Windows, και macOS, και μπορεί να ενσωματωθεί στο Unity. Υποστηρίζει μεταξύ άλλων, παρακολούθηση εικόνας, 3D αντικειμένων, επιφανειών, κίνησης κ.λπ. Το δωρεάν πλάνο προσφέρει όλα τα σημαντικά χαρακτηριστικά και λειτουργίες, παρέχει καλή τεκμηρίωση, και με τις προσθήκες που έγιναν στη τελευταία αναβάθμισή του, είναι πλέον ένα ολοκληρωμένο SDK και μια πολύ καλή επιλογή για την ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας.

3.3.1.7 ARToolKit SDK

Λογισμικό επαυξημένης πραγματικότητας ανοικτού κώδικα, δωρεάν, με αρκετές λειτουργίες, που κυκλοφόρησε το 1999. Αναπτύχθηκε στο Nara Institute of Science and Technologie της Ικόμα της Ιαπωνίας. Βρίσκεται στο GitHub και επιτρέπει στον προγραμματιστή να προσαρμόσει τον πηγαίο κώδικα για την εφαρμογή του. Είναι συμβατό με τα λειτουργικά συστήματα Android, iOS αλλά και Windows, macOS και Linux, και υποστηρίζει παράλληλα τα εργαλεία Unity και OpenSceneGraph³⁰. Έχει δυνατότητες παρακολούθησης βίντεο που υπολογίζουν την πραγματική θέση και τον προσανατολισμό της κάμερας σε σχέση με φυσικά πρότυπα, σε πραγματικό χρόνο. Ένα

²⁹ Κινέζικη εταιρεία λογισμικού με έδρα τη Σαγκάη.

³⁰ API ανοικτού κώδικα για εφαρμογές 3D γραφικών.

βασικό του μειονέκτημα είναι ο μεγάλος απαιτούμενος χρόνος ενσωμάτωσης και ρύθμισης. Παρέχει και αυτό, την κατάλληλη τεκμηρίωση.

3.3.2 Επιλογή πλατφόρμας

Η ανάπτυξη της εφαρμογής, όπως αναφέρεται και πιο πάνω, έγινε με τη χρήση του Android Studio, το οποίο προτιμήθηκε έναντι του Unity.

Το Unity είναι μια εκ των δύο κορυφαίων μηχανών για τη δημιουργία περιεχομένου εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας. Χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού C#, και χρησιμοποιείται κατά κόρον για τη δημιουργία και αναπαράσταση τρισδιάστατων και δισδιάστατων αντικειμένων, στο πλαίσιο εφαρμογών εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας, κυρίως παιχνιδιών, καθώς και προσομοιώσεων και άλλων εμπειριών. Οι εφαρμογές που αναπτύσσονται στο Unity είναι συμβατές με πάρα πολλά λειτουργικά συστήματα, όπως Android, iOS, Windows κ.λπ., και όπως χαρακτηριστικά και εύστοχα αναφέρει η εταιρεία, «Build once, deploy anywhere».

Παρόλο που θα μπορούσε να επιλεγεί το Unity και να εξαχθεί το project σε Android εφαρμογή, η εξοικείωση μας τόσο με το περιβάλλον του Android Studio και την ανάπτυξη σε αυτό, όσο και με τη γλώσσα Java, σε συνδυασμό με την σαφώς λιγότερη εμπειρία μας σε Unity και C# αντίστοιχα, κρίθηκαν πολύ σημαντικά και καθόρισαν την επιλογή. Επίσης, η τεκμηρίωση της Marbox για ανάπτυξη σε Android Studio και Java, κρίθηκε πιο κατατοπιστική, κάτι που προφανώς σήμαινε ευκολότερη και ίσως γρηγορότερη υλοποίηση.

3.3.3 Επιλογή εργαλείου

Δεδομένου ότι η παρούσα υλοποίηση αποτελεί κλασικό παράδειγμα εφαρμογής AR βάσει τοποθεσίας³¹, αφού οι οδηγίες που παρουσιάζει εξαρτώνται αποκλειστικά από τοποθεσίες και γεωγραφικές θέσεις, και συγκεκριμένα από την αφετηρία, τον προορισμό και όλα τα ενδιάμεσα σημεία συντεταγμένων στα οποία βρίσκεται ο χρήστης ανά πάσα χρονική στιγμή, για την επιλογή του κατάλληλου εργαλείου, θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη

³¹ Βλέπε 2.2.2.2.

η δυνατότητα - λειτουργία γεωγραφικής τοποθεσίας (*geolocation*)³², την οποία το εργαλείο θα έπρεπε να υποστηρίζει στη δωρεάν του έκδοση. Επιπρόσθετα, δεδομένης της επιλογής του Android Studio ως το περιβάλλον ανάπτυξης, ήταν απαραίτητο να επιλεγεί ένα εργαλείο συμβατό με το λειτουργικό σύστημα του Android και με δυνατότητα ενσωμάτωσης στο Android Studio, το οποίο θα παρείχε την κατάλληλη τεκμηρίωση.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι πληροφορίες που αφορούν την άδεια χρήσης, τις συμβατές πλατφόρμες/λειτουργικά συστήματα και την τεκμηρίωση για το κάθε εργαλείο, ενώ σημειώνεται επίσης, το εάν αυτό υποστηρίζει ή όχι την απαιτούμενη λειτουργία του *geolocation*. Σημαντικά είναι τα εξής:

α. Τα λειτουργικά συστήματα στα οποία η λειτουργία του *geolocation* δεν είναι διαθέσιμη, σημειώνονται ως μη συμβατά με το εργαλείο, ασχέτως εάν γενικότερα το υποστηρίζουν.

β. Τα εργαλεία των οποίων η δωρεάν έκδοση δεν περιλαμβάνει δυνατότητες AR βάσει τοποθεσίας³³, δηλαδή δεν συμπεριλαμβάνει τη λειτουργία του *geolocation*, ή αυτή συμπεριλαμβάνεται προστατευόμενη από το λογότυπο της εταιρείας (*watermark*), ή/και είναι διαθέσιμη μόνο για δοκιμές, σημειώνονται με εμπορική άδεια, ασχέτως εάν έχουν και δωρεάν πακέτο δυνατοτήτων. Σε αντίθετη περίπτωση, σημειώνονται ως δωρεάν, ασχέτως εάν υπάρχει και το εμπορικό πακέτο επιπλέον δυνατοτήτων.

	Vuforia	Wikitude	Mapbox	ARCore	ARKit	EasyAR	ARToolKit
Άδεια χρήσης	Δωρεάν	Εμπορικό	Δωρεάν	Δωρεάν	Δωρεάν	Δωρεάν	Δωρεάν
Συμβατά λειτουργικά συστήματα	Android iOS Windows	Android iOS	Android iOS	Android	iOS	Android iOS Windows macOS	Android iOS Windows macOS Linux
Τεκμηρίωση	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Geolocation	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι

Εικόνα 3.7: Πίνακας σύγκρισης εργαλείων επαυξημένης πραγματικότητας.

³² Αναγνώριση και εντοπισμός της γεωγραφικής θέσης του χρήστη ή της συσκευής στο παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων, μέσω μιας ποικιλίας μηχανισμών συλλογής δεδομένων. Εφεξής *geolocation*.

³³ Βλέπε 2.2.2.2.

Το εργαλείο που επιλέχθηκε τελικώς για τη συγκεκριμένη υλοποίηση, είναι όπως σημειώθηκε και πιο πάνω, το Vision SDK της Mapbox, αφού είναι δωρεάν, συμβατό με το Android, ενσωματώνεται στο Android Studio, υποστηρίζει τη λειτουργία του geolocation και παρέχει πολύ καλή τεκμηρίωση. Προτιμήθηκε έναντι των άλλων εργαλείων που επίσης ικανοποιούν τα πιο πάνω χαρακτηριστικά, επειδή είναι ένα εργαλείο κατάλληλο για υπηρεσίες πλοήγησης, πάροχος διαδικτυακών χαρτών, που χρησιμοποιείται εξ ορισμού σε εφαρμογές και συστήματα των δικών μας προδιαγραφών και απαιτήσεων.

3.4 Καθορισμός αναγκών και απαιτήσεων

Η υλοποίηση της εφαρμογής ακολούθησε τα πρότυπα ανάπτυξης συστημάτων όπως αυτά καθορίζονται στο πεδίο της Τεχνολογίας Λογισμικού (*Software Engineering*), και αναφέρονται σε μια ουσιώδη και λεπτομερή ανάλυση αναγκών και απαιτήσεων προτού ξεκινήσει η σχεδίαση και η υλοποίηση ενός συστήματος.

Η ανάλυση απαιτήσεων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, δεν υπάρχει η ιδανική επιλογή, αλλά η πλέον κατάλληλη σε κάθε περίπτωση. Για την παρούσα υλοποίηση, καταλληλότερες μέθοδοι κρίθηκαν η μελέτη υφιστάμενων συστημάτων και τα ερωτηματολόγια απευθυνόμενα στους τελικούς χρήστες της εφαρμογής.

Η ανάλυση υφιστάμενων συστημάτων δίνει τη δυνατότητα στους σχεδιαστές ενός νέου συστήματος να ακολουθήσουν επιτυχημένες πρακτικές, να αξιοποιήσουν την εμπειρία και να υιοθετήσουν τον τρόπο σκέψης τρίτων εμπειρογνομόνων και τεχνοκρατών, σε θέματα όπως είναι η κατάρτιση ενός εύστοχου συνόλου προσφερόμενων λειτουργιών, που θα ικανοποιεί όλες ανεξαιρέτως τις ανάγκες των χρηστών, χωρίς όμως να τους υπερφορτώνει με αχρείαστες λειτουργίες, η αποδοτική υλοποίηση του συνόλου αυτού και ο τρόπος λειτουργίας του, ο τρόπος σχεδίασης και επικοινωνίας με τον χρήστη, τα στοιχεία καλλωπισμού κ.λπ.

Όσο αφορά τα ερωτηματολόγια, πρόκειται για μια μέθοδο που επιτρέπει πραγματική επικοινωνία με κάποιους από τους χρήστες (ως δείγμα από το συνολικό πληθυσμό των χρηστών), μέσω της οποίας αυτοί μπορούν να ερωτηθούν και να εκφράσουν τις ανάγκες και απαιτήσεις τους, έτσι ώστε το σύστημα να τους ικανοποιήσει στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Είναι ταυτόχρονα πολύ εύκολη και γρήγορη στην ανάλυση μέθοδος, όντας κυρίως ποσοτική, κάτι που επιτρέπει χρήση ενός μεγάλου δείγματος, κίνηση που με τη

σειρά της αυξάνει την αξιοπιστία της μεθόδου και άρα βελτιώνει τη διαδικασία εξαγωγής απαιτήσεων στο σύνολο της.

Ως εκ τούτου, ο συνδυασμός των δυο τεχνικών αυτών, μπορεί να οδηγήσει σε μια πλήρη και αντιπροσωπευτική εξαγωγή απαιτήσεων, και άρα στη δημιουργία ενός συστήματος που θα είναι επακριβώς κτισμένο για να ικανοποιεί τους χρήστες του.

Για τις λειτουργίες Nearby Places και Find a Place συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της μελέτης υφιστάμενων συστημάτων, η οποία συνδυάστηκε τόσο με την εις βάθος έρευνα στο πεδίο της πλοήγησης γενικότερα, όσο και με τη μελέτη των νομικών πλαισίων, κανόνων και περιορισμών που διέπουν την ανάπτυξη μιας κινητής εφαρμογής τέτοιων προδιαγραφών, έτσι ώστε να επιτευχθεί η απαραίτητη συμμόρφωση.

Η λειτουργία Explore UCY από την άλλη, λόγω του ότι θα χρησιμοποιείται εντός του περιβάλλοντος του Π.Κ., από τους ευκαιριακούς και τακτικούς επισκέπτες του, ενός κοινού δηλαδή αυστηρά ορισμένου, κρίθηκε πως θα ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικό να βασιστεί κυρίως στις απόψεις και εισηγήσεις τους, που θα συλλέγονταν με τη χρήση ενός ερωτηματολογίου, σε συνδυασμό βέβαια με τις γενικότερες πρακτικές που υιοθετήθηκαν για τις δύο πρώτες λειτουργίες. Οι ερωτηθέντες είχαν την ευκαιρία να συμφωνήσουν ή να διαφωνήσουν με ιδέες που τέθηκαν ενώπιόν τους και αφορούσαν την εφαρμογή, όπως και να εκφράσουν τις δικές τους.

3.4.1 Μελέτη υφιστάμενων συστημάτων

Για την υλοποίηση των Nearby Places και Find a Place λειτουργιών, ακολουθήθηκε η προσέγγιση των Google και Apple Maps. Προφανώς δεν έχουν υλοποιηθεί και δεν παρέχονται όλες οι υπηρεσίες τους, όμως κάποιες εξ αυτών έχουν χρησιμοποιηθεί ως βάση. Σε γενικές γραμμές υιοθετήθηκε η φιλοσοφία των δημοφιλών αυτών πλοηγών, όσον αφορά τις προσφερόμενες υπηρεσίες και τον τρόπο λειτουργίας και επικοινωνίας τους με τον χρήστη, κάτι που εμπερικλείει και τον τρόπο σχεδίασης της διεπαφής του συστήματος, αλλά ο καλλωπισμός και το γενικότερο στυλ του, είναι βασισμένα σε δικές μας απόψεις και προτιμήσεις. Η συμμόρφωση με τις πρακτικές που ακολουθούν δυο τόσο έμπειροι και επιτυχημένοι πλοηγοί, κρίθηκε ιδιαίτερα συμφέρουσα και απαραίτητη προϋπόθεση για την καλύτερη δυνατή εμπειρία χρήσης και ευχρηστία.

Η δυνατότητα αναζήτησης σημείου βάσει ονόματος, είναι η βασικότερη και πιο ουσιώδης λειτουργία ενός πλοηγού. Έχει ενσωματωθεί στην παρούσα εφαρμογή με το

όνομα Find a Place, και ακολουθεί τη λιτή προσέγγιση της Google και Apple, κάνοντας χρήση μιας απλής μπάρας αναζήτησης, στην οποία ο χρήστης μπορεί να δώσει την είσοδο του.

Στη βάση της υπηρεσίας που προσφέρουν, τόσο τα Google Maps όσο και τα Apple Maps, με την οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια κατηγορία σημείων ενδιαφέροντος, και να του παρουσιαστούν όλα τα κοντινά σημεία που εμπίπτουν σε αυτή, συμπεριλήφθηκε στην εφαρμογή η λειτουργία του Nearby Places. Αναμένεται να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στις περιπτώσεις εκείνες όπου ο χρήστης δεν ψάχνει ένα συγκεκριμένο σημείο, αλλά μια κατηγορία σημείων γενικότερα, οποιοδήποτε σημείο της οποίας θεωρητικά θα μπορούσε να τον ικανοποιήσει, επιθυμεί τα σημεία αυτά να βρίσκονται κοντά του, έτσι ώστε να μπορεί να μεταβεί γρήγορα, και θέλει να δει διάφορες επιλογές και να διαλέξει. Σκεφτείτε έναν πεζό τουρίστα που ψάχνει εστιατόρια σε μια ξένη πόλη, δεν γνωρίζει κάτι συγκεκριμένο και θα ήθελε να δει κοντινά σημεία εστίασης για να αποφασίσει, ή έναν οδηγό που ξεμένει από βενζίνη και θα του ήταν πολύ χρήσιμο να εντοπίσει γρήγορα και εύκολα, τα κοντινότερα πρατήρια, χωρίς να τον ενδιαφέρει απαραίτητα, εν ώρα ανάγκης, ποιο θα είναι αυτό.

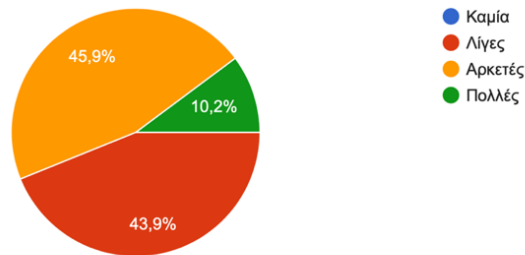
3.4.2 Ερωτηματολόγια

Η υλοποίηση της τρίτης λειτουργίας, Explore UCY, βασίστηκε κατά κύριο λόγο στο ερωτηματολόγιο που ετοιμάστηκε και συμπληρώθηκε από τους χρήστες της Πανεπιστημιούπολης, δηλαδή από τους φοιτητές, το ακαδημαϊκό και διοικητικό προσωπικό, τους επισκέπτες και άλλους υπαλλήλους του χώρου, όπως και απόφοιτους. Σκοπός του ήταν η εξακρίβωση των αναγκών και απαιτήσεών τους, έτσι ώστε να διαφανεί το κατά πόσον θα ήταν χρήσιμος ένας πλοηγός εντός του Π.Κ., και εάν ναι, ο τρόπος με τον οποίον αυτός θα έπρεπε να λειτουργεί και να παρέχει υπηρεσίες. Δείγμα του ερωτηματολογίου αποτέλεσαν εκατό άτομα. Λαμβάνοντας υπόψη τη διαδικασία καθορισμού του μεγέθους του δείγματος σε τυχαία δειγματοληψία, η οποία περιλάμβανε ικανοποιητική αντιπροσώπευση από όλες τις δυνατές ομάδες χρηστών, το μέγεθος των εκατό ατόμων που χρησιμοποιήθηκε θεωρείται αντιπροσωπευτικό για τους χρήστες της εφαρμογής, με ένα ικανοποιητικό διάστημα εμπιστοσύνης, κάτι που καθιστά την έρευνα αξιόπιστη, και ικανή για εξαγωγή έγκυρων και αξιοποιήσιμων συμπερασμάτων [35]. Παρουσιάζονται ορισμένα εκ των σημαντικότερων αποτελεσμάτων του

ερωτηματολογίου, και αναλύονται τα απορρέοντα συμπεράσματα, στη βάση των οποίων κινήθηκε η διαδικασία σχεδίασης και υλοποίησης που ακολουθήθηκε.

Οι πρώτες ερωτήσεις αφορούν τους τρόπους με τους οποίους οι χρήστες σήμερα πλοηγούνται στο Π.Κ., το εάν και ποια προβλήματα αντιμετωπίζουν, όπως και το εάν και πώς τα επιλύουν, έτσι ώστε να διαφανεί η χρησιμότητα ή μη της εφαρμογής.

Πόσες φορές χρειάστηκε οποιασδήποτε μορφής βοήθεια (γραμματεία, συμφοιτητές κλπ.)?
98 απαντήσεις

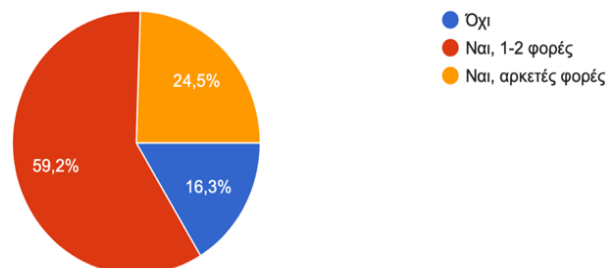


Εικόνα 3.8: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (α).

Το σύνολο του δείγματος χρειάστηκε έστω και μια φορά βοήθεια για την πλοήγηση του στο χώρο, με την πλειοψηφία να χρειάστηκε αρκετές, και ένα ποσοστό 10% να δηλώνει πολλές. Προκύπτει λοιπόν το συμπέρασμα ότι ο χώρος του πανεπιστημίου είναι αρκετά μεγάλος ή/και σύνθετος, με αποτέλεσμα να οδηγεί τους επισκέπτες του στην αναζήτηση βοήθειας για να τον χρησιμοποιήσουν, ιδίως κατά τις πρώτες τους επισκέψεις.

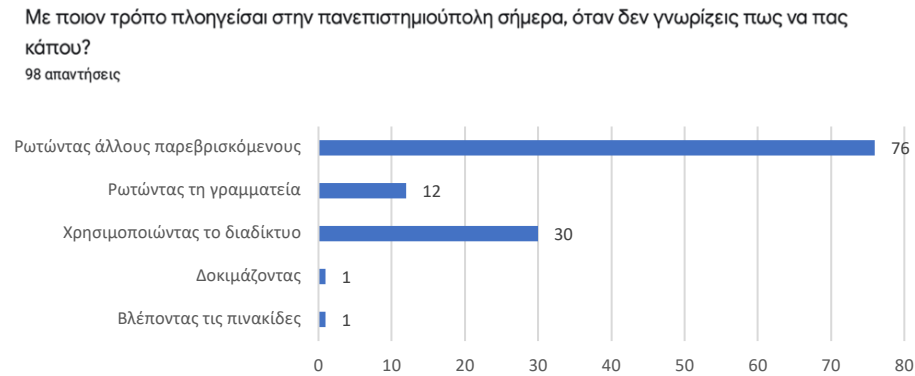
Αυτό επιβεβαιώνεται και μέσω της επόμενης ερώτησης, στην οποία η συντριπτική πλειοψηφία δηλώνει ότι χάθηκε στο χώρο κατά τις πρώτες του επισκέψεις.

Στις πρώτες σου επισκέψεις στο χώρο, σου έτυχε να χαθείς?
98 απαντήσεις



Εικόνα 3.9: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (β).

Με δεδομένη λοιπόν τη θέση ότι οι χρήστες χρειάζονται βοήθεια για την πλοήγηση στο χώρο, παρουσιάζεται η επόμενη ερώτηση, μέσω της οποίας διαφαίνονται οι υφιστάμενοι τρόποι της εκεί πλοήγησης και μετακίνησης.

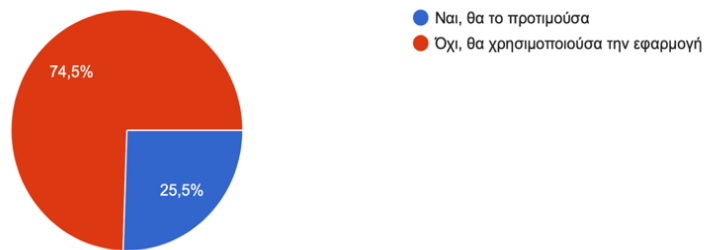


Εικόνα 3.10: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (γ).

Οι περισσότεροι χρήστες ρωτούν άλλους παρευρισκόμενους, συμφοιτητές, συναδέλφους κ.λπ., έτσι ώστε να βοηθηθούν με την πλοήγηση τους, ενώ αρκετοί χρησιμοποιούν το διαδίκτυο. Τέλος, ένα μικρό ποσοστό επιλέγει να ρωτήσει το προσωπικό της φοιτητικής μέριμνας ή της γραμματείας των τμημάτων. Να σημειωθεί ότι οι ερωτηθέντες μπορούσαν να σημειώσουν περισσότερες από μια επιλογές, ή να προσθέσουν τις δικές τους, όπως και έκαναν κάποιοι.

Όπως είναι λογικό, ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο να εξεταστεί το κατά πόσον οι χρήστες είναι ευχαριστημένοι με τις υφιστάμενες τους επιλογές, το εάν θα ήθελαν κάτι διαφορετικό, ή καλύτερα, το εάν θα προτιμούσαν να χρησιμοποιούν την AR εφαρμογή. Επισημαίνεται ότι, στο πλαίσιο του ερωτηματολογίου και σε συνδυασμό με τις ερωτήσεις, δόθηκε μια σύντομη και γενική περιγραφή της εφαρμογής, όπως και μια απλή και κατανοητή επεξήγηση του όρου της επαυξημένης πραγματικότητας, έτσι ώστε οι χρήστες να μπορούν να την αξιολογήσουν ως προς τη χρησιμότητά της.

Θα προτιμούσες να ρωτήσεις ένα συμφοιτητή/συνάδελφο, τη γραμματεία κλπ. αντί να χρησιμοποιήσεις την εφαρμογή?
98 απαντήσεις

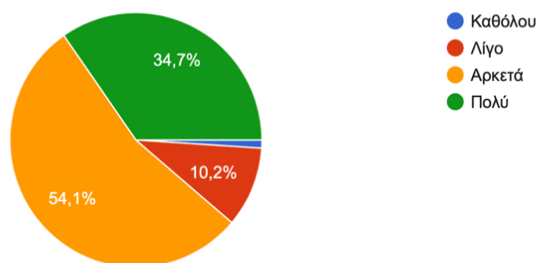


Εικόνα 3.11: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (δ).

Η πλειοψηφία του δείγματος με ένα ποσοστό 75% προκρίνει τη χρήση της εφαρμογής, έναντι των υφιστάμενων τεχνικών.

Η ανταπόκριση που θα βρει από τους τελικούς χρήστες και η γενικότερη χρησιμότητά της, μπορεί στο σημείο αυτό και στη βάση των πιο πάνω να θεωρηθεί δεδομένη, με την επόμενη ερώτηση να το επιβεβαιώνει, και να ολοκληρώνει το συγκεκριμένο κύκλο ερωτήσεων για την εξακρίβωση αναγκών και του επιπέδου χρησιμότητας.

Πόσο χρήσιμη θα θεωρούσες μια τέτοια εφαρμογή πλοήγησης?
98 απαντήσεις

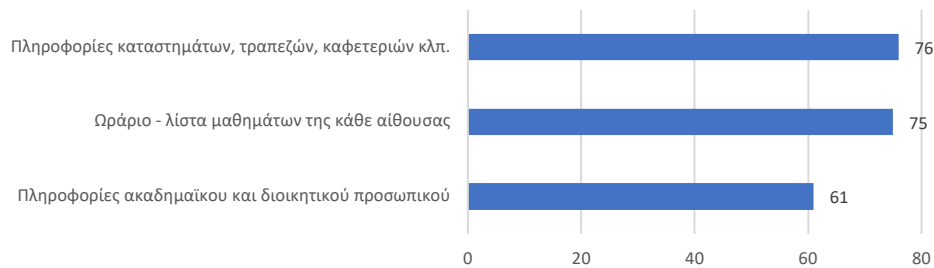


Εικόνα 3.12: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (ε).

Οι ερωτηθέντες απαντούν πως θα θεωρούσαν αρκετά και πολύ χρήσιμη μια τέτοια εφαρμογή πλοήγησης, με ποσοστά 54% και 35% αντίστοιχα.

Η επόμενη ερώτηση αφορά το σύνολο των προσφερόμενων λειτουργιών της εφαρμογής, και επιδιώκει να εξακριβώσει τις προτιμήσεις των χρηστών, οι οποίοι είχαν τη δυνατότητα να ορίσουν τις λειτουργικές απαιτήσεις, επιλέγοντας και προτείνοντας αυτές που θεωρούν χρήσιμες και θα τους ενδιέφερε να παρέχονται.

Ποιο/α από τα παρακάτω θα σε ενδιέφερε να παρέχονται από την εφαρμογή?
98 απαντήσεις

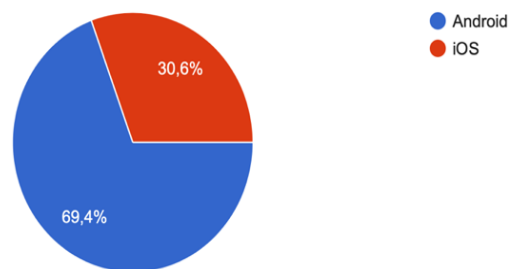


Εικόνα 3.13: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (ζ).

Οι παραπάνω επιλογές και εισηγήσεις του δείγματος, μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν, και εν τέλει, ενσωματώθηκαν στην εφαρμογή.

Στη συνέχεια, οι ερωτηθέντες καλούνται να δηλώσουν το λειτουργικό σύστημα της κινητής τους συσκευής, με την πλειοψηφία κατά 69% να απαντά Android, επιβεβαιώνοντας την έρευνα της StatCounter³⁴ και καθορίζοντας την επιλογή του Android ως την πλατφόρμα ανάπτυξης της εφαρμογής.

Λειτουργικό σύστημα κινητού τηλεφώνου
98 απαντήσεις



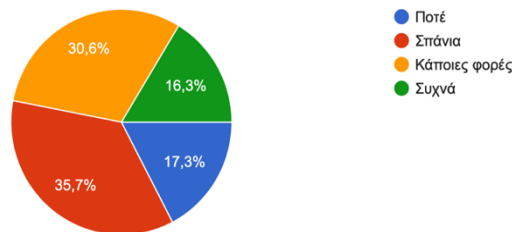
Εικόνα 3.14: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (η).

Η τελευταία ερώτηση που έγινε μέσω του ερωτηματολογίου, αφορά τη μπαταρία των κινητών συσκευών των χρηστών και το κατά πόσον αυτή εξαντλείται όσο βρίσκονται στη Πανεπιστημιούπολη. Μια χρήσιμη κινητή εφαρμογή, είναι ανούσια σε ένα κλειστό

³⁴ Βλέπε 3.2.1.

από μπαταρία κινητό τηλέφωνο, και έτσι η απάντηση στη συγκεκριμένη ερώτηση είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Πόσο συχνά μένεις από μπαταρία ενώ είσαι στο χώρο του πανεπιστημίου?
98 απαντήσεις



Εικόνα 3.15: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου (θ).

Όπως φαίνεται από το γράφημα, οι απαντήσεις διίστανται. Η οριακή πλειοψηφία αναφέρει πως η μπαταρία της κινητής τους συσκευής εξαντλείται σπάνια και ποτέ, και άρα είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή κατά την παρουσία της στο χώρο. Σε γενικές γραμμές, με δεδομένη την απουσία ενός συστήματος πλοήγησης για το Π.Κ., και στη βάση όλων των πιο πάνω αποτελεσμάτων, είναι δυνατόν να συναχθεί πως οι ερωτηθέντες, αντιπροσωπεύοντας το σύνολο της πανεπιστημιακής κοινότητας και χρηστών του χώρου, επιθυμούν την υλοποίηση της εφαρμογής, θεωρώντας τη χρήσιμη και πρακτική, και είναι έτοιμοι να τη χρησιμοποιήσουν.

Κεφάλαιο 4

Μεθοδολογία

4.1 Εισαγωγή	48
4.2 Εργαλεία και τεχνολογίες.....	49
4.3 Διεπαφή χρήστη	50
4.4 Άδειες Χρήσεις.....	50
4.5 Λειτουργίες και υπηρεσίες	51
4.5.1 Nearby Places	51
4.5.1.1 Αναζήτηση κατηγορίας	52
4.5.1.2 Προσκόμιση σημείων ενδιαφέροντος	53
4.5.1.3 Παρουσίαση επιστρεφόμενων και υπολογιζόμενων πληροφοριών	54
4.5.2 Find a Place.....	55
4.5.2.1 Αναζήτηση σημείου ενδιαφέροντος	55
4.5.2.2 Επεξεργασία εισόδου και προσκόμιση σημείων ενδιαφέροντος.....	56
4.5.2.3 Παρουσίαση επιστρεφόμενων και υπολογιζόμενων πληροφοριών	57
4.5.3 Explore UCY	58
4.5.3.1 Αναζήτηση σημείου ενδιαφέροντος	58
4.5.3.2 Προσκόμιση σημείου ενδιαφέροντος	60
4.5.3.3 Παρουσίαση επιστρεφόμενων και υπολογιζόμενων πληροφοριών	60
4.5.3.4 Τηλεφωνικές κλήσεις	61
4.5.4 Πλοήγηση	61
4.5.4.1 Προσκόμιση διαδρομής και πληροφοριών προόδου.....	61
4.5.4.2 Προσκόμιση άλλων χρήσιμων πληροφοριών.....	63
4.5.4.3 Παρουσίαση πληροφοριών στην οθόνη του χρήστη.....	65
4.5.4.4 Απεικόνιση οδηγιών πλοήγησης με επαυξημένη πραγματικότητα.....	66
4.5.4.4.1 Vision Manager	66
4.5.4.4.2 Vision AR View	66
4.5.5 Έλεγχος σύνδεσης στο διαδίκτυο και ενεργοποίησης GPS.....	67
4.6 Δοκιμές και έλεγχος	67

4.1 Εισαγωγή

Ο καθορισμός αναγκών και απαιτήσεων, αποτέλεσε τη βάση πάνω στην οποία έγινε η υλοποίηση του συστήματος, και το τελευταίο στάδιο μελέτης προτού αυτή αρχίσει.

Η διαδικασία ανάπτυξης διακρίνεται σε πέντε βασικές δραστηριότητες, οι οποίες διεκπεραιώνονταν ως ένας συνδυασμός σειριακής και παράλληλης ενασχόλησης, με την κάθε μια να αφορά και μια διαφορετική πτυχή του συστήματος, και να υποδιαιρείται με

τη σειρά της σε άλλες μικρότερες υπό-δραστηριότητες. Η διαίρεση του έργου αυτή, προσέφερε περισσότερη οργάνωση και πρακτικότητα, ενώ συνέβαλε ταυτόχρονα στη γρήγορη και εύκολη αποσφαλμάτωση, κάτι που διευκόλυνε και επιτάχυνε και τη συνολική υλοποίηση.

Η πρώτη δραστηριότητα αφορούσε το κομμάτι της εγκατάστασης και εξοικείωσης με τα απαραίτητα εργαλεία και τεχνολογίες. Στη συνέχεια, η προσοχή εστιάστηκε στη διεπαφή χρήστη, στο πως δηλαδή θα παρουσιάζονται οι διάφορες πληροφορίες, και θα γίνεται η αλληλεπίδραση με τις προσφερόμενες λειτουργίες. Η επόμενη δραστηριότητα είχε να κάνει με τις άδειες χρήσης (*permissions*) της εφαρμογής, και τον τρόπο με τον οποίο αυτές θα ζητούνταν και θα εξασφαλιζόνταν. Στο επόμενο στάδιο, υλοποιήθηκαν οι τρεις προσφερόμενες λειτουργίες, κάτι που περιλάμβανε δηλαδή τον προγραμματισμό και τη μετατροπή των απαιτήσεων σε κώδικα που θα τις ικανοποιεί. Το πέμπτο και τελευταίο στάδιο, αφορούσε τους απαραίτητους ελέγχους, οι οποίοι αποσκοπούσαν στο να διαπιστωθεί ο βαθμός εγκυρότητας και ομαλότητας στην εκτέλεση των διαφόρων λειτουργιών, και μέσα από τους οποίους προέκυψε η ανάγκη για ορισμένες βελτιώσεις, αλλαγές και διορθώσεις, οι οποίες ολοκλήρωσαν πλήρως τη διαδικασία υλοποίησης.

4.2 Εργαλεία και τεχνολογίες

Η γενικότερη υλοποίηση της εφαρμογής και η χρήση της τεχνολογίας της επανυξημένης πραγματικότητας, έγιναν με τη βοήθεια του Android Studio και του Vision SDK της Marbox αντίστοιχα, με το δεύτερο να ενσωματώνεται στο πρώτο. Της ενσωμάτωσης του Vision SDK προηγήθηκε η δημιουργία λογαριασμού στην πλατφόρμα της Marbox, έτσι ώστε να αποκτηθεί το απαραίτητο ατομικό αναγνωριστικό πρόσβασης (*access token*)³⁵ που θα επέτρεπε τη χρησιμοποίηση των υπηρεσιών της. Το αναγνωριστικό αυτό, όπως και ορισμένες βιβλιοθήκες και πακέτα της Marbox (*dependencies*), ενσωματώθηκαν στο Gradle αρχείο³⁶ του project στο Android Studio, επιτρέποντας τη συγκέντρωση των απαραίτητων πόρων και πηγαίου κώδικα και προσαρμόζοντας κατάλληλα τη διαμόρφωση (*configuration*), έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η χρήση της επανυξημένης πραγματικότητας. Για τη διεκπεραίωση των πιο πάνω, ήταν απαραίτητη μια μελέτη όλων των υπηρεσιών και βιβλιοθηκών της Marbox, έτσι ώστε να επιλεγούν οι κατάλληλες,

³⁵ Εφεξής αναγνωριστικό ή key.

³⁶ Εργαλειοθήκη (*toolkit*) του Android Studio, που υπεύθυνη για την αυτοματοποίηση και διαχείριση της διαδικασίας κατασκευής της εφαρμογής (*build process*).

όπως και μια έρευνα για τη σωστή χρήση και ενσωμάτωσή τους. Σημειώνεται ότι στο ίδιο αρχείο ενσωματώθηκε και ότι άλλο απαιτούσε η χρήση των υπόλοιπων τεχνολογιών που η εφαρμογή αξιοποιεί, οι οποίες αναφέρονται στη συνέχεια.

4.3 Διεπαφή χρήστη

Η διεπαφή χρήστη είναι το σύνολο των συστατικών ενός συστήματος το οποίο επιτρέπει αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ συστήματος και χρήστη. Περιλαμβάνει την οθόνη αφής της συσκευής, μέσω της οποίας καθίσταται δυνατή η αλληλεπίδραση με το σύστημα, και από κει και πέρα, όλα τα γραφικά αντικείμενα, τον ήχο και τις πληροφορίες που παρουσιάζονται στο χρήστη κατά την περιήγηση του στην εφαρμογή, και που καθορίζονται στη βάση της σχεδιαστικής γραμμής που αποφασίζεται από την ομάδα ανάπτυξης και υλοποίησης.

Τα στοιχεία της διεπαφής του συστήματος που αναπτύχθηκε, όπως τα κουμπιά, οι εικόνες, τα εικονίδια, οι μπάρες αναζήτησης, οι περιοχές κειμένου, και γενικότερα ο σχεδιασμός (*design*) του τρόπου αναπαράστασης των διαφόρων πληροφοριών της εφαρμογής, που συμπεριλαμβάνει την επιλογή σε χρώματα, μεγέθη, θέση στην οθόνη, ομαδοποιήσεις αντικειμένων κ.λπ., δηλαδή ο καλλωπισμός και η μορφοποίηση, έγιναν είτε στατικά, με ρητό σχετικό ορισμό τους στη γλώσσα σήμανσης xml, στα .xml αρχεία που συνοδεύουν τον κώδικα υλοποίησης, είτε δυναμικά, με επίσης ρητό ορισμό στα .java αρχεία που προσδίδουν τη λειτουργικότητα.

4.4 Άδειες Χρήσεις

Στο πλαίσιο του περί της Προστασίας των Φυσικών Προσώπων Έναντι της Επεξεργασίας των Δεδομένων Προσωπικού Χαρακτήρα και της Ελεύθερης Κυκλοφορίας των Δεδομένων αυτών Νόμου του 2018 (Ν.125(Ι)/2018), που ψηφίστηκε μετά από σχετικό Ευρωπαϊκό Κανονισμό με τίτλο «Κανονισμός (ΕΕ) 2016/679 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Απριλίου 2016 για την προστασία των φυσικών προσώπων έναντι της επεξεργασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα και για την ελεύθερη κυκλοφορία των δεδομένων αυτών (Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων)», οι εφαρμογές είναι υπόχρεες να ζητούν και να λαμβάνουν έγκριση (*request app permission*) για να μπορούν να προχωρήσουν σε συλλογή ή/και

επεξεργασία ή γενικότερα για να αποκτήσουν πρόσβαση σε προσωπικά δεδομένα πολιτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης [36].

Στη βάση των πιο πάνω, η εφαρμογή ζητά από τον χρήστη έγκριση για χρήση της κάμερας και της τοποθεσίας της συσκευής του, αλλά και για πρόσβαση σε φωτογραφίες, πολυμέσα και σε άλλους φακέλους και πληροφορίες αυτής, όπως και έγκριση για σύνδεση στο διαδίκτυο. Η συγκατάθεση του χρήστη είναι απαραίτητη για τη λειτουργία της εφαρμογής, αφού αυτή χρησιμοποιεί τόσο την κάμερα, όσο και την τοποθεσία της συσκευής για να παρέχει τις υπηρεσίες πλοήγησης και ενημέρωσης, ενώ με τα πιο πάνω συνδέεται και η πρόσβαση στα αρχεία του χρήστη, αλλά και η πρόσβαση στο διαδίκτυο, μέσω του οποίου προσκομίζονται όλες οι απαιτούμενες πληροφορίες. Πέραν τούτων, η εφαρμογή ζητά άδεια χρήσης για εκτέλεση και διαχείριση τηλεφωνικών κλήσεων, η οποία είναι απαραίτητη για την παροχή της σχετικής δυνατότητας.

Τα αιτήματα για έγκριση και αδειοδότηση υποβάλλονται στο χρήστη μέσα από τον ορισμό των σχετικών αδειών στο αρχείο `AndroidManifest.xml`³⁷ του project, σε συνδυασμό με την εκτέλεση ορισμένων μεθόδων, που αποτελούν μέρος του κώδικα υλοποίησης, και έχουν την ευθύνη να τρέχουν και να εξασφαλίζουν τις πιο πάνω εγκρίσεις, πριν την εκτέλεση των λειτουργιών που τις απαιτούν.

4.5 Λειτουργίες και υπηρεσίες

Το σημαντικότερο και μεγαλύτερο κομμάτι της υλοποίησης αποτέλεσε προφανώς η υλοποίηση των προσφερόμενων λειτουργιών και υπηρεσιών. Διακρίνεται σε 5 υπό-υλοποιήσεις, με τις τρεις πρώτες να αφορούν τις τρεις λειτουργίες που προσφέρει η εφαρμογή, και τις άλλες δυο να καλύπτουν, η μεν πρώτη, την ενσωμάτωση της τεχνολογίας της επαυξημένης πραγματικότητας, η δε δεύτερη, άλλες συμπληρωματικές λειτουργίες που η εφαρμογή χρειάζεται να εκτελεί έτσι ώστε να λειτουργεί αποδοτικά.

4.5.1 Nearby Places

Η λειτουργία Nearby Places, όπως μαρτυρά και το όνομα της, δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να αναζητούν μέσω μπάρας αναζήτησης που παρέχει δυναμικά προσαρμοσμένες

³⁷ Δημιουργείται αυτόματα με τη δημιουργία του project στο Android Studio, και εκεί δηλώνονται οι βασικές πληροφορίες που χρειάζεται το σύστημα Android για να τρέξει την εφαρμογή.

προτεινόμενες επιλογές³⁸, κατηγορίες σημείων ενδιαφέροντος όπως καφετέριες, εστιατόρια, τράπεζες κ.λπ., και βάσει της επιλεγόμενης κατηγορίας, να έχουν πρόσβαση σε αποτελέσματα, που εμπίπτουν σε αυτήν, και βρίσκονται εντός ενός κύκλου με κέντρο την εκάστοτε τους τοποθεσία και μια καθορισμένη από το σύστημα ακτίνα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε αύξουσα σειρά απόστασης από την τοποθεσία του χρήστη. Έχοντας τη λίστα αποτελεσμάτων, ο χρήστης μπορεί να δει, πέραν του ονόματος, τη διεύθυνση και την απόσταση του κάθε σημείου, μπορεί να το τοποθετήσει στο Google Maps, και φυσικά να πλοηγηθεί προς αυτό, επιλέγοντας μεταφορικό μέσο ανάμεσα σε αυτοκίνητο, ποδήλατο, και πόδια, με τη λειτουργία της επαυξημένης πραγματικότητας.

4.5.1.1 Αναζήτηση κατηγορίας

Οι 96 προσφερόμενες για τον χρήστη κατηγορίες επιλογής [37], μπορούν να αναζητηθούν και επιλεγούν μέσω μιας μπάρας αναζήτησης, η οποία επιτρέπει δυναμικό φιλτράρισμα, και κατ' επέκταση, συνεχή παροχή δυναμικά προσαρμοσμένων προτεινόμενων επιλογών βάσει αυτής. Για κάθε κατηγορία υπάρχει μια σχετική φωτογραφία, όπως φυσικά και το όνομα της. Για την υλοποίηση της λίστας προτεινόμενων επιλογών, αρχικά σχεδιάστηκε στατικά μια γραμμή με xml κώδικα, η οποία ενσωματώνει ένα πεδίο κειμένου και μια εικόνα, που αποτελούν το όνομα και τη φωτογραφία της κάθε κατηγορίας αντίστοιχα. Στη συνέχεια, και δυναμικά, για κάθε μια από τις 96 κατηγορίες, χρησιμοποιείται η γραμμή και φορτώνονται σε αυτήν τα στοιχεία της κατηγορίας, με αποτέλεσμα ο χρήστης να μπορεί να δει κάθε κατηγορία σε μια γραμμή, και άρα μια λίστα από κατηγορίες. Τα ονόματα των κατηγοριών βρίσκονται σε σχετικό πίνακα δεδομένων, και οι φωτογραφίες τους στους φακέλους του project, και ανακτώνται από εκεί βάσει θέσης (*index*) και ονόματος αντίστοιχα. Κάθε φορά που ο χρήστης δίνει νέα είσοδο στη μπάρα αναζήτησης, η λίστα φιλτράρεται βάσει αυτής, έτσι ώστε διαθέσιμες προς επιλογή να είναι μόνο οι κατηγορίες των οποίων το όνομα περιέχει σε οποιαδήποτε θέση του, την είσοδο του χρήστη. Στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει είσοδος χρήστη και η μπάρα αναζήτησης είναι κενή, ολόκληρη η λίστα είναι διαθέσιμη.

³⁸ Οι επιλογές που εμφανίζονται κάτω από μια μπάρα αναζήτησης ως αποτέλεσμα της εισόδου που δίνεται σε αυτή. Προσαρμόζονται δυναμικά σε κάθε αλλαγή της εισόδου.

4.5.1.2 Προσκόμιση σημείων ενδιαφέροντος

Με την επιλογή οποιασδήποτε κατηγορίας από τον χρήστη, φορτώνονται σε αύξουσα σειρά απόστασης όλα τα σημεία ενδιαφέροντος που εμπίπτουν σε αυτήν, και βρίσκονται εντός της ακτίνας που έχει προκαθοριστεί. Το βασικό συστατικό της υλοποίησης της συγκεκριμένης υπό-λειτουργίας είναι η Google Maps Platform³⁹, η χρήση της οποίας απαιτούσε τη δημιουργία λογαριασμού⁴⁰ και εξασφάλιση του σχετικού αναγνωριστικού. Η υπηρεσία που ενδιέφερε ήταν το Places API, που σχετίζεται με τις τοποθεσίες ή τα σημεία ενδιαφέροντος που είναι περασμένα στους χάρτες της Google, και τις σχετικές τους πληροφορίες. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το *Nearby Search Request Service*, το οποίο δέχεται ορισμένες παραμέτρους, και βάσει αυτών, επιστρέφει τα σημεία ενδιαφέροντος που τις ικανοποιούν. Υποχρεωτικές παράμετροι, πέραν από το αναγνωριστικό, αποτελούν η εκάστοτε τοποθεσία και μια ακτίνα, αφού ο ρόλος της συγκεκριμένης υπηρεσίας είναι να επιστρέφει σημεία που βρίσκονται εντός μιας καθορισμένης περιοχής, ενώ άλλες διαθέσιμες παράμετροι, όπως όνομα, λέξεις κλειδιά, τύπος κ.λπ., μπορούν να συγκεκριμενοποιήσουν ή να περιορίσουν, και άρα να βελτιώσουν, αφού η συγκεκριμενοποίηση είναι σε τέτοιες περιπτώσεις επιθυμητή, το επιστρεφόμενο σύνολο τοποθεσιών, τροποποιώντας στην ουσία τις προκαθορισμένες τιμές. Η επικοινωνία με τον διακομιστή (*server*) της Google γίνεται με τη χρήση της τεχνολογίας Ajax (Asynchronous JavaScript and XML)⁴¹, και μέσω του πιο κάτω url:

```
https://maps.googleapis.com/maps/api/place/nearbysearch/json?location=USER_LOCATION&radius=RADIUS&type=TYPE&key=KEY
```

Με πλάγιους (*italic*) χαρακτήρες είναι το σταθερό μέρος του url, με το *nearbysearch* να υποδηλώνει ότι πρόκειται για τη συγκεκριμένη υπηρεσία. Με έντονα (*bold*) γράμματα είναι οι πέντε παράμετροι που ορίζονται στο πλαίσιο του αιτήματος, έτσι ώστε να

³⁹ Πλατφόρμα της Google, ένα σύνολο από APIs και SDKs, που επιτρέπει στους προγραμματιστές να ενσωματώνουν τους χάρτες της Google σε εφαρμογές και ιστοσελίδες ή να αποκτούν πρόσβαση και να μπορούν να χρησιμοποιήσουν δεδομένα και υπηρεσίες από αυτούς.

⁴⁰ Χρησιμοποιήθηκε το δωρεάν πακέτο υπηρεσιών, με μια μελλοντική πιθανή αναβάθμιση του με την καταβολή του αντίστοιχου ποσού, να συνεπάγεται βελτίωση της ποιότητας και περισσότερες δυνατότητες.

⁴¹ Τεχνολογία με την οποία οι εφαρμογές ιστού (*web applications*) μπορούν να στέλνουν και να ανακτούν δεδομένα από έναν διακομιστή ασύγχρονα, τρέχοντας δηλαδή στο παρασκήνιο, χωρίς να παρεμβαίνουν στην εμφάνιση και τη συμπεριφορά της εκάστοτε σελίδας, χωρίς δηλαδή να απαιτείται ανανέωση (*refresh*) της [48].

ανακτηθούν συγκεκριμένα αποτελέσματα σε συγκεκριμένη μορφή. Τύπος επιστροφής αποτελεσμάτων ορίστηκε η μορφή JSON (JavaScript Object Notation)⁴², αφού είναι πολύ εύκολη στη χρήση και «ελαφριά», συμβατή με πολλές γλώσσες προγραμματισμού και παράλληλα ανεξάρτητη από αυτές [38]. Όσο αφορά την ακτίνα (*radius*) και κλειδί (*key*), ορίστηκε μια καθορισμένη και συγκεκριμένη ακτίνα πέντε χιλιάδων μέτρων και το αναγνωριστικό που εξασφαλίστηκε αντίστοιχα. Η επιλογή της συγκεκριμένης τιμής της ακτίνας έγινε στη βάση του ότι, είναι αρκετά μεγάλη, έτσι ώστε να καλύπτει αρκετά σημεία ενδιαφέροντος και να προσφέρει αρκετές επιλογές στον χρήστη, αλλά όχι τόσο μεγάλη που να επιστρέφει σημεία που απέχουν αντικειμενικά μεγάλη απόσταση από αυτόν, και να κάνει τη λειτουργία να χάνει το νόημα της. Όσο αφορά τις υπόλοιπες δυο παραμέτρους, οι οποίες δεν είναι σταθερές, αλλά εξαρτώμενες από τις ενέργειες του χρήστη, ως τοποθεσία (*location*) ορίζεται κάθε φορά η τρέχουσα τοποθεσία του, όπως αυτή ανακτάται από το GPS της συσκευής, ως ένα ζεύγος γεωγραφικών συντεταγμένων, γεωγραφικό πλάτος (*latitude*) και μήκος (*longitude*), και ως τύπος (*type*), η εκάστοτε επιλεγόμενη κατηγορία, αφού μετατραπεί στην απαιτούμενη μορφή. Κάθε φορά λοιπόν που ο χρήστης αναζητεί και επιλέγει μια κατηγορία, το πιο πάνω παραμετροποιημένο url τρέχει μέσω της εφαρμογής, και ζητούνται από το διακομιστή της Google τα σχετικά σημεία ενδιαφέροντος. Η απάντηση περιλαμβάνει τις πληροφορίες όλων των σημείων που ταιριάζουν με τις ορισμένες παραμέτρους. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν τέτοια σημεία, δηλαδή η απάντηση είναι κενή, ο χρήστης ενημερώνεται με σχετικό μήνυμα.

4.5.1.3 Παρουσίαση επιστρεφόμενων και υπολογιζόμενων πληροφοριών

Οι πληροφορίες που κρίθηκαν σημαντικές και παρουσιάζονται στην οθόνη είναι το όνομα και η διεύθυνση του σημείου, ενώ αξιοποιείται η τοποθεσία του, που σε συνδυασμό με την τοποθεσία του χρήστη, δίνει εκτίμηση για τη μεταξύ τους απόσταση, η οποία παρουσιάζεται επίσης. Συγκεκριμένα, με δεδομένα την ανακτώμενη μέσω GPS τοποθεσία του χρήστη, και την επιστρεφόμενη τοποθεσία του κάθε σημείου, υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ τους, με τη χρήση της εφαρμογής σε Java του τύπου

⁴² Μορφότυπο το οποίο χρησιμοποιεί κείμενο, που μπορεί να διαβαστεί από τον άνθρωπο, για τη μετάδοση αντικειμένων δεδομένων που αποτελούνται από ζεύγη χαρακτηριστικών-τιμών. Η χρήση περιλαμβάνει σειριοποίηση (*serialization*), αποσειριοποίηση (*deserialization*) και μετάδοση της δομημένης πληροφορίας σε δικτυακές συνδέσεις, συνήθως μεταξύ διακομιστή και πελάτη (*client*).

του Haversine⁴³, παρουσιάζεται στην οθόνη ως πληροφορία, και στη συνέχεια, ταξινομούνται τα σημεία ενδιαφέροντος βάσει αυτής, σε αύξουσα σειρά, έτσι ώστε ο χρήστης να βλέπει τις επιστρεφόμενες και διαθέσιμες επιλογές, αρχίζοντας από την κοντινότερη. Η τοποθεσία του σημείου χρησιμοποιείται επίσης και για την προβολή του στους χάρτες της Google, στους οποίους και περνιέται ως παράμετρος για να μπορεί να εντοπιστεί και φορτωθεί. Εννοείται πως όλα τα επιστρεφόμενα αλλά και υπολογιζόμενα δεδομένα που παρουσιάζονται στην οθόνη, τυγχάνουν της κατάλληλης επεξεργασίας και μορφοποιούνται δυναμικά, στη βάση των κανόνων σχεδίασης που έχουν τεθεί.

Από τη στιγμή που η συγκεκριμένη λειτουργία απαιτεί επικοινωνία με διακομιστή μέσω διαδικτύου, και χρήση του GPS για ανάκτηση τοποθεσίας, η σύνδεση στο διαδίκτυο και η ενεργοποίηση του GPS είναι απαραίτητα.

4.5.2 Find a Place

Η λειτουργία Find a Place βασίζεται στην εισαγωγή λέξεων κλειδιών σε μια μπάρα αναζήτησης, και την εμφάνιση αποτελεσμάτων που είναι καθ' οποιονδήποτε τρόπο σχετικά με αυτά. Πιο συγκεκριμένα, ο χρήστης δίνει την είσοδο του, προσπαθώντας να προσδιορίσει και να φωτογραφίσει ένα ή και περισσότερα σημεία ενδιαφέροντος, και την ίδια ώρα, το σύστημα την αξιοποιεί και προσκομίζει όλες τις τοποθεσίες που ταιριάζουν με αυτήν. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε αύξουσα σειρά απόστασης από την τοποθεσία του χρήστη. Έχοντας τη λίστα αποτελεσμάτων, ο χρήστης μπορεί να δει, πέραν του ονόματος, τη διεύθυνση και την απόσταση του κάθε σημείου, μπορεί να το τοποθετήσει στο Google Maps, και φυσικά να πλοηγηθεί προς αυτό, επιλέγοντας μεταφορικό μέσο ανάμεσα σε αυτοκίνητο, ποδήλατο, και πόδια, με τη λειτουργία της επαυξημένης πραγματικότητας.

4.5.2.1 Αναζήτηση σημείου ενδιαφέροντος

Για να δοθεί η δυνατότητα στον χρήστη να αναζητήσει βάσει κάποιων λέξεων κλειδιών που ο ίδιος επιλέγει, η μπάρα αναζήτησης δέχεται και αποθηκεύει την είσοδο του.

⁴³ Υπολογίζει τη μικρότερη απόσταση μεταξύ δύο σημείων στην επιφάνεια μιας σφαίρας, μέσω υπολογισμών με τη χρήση των τιμών γεωγραφικού μήκους και πλάτους. Πρόκειται για μια ειδική περίπτωση του νόμου του Haversine, που χρησιμοποιείται στη σφαιρική τριγωνομετρία και συνδέει μεταξύ τους τις πλευρές και τις γωνίες των «σφαιρικών τριγώνων» [45].

4.5.2.2 Επεξεργασία εισόδου και προσκόμιση σημείων ενδιαφέροντος

Με την οδηγία του χρήστη για αναζήτηση, φορτώνονται σε αύξουσα σειρά απόστασης όλα τα σημεία ενδιαφέροντος που σχετίζονται με την είσοδο του. Ο συσχετισμός αυτός δεν είναι απαραίτητο να είναι απόλυτος, κάτι που σημαίνει ότι το σύνολο επιστρεφόμενων αποτελεσμάτων θα αποτελείται από κάθε σημείο που ταιριάζει έστω και λίγο ή μερικώς με τις λέξεις κλειδιά του χρήστη, οι οποίες μπορούν να είναι οτιδήποτε περιγράφει τόπο, όπως όνομα, συγκεκριμένη διεύθυνση, περιοχή, τηλέφωνο, τύπος κ.λπ., ενώ αποδεκτές είναι και ημιτελείς, ή/και με σφάλματα, ή/και γενικής μορφής εισόδοι, λόγω ακριβώς της υπηρεσίας που χρησιμοποιείται. Προφανώς όμως, όσο πιο προσδιοριστικές και σωστά ορισμένες είναι, τόσο πιο ακριβές και συγκεκριμένο θα είναι το σύνολο αποτελεσμάτων. Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης λειτουργίας χρησιμοποιήθηκε και πάλι η υπηρεσία Places API της Google Maps Platform, και πιο συγκεκριμένα το *Text Search Request Service*, το οποίο είναι κατάλληλο στις περιπτώσεις ασαφών ή/και μερικώς εσφαλμένων εισόδων. Δέχεται ορισμένες παραμέτρους μέσω ενός url, και επιστρέφει τα σημεία ενδιαφέροντος που τις ικανοποιούν. Υποχρεωτικές παράμετροι αποτελούν η είσοδος του χρήστη, όπως φυσικά και το αναγνωριστικό. Η συγκεκριμένη υπηρεσία δίνει επίσης τη δυνατότητα για ορισμό ακτίνας, η οποία δεν επηρεάζει ούτε περιορίζει τον αριθμό των επιστρεφόμενων αποτελεσμάτων, αλλά επηρεάζει τη σειρά επιστροφής και τη βαρύτητα του καθενός, δίνοντας προτεραιότητα σε αυτά που βρίσκονται εντός αυτής, εάν φυσικά οριστεί και μια τοποθεσία που θα αποτελεί το κέντρο του κύκλου. Υπάρχουν και άλλες διαθέσιμες παράμετροι που μπορούν να οριστούν και να επηρεάσουν το επιστρεφόμενο σύνολο, τροποποιώντας τις προκαθορισμένες τιμές. Η επικοινωνία με τον διακομιστή της Google γίνεται με τη χρήση της τεχνολογίας Ajax, και μέσω του πιο κάτω url:

```
https://maps.googleapis.com/maps/api/place/textsearch/json?query=
USER_INPUT&location=USER_LOCATION&radius=RADIUS&key=KEY
```

Με πλάγιους χαρακτήρες είναι το σταθερό μέρος του url, με το *textsearch* να υποδηλώνει ότι πρόκειται για τη συγκεκριμένη υπηρεσία. Με έντονα γράμματα είναι οι πέντε παράμετροι που ορίζονται στο πλαίσιο του αιτήματος, έτσι ώστε να ανακτηθούν συγκεκριμένα αποτελέσματα σε συγκεκριμένη μορφή. Τύπος επιστροφής αποτελεσμάτων ορίστηκε η μορφή JSON, ενώ όσο αφορά την ακτίνα (*radius*) και κλειδί

(key), ορίστηκε μια καθορισμένη και συγκεκριμένη ακτίνα πενήντα χιλιάδων μέτρων και το αναγνωριστικό που εξασφαλίστηκε αντίστοιχα. Η συγκεκριμένη τιμή της ακτίνας είναι η μέγιστη δυνατή που μπορεί να οριστεί, και κρίθηκε σημαντικό να συμπεριληφθεί στο αίτημα, έτσι ώστε να αποκτούν προτεραιότητα οι επιλογές που βρίσκονται στην ευρεία περιοχή του χρήστη, έναντι άλλων μακρινότερων. Όσο αφορά τις υπόλοιπες δυο παραμέτρους, οι οποίες δεν είναι σταθερές αλλά εξαρτώμενες από τις ενέργειες του χρήστη, ως τοποθεσία (*location*) ορίζεται κάθε φορά η τρέχουσα τοποθεσία του, όπως αυτή ανακτάται από το GPS της συσκευής, ως ένα ζεύγος γεωγραφικών συντεταγμένων, γεωγραφικό πλάτος και μήκος, και ως ερώτημα (*query*), η είσοδος που δόθηκε μέσω της μπάρας αναζήτησης. Κάθε φορά λοιπόν που ο χρήστης αναζητεί βάσει μιας εισόδου, το πιο πάνω παραμετροποιημένο url τρέχει μέσω της εφαρμογής, και ζητούνται από το διακομιστή της Google τα σχετικά σημεία ενδιαφέροντος. Η απάντηση περιλαμβάνει τις πληροφορίες όλων των σημείων που ταιριάζουν με τις ορισμένες παραμέτρους. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν τέτοια σημεία, δηλαδή η απάντηση είναι κενή, ο χρήστης ενημερώνεται με σχετικό μήνυμα.

4.5.2.3 Παρουσίαση επιστρεφόμενων και υπολογιζόμενων πληροφοριών

Οι πληροφορίες που κρίθηκαν σημαντικές και παρουσιάζονται στην οθόνη είναι το όνομα και η διεύθυνση του σημείου, ενώ αξιοποιείται η τοποθεσία του, που σε συνδυασμό με την τοποθεσία του χρήστη, δίνει εκτίμηση για τη μεταξύ τους απόσταση, η οποία παρουσιάζεται επίσης. Συγκεκριμένα, με δεδομένα την ανακτώμενη μέσω GPS τοποθεσία του χρήστη, και την επιστρεφόμενη τοποθεσία του κάθε σημείου, υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ τους, με τη χρήση της εφαρμογής σε Java του τύπου του Haversine, παρουσιάζεται στην οθόνη ως πληροφορία, και στη συνέχεια, ταξινομούνται τα σημεία ενδιαφέροντος βάσει αυτής, σε αύξουσα σειρά, έτσι ώστε ο χρήστης να βλέπει τις επιστρεφόμενες και διαθέσιμες επιλογές, αρχίζοντας από την κοντινότερη. Η τοποθεσία του σημείου χρησιμοποιείται επίσης και για την προβολή του στους χάρτες της Google, στους οποίους και περνιέται ως παράμετρος για να μπορεί να εντοπιστεί και φορτωθεί. Εννοείται πως όλα τα επιστρεφόμενα αλλά και υπολογιζόμενα δεδομένα που παρουσιάζονται στην οθόνη, τυγχάνουν της κατάλληλης επεξεργασίας και μορφοποιούνται δυναμικά, στη βάση των κανόνων σχεδίασης που έχουν τεθεί.

Από τη στιγμή που η συγκεκριμένη λειτουργία απαιτεί επικοινωνία με διακομιστή μέσω διαδικτύου, και χρήση του GPS για ανάκτηση τοποθεσίας, η σύνδεση στο διαδίκτυο και η ενεργοποίηση του GPS είναι απαραίτητα.

4.5.3 Explore UCY

Η λειτουργία Explore UCY προσφέρει υπηρεσίες πλοήγησης για το Π.Κ., αποτελώντας τον ξεναγό του κάθε χρήστη του χώρου. Συγκεκριμένα, μέσω μπάρας αναζήτησης που παρέχει δυναμικά προσαρμοσμένες προτεινόμενες επιλογές, οι χρήστες μπορούν να αναζητήσουν βάσει ονόματος ή αριθμού (αναλόγως τύπου), σημεία ενδιαφέροντος της Πανεπιστημιούπολης, όπως καφετέριες, τράπεζες, αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία προσωπικού κ.λπ. Για κάθε σημείο που επιλέγεται, παρουσιάζονται οι εξής πληροφορίες: όνομα, τύπος, εσωτερική διεύθυνση (αριθμός και κτήριο εντός του Π.Κ.), και απόσταση από τον χρήστη, ενώ αναλόγως τύπου, δίνονται ορισμένες επιπλέον πληροφορίες ανάμεσα σε ωράριο λειτουργίας, λίστα μαθημάτων και αριθμό τηλεφώνου. Τέλος, ο χρήστης μπορεί να τοποθετήσει το κάθε σημείο στο Google Maps, και φυσικά να πλοηγηθεί προς αυτό με τα πόδια.

4.5.3.1 Αναζήτηση σημείου ενδιαφέροντος

Όλα τα σημεία ενδιαφέροντος της Πανεπιστημιούπολης, μπορούν να αναζητηθούν και επιλεγούν μέσω μιας μπάρας αναζήτησης, η οποία επιτρέπει δυναμικό φιλτράρισμα και κατ' επέκταση, συνεχή παροχή δυναμικά προσαρμοσμένων προτεινόμενων επιλογών βάσει αυτής. Το σύνολο όλων των διαθέσιμων σημείων ενδιαφέροντος του Π.Κ., βρίσκεται καταχωρισμένο σε μια βάση δεδομένων (*database*)⁴⁴, από την οποία και ανακτάται κάθε φορά που ο χρήστης χρησιμοποιεί τη συγκεκριμένη υπό-λειτουργία. Πιο συγκεκριμένα, ενοικιάστηκε χώρος στους διακομιστές της Top.Host⁴⁵ και δημιουργήθηκε η σχετική βάση, στην οποία κρατούνται οι διάφορες πληροφορίες του κάθε σημείου ενδιαφέροντος. Η δομή είναι πολύ απλή, αποτελείται από έναν πίνακα, και έχει ως εξής:

⁴⁴ Εφεξής βάση δεδομένων ή βάση.

⁴⁵ Ελληνική εταιρεία υπηρεσιών φιλοξενίας.

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra
☐ 1	id 🔑	int(11)			No	None		AUTO_INCREMENT
☐ 2	title	varchar(100)	utf8_general_ci		No	None		
☒ 3	lat	double			No	None		
☐ 4	lon	double			No	None		
☐ 5	type	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None		
☐ 6	desc	varchar(150)	utf8_general_ci		No	None		
☐ 7	phone	varchar(20)	utf8_general_ci		Yes	NULL		
☐ 8	lecturesList	varchar(1000)	utf8_general_ci		Yes	NULL		
☐ 9	openingHours	varchar(1000)	utf8_general_ci		Yes	NULL		

Εικόνα 4.1: Το σχήμα του πίνακα της βάσης δεδομένων της εφαρμογής.

Κάθε σημείο ενδιαφέροντος καταχωρίζεται σε μια εγγραφή του πίνακα και έχει τα εξής πεδία: μοναδικό αναγνωριστικό (*id*), όνομα (*title*), γεωγραφικές συντεταγμένες (*lat,lon*), τύπος (*type*), περιγραφή - τοποθεσία (*desc*), τηλέφωνο (*phone*), λίστα μαθημάτων (*lecturesList*), και ωράριο λειτουργίας (*openingHours*). Να σημειωθεί ότι για κάθε σημείο ορίζονται υποχρεωτικά τιμές σε όλα τα πιο πάνω πεδία, εκτός σε αυτά του τηλεφώνου, της λίστας μαθημάτων και του ωραρίου, των οποίων η συμπλήρωση είναι προαιρετική και εξαρτώμενη από τον τύπο του σημείου, αφού για ορισμένους τύπους τα πεδία αυτά δεν έχουν νόημα. Για την υλοποίηση των προτεινόμενων επιλογών κατά την αναζήτηση, αποθηκεύονται σε δυο τοπικούς πίνακες δεδομένων, αφού προσκομιστούν από τη βάση μέσω ενός απλού ερωτήματος (*SQL query*) και με τη χρήση της βιβλιοθήκης Volley⁴⁶, το όνομα και ο τύπος όλων των σημείων που είναι καταχωρισμένα σε αυτήν, και συγκεκριμένα στον πίνακα *table_name*. Το ερώτημα έχει ως εξής:

```
SELECT title,type FROM TABLE_NAME
```

Οι προτεινόμενες επιλογές παρουσιάζονται με τη χρήση μιας λίστας, για τη μορφοποίηση της οποίας χρησιμοποιείται μια ειδικά διαμορφωμένη και στατικά ορισμένη σε xml κώδικα γραμμή, η οποία ενσωματώνει δυο πεδία κειμένου, και στην οποία δυναμικά φορτώνεται το όνομα και ο τύπος του κάθε σημείου. Αναλόγως της εισόδου του χρήστη, ανά πάσα χρονική στιγμή και δυναμικά, η λίστα φιλτράρεται, έτσι ώστε να παρουσιάζονται ως προτεινόμενες επιλογές, μόνο όσα σημεία σχετίζονται με την είσοδο,

⁴⁶ Βιβλιοθήκη HTTP που επιτρέπει στις εφαρμογές Android να επικοινωνούν γρήγορα και εύκολα μέσω διαδικτύου.

δηλαδή την περιέχουν. Στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει είσοδος χρήστη και η μπάρα αναζήτησης είναι κενή, καμία προτεινόμενη επιλογή δεν εμφανίζεται.

4.5.3.2 Προσκόμιση σημείου ενδιαφέροντος

Με την επιλογή οποιουδήποτε σημείου ενδιαφέροντος από το χρήστη, προσκομίζονται όλες οι πληροφορίες που το αφορούν και είναι καταχωρισμένες στη βάση. Για την προσκόμιση των δεδομένων, εκτελείται ακόμη ένα ερώτημα προς τον διακομιστή, με χρήση της βιβλιοθήκης Volley, με το οποίο ζητούνται οι τιμές όλων των πεδίων της εγγραφής του. Το ερώτημα έχει ως εξής:

```
SELECT * FROM TABLE_NAME WHERE title = TITLE
```

Η δήλωση *where* προσδιορίζει την επιστρεφόμενη εγγραφή, ενώ η χρήση του αστερίσκου (*) επιστρέφει όλα τα πεδία αυτής. Τα δεδομένα επιστρέφονται σε JSON μορφή.

4.5.3.3 Παρουσίαση επιστρεφόμενων και υπολογιζόμενων πληροφοριών

Οι πληροφορίες που κρίθηκαν σημαντικές και παρουσιάζονται στην οθόνη είναι το όνομα και η διεύθυνση του σημείου, ενώ αξιοποιείται η τοποθεσία του, που σε συνδυασμό με την τοποθεσία του χρήστη, δίνει εκτίμηση για τη μεταξύ τους απόσταση, η οποία παρουσιάζεται επίσης. Συγκεκριμένα, με δεδομένα την ανακτώμενη μέσω GPS τοποθεσία του χρήστη, και την επιστρεφόμενη τοποθεσία του σημείου, υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ τους, με τη χρήση της εφαρμογής σε Java του τύπου του Haversine και παρουσιάζεται στην οθόνη ως πληροφορία. Αναλόγως του τύπου του σημείου, μπορεί να υπάρξει περαιτέρω πληροφόρηση για αριθμό τηλεφώνου, ωράριο λειτουργίας, και λίστα μαθημάτων. Η τοποθεσία του σημείου χρησιμοποιείται επίσης για την προβολή του στους χάρτες της Google, στους οποίους και περνιέται ως παράμετρος για να μπορεί να εντοπιστεί και φορτωθεί. Εννοείται πως όλα τα επιστρεφόμενα αλλά και υπολογιζόμενα δεδομένα που παρουσιάζονται στην οθόνη, τυγχάνουν της κατάλληλης επεξεργασίας και μορφοποιούνται δυναμικά, στη βάση των κανόνων σχεδίασης που έχουν τεθεί.

4.5.3.4 Τηλεφωνικές κλήσεις

Στην περίπτωση όπου υπάρχει καταχωρισμένος και άρα επιστρέφεται ο αριθμός τηλεφώνου ενός σημείου ενδιαφέροντος, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να τον καλέσει απευθείας μέσω της εφαρμογής. Αφού ζητηθεί και αποκτηθεί η άδεια εκτέλεσης και διαχείρισης τηλεφωνικών κλήσεων, ο αριθμός στέλνεται στην κατάλληλη διεργασία, υπεύθυνη για τις κλήσεις, της κινητής συσκευής, και η κλήση πραγματοποιείται.

Από τη στιγμή που η συγκεκριμένη λειτουργία απαιτεί επικοινωνία με διακομιστή μέσω διαδικτύου, και χρήση του GPS για ανάκτηση τοποθεσίας, η σύνδεση στο διαδίκτυο και η ενεργοποίηση του GPS είναι απαραίτητα.

4.5.4 Πλοήγηση

Η δυνατότητα της πλοήγησης υλοποιείται ως συνάρτηση δύο υπό-λειτουργιών. Αρχικά, ζητούνται και επιστρέφονται οι οδηγίες πλοήγησης όπως και οι διάφορες απαραίτητες πληροφορίες, και στη συνέχεια, αυτές απεικονίζονται στην οθόνη του χρήστη με τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι να δοθούν οι τοποθεσίες του χρήστη και του τελικού προορισμού, όπως και το μεταφορικό μέσο, έτσι ώστε να ζητηθεί η κατάλληλη διαδρομή που θα συνδέει όσο πιο αποδοτικά, και σύμφωνα με τις εκάστοτε επιλογές χρήστη και συνθήκες δρόμου, τις δυο τοποθεσίες.

4.5.4.1 Προσκόμιση διαδρομής και πληροφοριών προόδου

Η εντολή για προσκόμιση οδηγιών διαδρομής, δίνεται μέσω της οθόνης αφής από τον χρήστη, η οποία συνοδεύεται με την επιλογή του μεταφορικού μέσου. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του χρήστη, όπως αυτές ανακτώνται μέσω GPS, οι γεωγραφικές συντεταγμένες του επιλεγόμενου προορισμού, όπως αυτές επιστρέφονται, ο τύπος πλοήγησης, που αποτελεί το μεταφορικό μέσο που επιλέγεται, και το αναγνωριστικό της Mapbox που εξασφαλίστηκε, συνθέτουν τις τέσσερις απαραίτητες παραμέτρους που δίνονται στη κλάση `NavigationRoute.builder` της Mapbox [39], η οποία και είναι υπεύθυνη να προσκομίσει τη διαδρομή, με τη χρήση του Mapbox's Navigation SDK [40].

Η διαδρομή επιστρέφεται από το διακομιστή της Mapbox στη μορφή GeoJSON⁴⁷, και περιλαμβάνει μεταξύ άλλων, τις συντεταγμένες όλων των σημείων που συνδέουν αφετηρία και προορισμό, αλλά και οδηγίες σε μορφή κειμένου, στροφή προς στροφή (*text for turn-by-turn instructions*). Τα σημεία αυτά, που ορίζονται ως ένα ζεύγος τιμών γεωγραφικού μήκους και πλάτους, αποτελούν τις θέσεις στις οποίες θα πρέπει ο χρήστης με τη σειρά να βρεθεί, έτσι ώστε να μεταβεί από την αφετηρία στον προορισμό του, ενώ οι οδηγίες δίνουν τη λεκτική επεξήγηση και καθοδήγηση. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι είναι πιθανό να μην επιστραφεί καμία διαδρομή, ή να επιστραφούν περισσότερες από μια διαφορετικές. Στην πρώτη περίπτωση, δεν ξεκινά η διαδικασία πλοήγησης και ο χρήστης ενημερώνεται με σχετικό μήνυμα. Όσο αφορά τη δεύτερη περίπτωση, οι διαδρομές επιστρέφονται ταξινομημένες σε αύξουσα σειρά διάρκειας, και επιλέγεται πάντα η πρώτη που είναι η πιο σύντομη και άρα η πιο επιθυμητή⁴⁸. Τα σημεία και το λεκτικό που συνθέτουν τη διαδρομή αποθηκεύονται σε λίστα (*array list*) τοπικά.

```
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.133304, longitude=33.406794), maneuverType=Depart)
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.142592, longitude=33.40477), maneuverType=Roundabout)
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.142898, longitude=33.405127), maneuverType=RoundaboutExit)
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.149224, longitude=33.410573), maneuverType=Roundabout)
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.149783, longitude=33.41096), maneuverType=RoundaboutExit)
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.153393, longitude=33.413129), maneuverType=Turn)
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.152958, longitude=33.408671), maneuverType=Turn)
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.151943, longitude=33.407958), maneuverType=Turn)
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.151738, longitude=33.408682), maneuverType=Turn)
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.151497, longitude=33.408556), maneuverType=Turn)
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.151559, longitude=33.408385), maneuverType=Turn)
RoutePoint(coordinate=GeoCoordinate(latitude=35.151508, longitude=33.408051), maneuverType=Arrive)
```

Εικόνα 4.2: Τα σημεία και οι οδηγίες μιας σύντομης διαδρομής.

Με την επιλογή της διαδρομής δημιουργείται και ένα αντικείμενο (*object*), το οποίο περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες προόδου αυτής, από τις οποίες κρίθηκαν σημαντικές και χρησιμοποιούνται η εναπομένονσα απόσταση και εναπομένονσα χρονική διάρκεια, μέχρι την άφιξη στον προορισμό. Για την αρχική προσκόμιση του συνόλου διαδρομών, είναι απαραίτητη μια επικοινωνία μέσω διαδικτύου με τον διακομιστή της Mapbox, και έτσι η σύνδεση στο διαδίκτυο είναι επιβεβλημένη. Ταυτόχρονα, λόγω του ότι για την

⁴⁷ Ανοικτό πρότυπο (*open standard*) που έχει σχεδιαστεί για την αναπαράσταση απλών γεωγραφικών χαρακτηριστικών, μαζί με τις μη χωρικές παραμέτρους τους. Βασίζεται στη μορφή JSON.

⁴⁸ Εφεξής, η αναφορά σε «διαδρομή» θα σημαίνει τη μοναδική επιστρεφόμενη διαδρομή, ή την πρώτη σύμφωνα με την ταξινόμηση, σε περίπτωση επιστροφής περισσότερων από μια. Η αναφορά σε «σύνολο διαδρομών», θα σημαίνει την επιστρεφόμενη διαδρομή ή όλες τις επιστρεφόμενες διαδρομές αντίστοιχα.

προσκόμιση είναι απαραίτητο να σταλεί η τοποθεσία του χρήστη, η οποία ανακτάται μέσω GPS, η λειτουργία του GPS χρειάζεται να είναι ενεργοποιημένη. Καθώς ο χρήστης κινείται προς τον προορισμό του, η διαδρομή φορτώνεται σταδιακά από την τοπική λίστα, και οι πληροφορίες προόδου ανανεώνονται δυναμικά, δηλαδή η εναπομένουσα διάρκεια και απόσταση μειώνονται. Πιο συγκεκριμένα, με δεδομένη και σταθερή την τοποθεσία προορισμού, και με την τοποθεσία του χρήστη να ζητείται και να επιστρέφεται συνεχώς, κάθε ένα δευτερόλεπτο με προτεραιότητα έναντι άλλων πιθανών διεργασιών, γίνεται κατορθωτή η ενημέρωση των πληροφοριών προόδου, και η προσαρμογή της φορτωθείσας διαδρομής, κάθε φορά στη βάση της νέας τοποθεσίας. Επαναυπολογίζεται δηλαδή συνεχώς η χρονική διάρκεια και απόσταση που απομένουν για την άφιξη στον προορισμό, με μια απλή σύγκριση της εκάστοτε τοποθεσίας του χρήστη, και προσαρμόζονται κατάλληλα οι οδηγίες πλοήγησης, χωρίς να χρειάζεται η οποιαδήποτε άλλη επικοινωνία με τον διακομιστή της Marbox. Ως εκ τούτου, μετά την αρχική φόρτωση, δεν απαιτείται, αν και συστήνεται, σύνδεση στο διαδίκτυο, απαιτείται όμως το ενεργοποιημένο GPS. Σε περίπτωση που ο χρήστης αποκλίνει από την προκαθορισμένη πορεία, τότε όπως είναι λογικό, χρειάζεται αναπροσαρμογή και επανασχεδιασμός της διαδρομής. Αυτό απαιτεί μια νέα επικοινωνία με τον διακομιστή της Marbox, στον οποίο και δίνεται η νέα τοποθεσία του χρήστη, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ένα νέο σύνολο διαδρομών, και να καταστεί δυνατή η στη βάση των νέων δεδομένων πλοήγηση προς τον προορισμό. Σε μια τέτοια περίπτωση λοιπόν, είναι απαραίτητη τόσο η σύνδεση στο διαδίκτυο, όσο και το ενεργοποιημένο GPS. Όταν η εναπομένουσα απόσταση γίνει μικρότερη των δέκα μέτρων, ο χρήστης ενημερώνεται με σχετικό μήνυμα ότι έχει αφιχθεί στην προορισμό του, χωρίς όμως να τερματίζεται υποχρεωτικά η πλοήγηση, καθώς σε περίπτωση που ο χρήστης τον προσπεράσει κατά λάθος, είναι σημαντικό να μπορεί να συνεχίσει να δέχεται οδηγίες προς αυτόν, στη βάση της δυναμικής αναπροσαρμογής. Η πλοήγηση σταματά μόνο μετά από ρητή εντολή του χρήστη.

4.5.4.2 Προσκόμιση άλλων χρήσιμων πληροφοριών

Στην περίπτωση της πλοήγησης μέσω αυτοκινήτου, προσκομίζονται και παρουσιάζονται ως επιπλέον πληροφορίες, το όριο ταχύτητας και το όνομα του κάθε δρόμου τον οποίο διασχίζει ο χρήστης κατά την οδήγηση. Αυτές οι πληροφορίες δρόμου γίνονται

διαθέσιμες μέσω της HERE⁴⁹ Restful πλατφόρμας και συγκεκριμένα μέσω του Geocoder Api, το οποίο χρησιμοποιείται μέσω ενός url. Η εκάστοτε τοποθεσία του χρήστη αποτελεί υποχρεωτική παράμετρο και δίνεται με σκοπό να προσδιοριστεί ο δρόμος στον οποίο κινείται ο χρήστης ανά πάσα χρονική στιγμή, έτσι ώστε να επιστραφούν οι αντίστοιχες πληροφορίες. Σημειώνεται ότι για τη χρήση των υπηρεσιών της HERE, απαιτείτο εγγραφή και απόκτηση αναγνωριστικού, το οποίο ήταν δωρεάν. Η επικοινωνία με τον διακομιστή της HERE γίνεται με τη χρήση της τεχνολογίας Ajax και μέσω του πιο κάτω url:

```
https://reverse.geocoder.api.here.com/6.2/reversegeocode.json?prox=USER_LOCATION,50&mode=retrieveAddresses&locationAttributes=linkInfo&gen=9&app_id=KEY;
```

Με πλάγιους χαρακτήρες είναι το σταθερό μέρος του url, με το *geocoder* να υποδηλώνει ότι πρόκειται για τη συγκεκριμένη υπηρεσία. Με έντονα γράμματα είναι οι παράμετροι που ορίζονται στο πλαίσιο του αιτήματος, έτσι ώστε να ανακτηθούν συγκεκριμένα αποτελέσματα σε συγκεκριμένη μορφή. Τύπος επιστροφής αποτελεσμάτων ορίστηκε η μορφή JSON, ενώ όσο αφορά την τοποθεσία (*prox*) και κλειδί (*app_id*), ορίζεται κάθε φορά η τρέχουσα τοποθεσία του χρήστη και το αναγνωριστικό που εξασφαλίστηκε αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες παράμετροι προσδιορίζουν τις ζητούμενες πληροφορίες και εξασφαλίζουν ότι θα προσκομιστούν, μεταξύ άλλων, το όνομα και το όριο ταχύτητας του δρόμου που αντιστοιχεί στις συντεταγμένες τοποθεσίας του χρήστη. Με τη χρήση του GPS ανακτάται κάθε τρία δευτερόλεπτα η τοποθεσία του χρήστη, και όσο αυτή αλλάζει συναρτήσει του χρόνου, δηλαδή όσο αυτός κινείται, εκτελείται το παραπάνω url, με την εκάστοτε τοποθεσία να δίνεται ως παράμετρος, προσδιορίζεται ο δρόμος, και επιστρέφεται το όνομα και το όριο ταχύτητας του. Κατά τα διαστήματα ακινησίας και αδράνειας του χρήστη, λόγω του ότι η τοποθεσία του παραμένει σταθερή, δεν εκτελείται το url και άρα δεν ζητούνται νέες πληροφορίες δρόμου.

Από τη στιγμή που η συγκεκριμένη υπό-λειτουργία απαιτεί επικοινωνία με διακομιστή μέσω διαδικτύου, και χρήση του GPS για ανάκτηση τοποθεσίας, η σύνδεση στο διαδίκτυο και η ενεργοποίηση του GPS είναι απαραίτητα.

⁴⁹ Ολλανδική εταιρεία που παρέχει δεδομένα χαρτογράφησης και τοποθεσίας και συναφείς υπηρεσίες.

4.5.4.3 Παρουσίαση πληροφοριών στην οθόνη του χρήστη

Είναι στο σημείο αυτό ξεκάθαρο ότι οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στην οθόνη του χρήστη κατά την πλοήγηση, αφορούν την εναπομένουσα απόσταση και διάρκεια ταξιδιού, ανεξαρτήτως μεταφορικού μέσου, όπως και το όνομα σε συνδυασμό με το όριο ταχύτητας του δρόμου, στις περιπτώσεις οδήγησης. Όλες αυτές οι πληροφορίες αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, και συναρτήσει των ενεργειών του χρήστη, και ως εκ τούτου, πέραν από ακριβείς και έγκυρες, είναι απαραίτητο να είναι συνεχώς ενημερωμένες. Η ακρίβεια και η εγκυρότητα εξαρτώνται αποκλειστικά από τους μηχανισμούς ανάκτησης που χρησιμοποιούνται, από την ποιότητα δηλαδή των δωρεάν υπηρεσιών της Mapbox και HERE. Η συχνότητα ενημέρωσης αποφασίζεται και καθορίζεται στη βάση της λογικής ότι ο χρήστης κινείται και άρα απαιτείται συνεχής ανανέωση, αλλά λαμβάνοντας επίσης υπόψη το διαπιστωθέν μέσω δοκιμών γεγονός, ότι ανά πάσα χρονική στιγμή, είναι αποδοτικότερο να μην επιχειρείται ενημέρωση πέραν του ενός στοιχείου της οθόνης, καθώς σε αντίθετη περίπτωση, επηρεάζεται αρνητικά η καθολική ενημέρωση της διεπαφής, με συνεπακόλουθο την προβληματική και ασυνεπή ενημέρωση των πληροφοριών που απεικονίζει. Στο πιο πάνω πλαίσιο, για την ανανέωση των πληροφοριών στην οθόνη του χρήστη, αποφασίστηκαν και ισχύουν τα πιο κάτω:

α. Το όριο ταχύτητας και η ονομασία του δρόμου ανανεώνονται μόνο στην περίπτωση κατά την οποία η τιμή τους έχει αλλάξει, αλλά με ελάχιστο χρόνο μεταξύ δύο ανανεώσεων να έχουν καθοριστεί τα τρία δευτερόλεπτα. Αυτό επιτρέπει στις πληροφορίες να είναι πάντα ενημερωμένες, ενώ η πρόνοια ελέγχου των τριών δευτερολέπτων διασφαλίζει ότι σε περίπτωση συνεχόμενων αλλαγών, είτε λόγω λανθασμένης επιστροφής δεδομένων, είτε λόγω των ενεργειών του χρήστη κατά την οδήγηση, δεν θα προκληθεί συμφόρηση στο UI.

β. Η εναπομένουσα διάρκεια ανανεώνεται κάθε τριάντα δευτερόλεπτα ενώ η εναπομένουσα απόσταση κάθε δέκα. Δεν κρίθηκε πως υπάρχει ανάγκη για συχνότερες ανανεώσεις, καθώς η φύση των πληροφοριών είναι τέτοια που επιτρέπει χαμηλότερη ακρίβεια και συνέπεια, με σκοπό τον περιορισμό των επεμβάσεων στο UI και τη μεγιστοποίηση της συνολικής απόδοσης.

Όσο αφορά την επεξεργασία που δέχονται τα δεδομένα, της μορφοποίησης και του καλλωπισμού προηγείται η μετατροπή στους σε αξιοποιήσιμα και παρουσιάσιμα στοιχεία. Ο χρόνος επιστρέφεται σε δευτερόλεπτα και αποκτά πιο αναγνώσιμη και

εύχρηστη μορφή ωρών και λεπτών. Παρομοίως, η απόσταση επιστρέφεται σε μέτρα και μετατρέπεται σε χιλιόμετρα και μέτρα, ενώ τέλος, η επιστρεφόμενη κατηγορία ταχύτητας (όριο ταχύτητας), μετατρέπεται στο αντίστοιχο σήμα του κώδικα οδικής κυκλοφορίας, με τα οποία οι χρήστες είναι πλήρως εξοικειωμένοι. Τέλος, μέσω banner παρουσιάζονται οι οδηγίες πλοήγησης σε μορφή κειμένου, στροφή προς στροφή, δίνοντας πρόσβαση στο χρήστη σε διαφορετικού τύπου ταυτόχρονη πληροφόρηση και πλοήγηση.

4.5.4.4 Απεικόνιση οδηγιών πλοήγησης με επαυξημένη πραγματικότητα

Επιτυγχάνεται με τη χρήση του εργαλείου Vision SDK της Marbox, που είναι υπεύθυνο για την υλοποίηση της επαυξημένης πραγματικότητας, και όλων των προσφερόμενων σχετικών λειτουργιών. Αναφέρονται τα δύο εκ των τεσσάρων συστατικών από τα οποία αποτελείται, τα οποία έχουν ενσωματωθεί και συμβάλουν στην όλη υλοποίηση [41].

4.5.4.4.1 Vision Manager

Ο Vision Manager είναι απαραίτητος για την ενσωμάτωση και χρησιμοποίηση οποιουδήποτε άλλου συστατικού του Vision SDK της Marbox. Επιτρέπει μεταξύ άλλων την προσαρμόσιμη εμπειρία πλοήγησης επαυξημένης πραγματικότητας, τη διαμόρφωση της κάμερας, την ταξινόμηση και την εμφάνιση ρυθμιστικών και προειδοποιητικών σημείων, ειδοποιήσεων οδηγού για κοντινά οχήματα, ποδηλάτες και πεζούς και πολλά άλλα. Παρόλο που η παρούσα υλοποίηση δεν χρησιμοποιεί όλες τις υπηρεσίες που προσφέρει, η ενσωμάτωση του επιτρέπει τη χρήση του Vision AR View. Ο Vision Manager δημιουργείται, ξεκινά, σταματά και καταστρέφεται, για κάθε ξεχωριστή εκτέλεση διαδρομής που επιλέγει ο χρήστης [42].

4.5.4.4.2 Vision AR View

Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία προσαρμόσιμων εμπειριών επαυξημένης πραγματικότητας. Επιτρέπει τη διαμόρφωση της οπτικοποίησης (*visualization*) της διαδρομής του χρήστη, και ασχολείται με το υλικό (σκιάσεις, υφές), τη γεωμετρία, τα προσαρμοσμένα αντικείμενα κ.λπ. Στο πλαίσιο της παρούσας υλοποίησης, το Vision AR View, με τη συμβολή του Vision AR Manager, ο οποίος δέχεται τις επιστρεφόμενες οδηγίες πλοήγησης όπως αυτές προσκομίζονται από το διακομιστή της Marbox,

σχεδιάζει τη διαδρομή επάνω στον πραγματικό κόσμο του χρήστη, απεικονίζοντας τα σχετικά βέλη που την ορίζουν. Πιο συγκεκριμένα, ο Vision AR Manager δημιουργείται και καταστρέφεται σε κάθε διαφορετική εκτέλεση, ενώ ενδιάμεσα ενσωματώνεται στο Vision AR View, το οποίο στο τέλος προχωρά με την επαύξηση και απεικόνιση. Όσο αφορά την καλαισθησία και την οπτική επιλογή καλλωπισμού των οδηγίων πλοήγησης, τα αντικείμενα που απεικονίζονται τυγχάνουν της κατάλληλης σχεδιαστικής μορφοποίησης μέσω της ArCustomizationActivity κλάσης της Mapbox, όπου επιλέγονται και καθορίζονται μεταξύ άλλων τα χρώματα, τα μεγέθη και οι μορφές [43] [44].

4.5.5 Έλεγχος σύνδεσης στο διαδίκτυο και ενεργοποίησης GPS

Για τη λειτουργία και την παροχή υπηρεσιών της εφαρμογής είναι απαραίτητη η σύνδεση στο διαδίκτυο και η ενεργοποίηση του GPS. Σε περίπτωση που μια εκ των δύο ή και οι δυο προϋποθέσεις λειτουργίας δεν ισχύουν, η εφαρμογή αδυνατεί να επιτελέσει το έργο της, και ως εκ τούτου, ο χρήστης πρέπει να ενημερώνεται κατάλληλα, ώστε να γνωρίζει το λόγο για τον οποίο το σύστημα δεν λειτουργεί όπως θα ανέμενε, ενώ ταυτόχρονα, είναι πολύ σημαντικό να του γνωστοποιούνται οι ενέργειες στις οποίες μπορεί να προβεί προς επίλυση του ζητήματος. Προς αυτή τη κατεύθυνση λοιπόν, σε περίπτωση που κατά την εκτέλεση οποιασδήποτε λειτουργίας, διαπιστωθεί πως η συσκευή είναι εκτός σύνδεσης ή/και με απενεργοποιημένο το GPS, παρουσιάζεται σχετικό μήνυμα ενημέρωσης στον χρήστη, όπως και προτεινόμενες ενέργειες. Ο έλεγχος υλοποιείται με μεθόδους που καλούνται προτού τρέξει ο κώδικας της εκάστοτε λειτουργίας, οι οποίες αφού ελέγξουν τη συνδεσιμότητα και την κατάσταση GPS, επιστρέφουν επιτυχία ή αποτυχία αναλόγως. Σε περίπτωση επιτυχίας, ο κώδικας της λειτουργίας εκτελείται κανονικά, αλλιώς η ροή εκτέλεσης σταματά, και εμφανίζεται το κατάλληλο μήνυμα προς τον χρήστη.

4.6 Δοκιμές και έλεγχος

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας ανάπτυξης, το οποίο βέβαια συνυπήρχε και συνέτρεχε με όλα τα προηγούμενα, ήταν αυτό των δοκιμών και ελέγχου. Για την πραγματοποίησή τους χρησιμοποιήθηκε Android συσκευή στην οποία έτρεχε κάθε φορά η εφαρμογή, για να ελεγχθούν και δοκιμαστούν όλα όσα υλοποιούνταν, ξεκινώντας από τον έλεγχο μικρών συναρτήσεων και υπό-λειτουργιών, και καταλήγοντας σε ελέγχους

ολόκληρων σεναρίων χρήσης, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις δοκίμαζαν την εφαρμογή σε ακραίες και οριακές καταστάσεις, έτσι ώστε να εντοπιστούν πιθανά σφάλματα και μη-αναμενόμενες συμπεριφορές. Πέραν από την αποσφαλμάτωση, μέσα από τις δοκιμές προκύπταν ιδέες για βελτιώσεις και αναβαθμίσεις, οι οποίες σταδιακά διαμόρφωσαν το αποτέλεσμα που παρουσιάζεται. Πολλές φορές ήταν απαραίτητη η μετάβαση σε εξωτερικούς χώρους για επιτόπου δοκιμές της λειτουργίας της πλοήγησης, όπου ελέγχονταν οι επιστρεφόμενες οδηγίες τόσο κατά την οδήγηση, όσο και κατά την με τα πόδια περιήγηση.

Κεφάλαιο 5

Παρουσίαση εφαρμογής και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

5.1 Εισαγωγική και αρχική οθόνη.....	69
5.2 Άδειες χρήσης	70
5.3 Λειτουργία Nearby Places.....	70
5.4 Λειτουργία Find a Place.....	72
5.5 Λειτουργία Explore UCY.....	73
5.6 Λειτουργία πλοήγησης με επαυξημένη πραγματικότητα.....	75
5.7 Μηνύματα ενημέρωσης χρήστη	76
5.8 Αξιολόγηση	77

5.1 Εισαγωγική και αρχική οθόνη

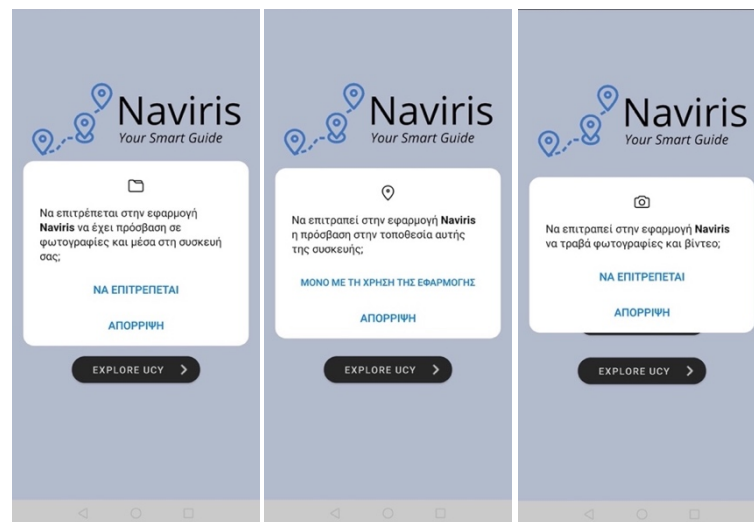
Κατά την έναρξη εμφανίζεται η εισαγωγική οθόνη με το λογότυπό της εφαρμογής, το οποίο εμφανίζεται με κίνηση (*animation*) και παραμένει για δυο δευτερόλεπτα, και στη συνέχεια ο χρήστης μεταφέρεται στην αρχική οθόνη, μέσω της οποίας μπορεί να επιλέξει τη λειτουργία και την παροχή υπηρεσιών που επιθυμεί. Η εισαγωγική οθόνη δεν προσφέρει κάποια λειτουργικότητα, απλώς έχει προστεθεί για να συνεισφέρει σχεδιαστικά.



Εικόνα 5.1: Εισαγωγική και αρχική οθόνη της εφαρμογής Naviris.

5.2 Άδειες χρήσης

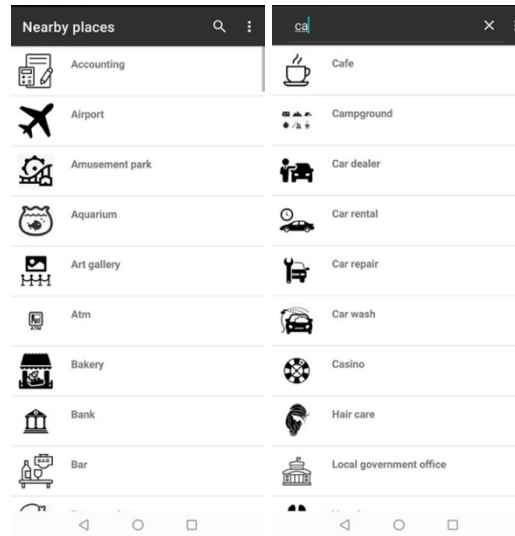
Με τη μεταφορά του χρήστη στην αρχική οθόνη, αυτός καλείται να δώσει τις απαιτούμενες άδειες χρήσης. Συγκεκριμένα, ζητείται έγκριση για χρήση της τοποθεσίας και της κάμερας της συσκευής του, αλλά και για πρόσβαση σε φωτογραφίες, πολυμέσα και σε άλλους φακέλους και πληροφορίες της συσκευής. Σε περίπτωση άρνησης του χρήστη να παραχωρήσει τις άδειες αυτές, καμία λειτουργία δεν μπορεί να εκτελείται, και ως εκ τούτου το αίτημα θα επαναλαμβάνεται, έως ότου ο χρήστης δώσει έγκριση ή δώσει εντολή να μην ρωτηθεί ξανά. Η εφαρμογή χωρίς τις τρεις αυτές εγκρίσεις δεν είναι αξιοποιήσιμη.



Εικόνα 5.2: Αιτήματα για άδεια χρήσης προς τον χρήστη.

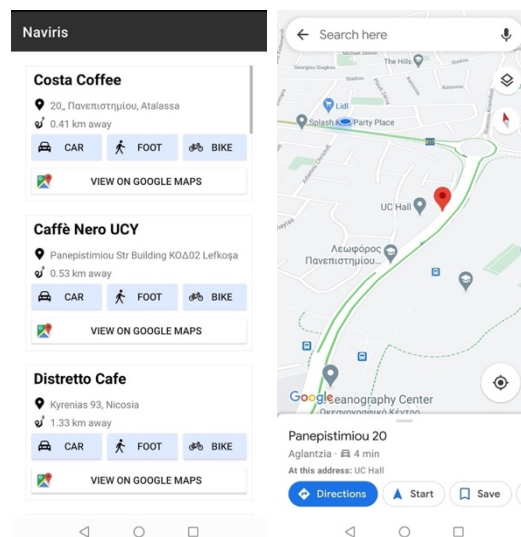
5.3 Λειτουργία Nearby Places

Στην περίπτωση όπου ο χρήστης επιλέξει τη λειτουργία Nearby Places, μεταφέρεται στην οθόνη αναζήτησης και επιλογής κατηγορίας σημείου ενδιαφέροντος. Αρχικά υπάρχουν σε μορφή λίστας όλες οι διαθέσιμες κατηγορίες, ενώ κατά την πληκτρολόγηση χαρακτήρων στη μπάρα αναζήτησης, η λίστα αυτή προσαρμόζεται δυναμικά και παρουσιάζει ένα υποσύνολο των κατηγοριών, εκτελώντας στην ουσία φιλτράρισμα των επιλογών στη βάση της εκάστοτε εισόδου του χρήστη.



Εικόνα 5.3: Αναζήτηση κατηγορίας σημείου ενδιαφέροντος με χρήση μπάρας αναζήτησης και φιλτραρίσματος.

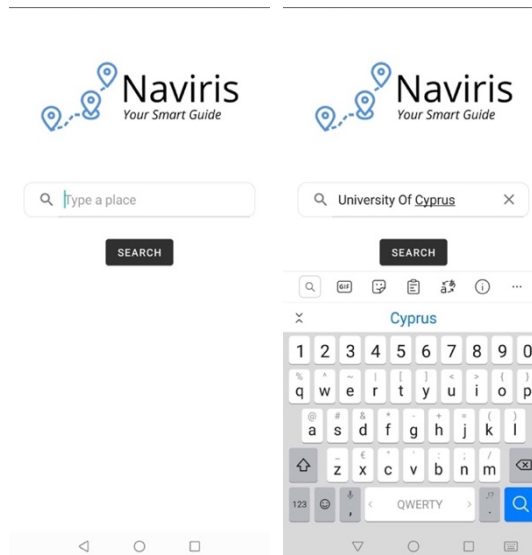
Με την επιλογή οποιασδήποτε κατηγορίας, φορτώνονται σε αύξουσα σειρά απόστασης, όλα τα κοντινά σημεία ενδιαφέροντος που εμπίπτουν σε αυτήν. Ο χρήστης μπορεί για κάθε επιστρεφόμενο σημείο να δει το όνομα, τη διεύθυνση, και την απόσταση από την εκάστοτε του τοποθεσία, και φυσικά να επιλέξει να πλοηγηθεί προς αυτό, με το αυτοκίνητο, τα πόδια ή το ποδήλατο, όπως και να το τοποθετήσει στους χάρτες της Google για περαιτέρω ενέργειες και πληροφορίες.



Εικόνα 5.4: Επιλογή της κατηγορίας Cafe και παρουσίαση των πλησιέστερων καφετεριών σε αύξουσα σειρά απόστασης.
Επιλογή για την καφετέρια Costa Coffee για View on Google Maps.

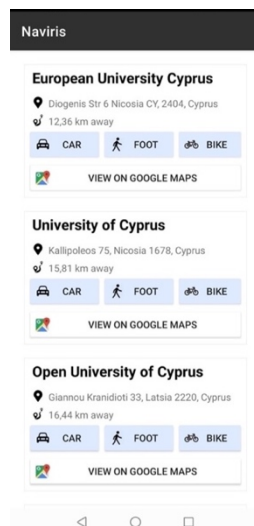
5.4 Λειτουργία Find a Place

Στην περίπτωση όπου ο χρήστης επιλέξει τη λειτουργία Find a Place, μεταφέρεται στην οθόνη αναζήτησης συγκεκριμένου σημείου ενδιαφέροντος. Μπορεί να πληκτρολογήσει και να δώσει ως είσοδο στη μπάρα αναζήτησης ένα όνομα, μια συγκεκριμένη διεύθυνση, μια περιοχή, ένα τηλέφωνο, τον τύπο του σημείου που ψάχνει κ.λπ.



Εικόνα 5.5: Αναζήτηση σημείου ενδιαφέροντος μέσω μπάρας αναζήτησης.

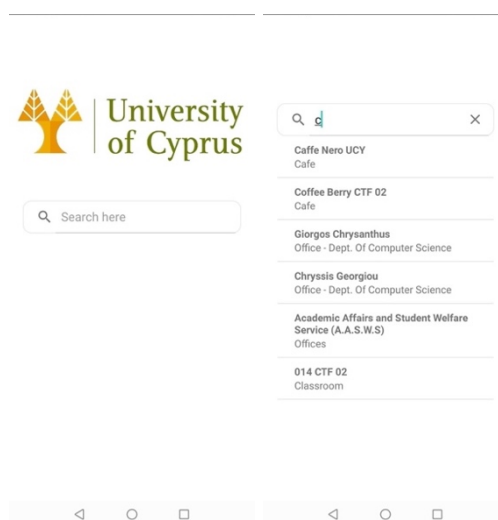
Με την επιλογή για αναζήτηση, το σύστημα προσκομίζει όλα τα σχετικά σημεία ενδιαφέροντος, δηλαδή κάθε σημείο που ταιριάζει καθ' οποιονδήποτε τρόπο με το ερώτημα, σε αύξουσα σειρά απόστασης. Ο χρήστης μπορεί για κάθε επιστρεφόμενο σημείο να δει το όνομα, τη διεύθυνση, και την απόσταση από την εκάστοτε του τοποθεσία, και φυσικά να επιλέξει να πλοηγηθεί προς αυτό, με το αυτοκίνητο, τα πόδια ή το ποδήλατο, όπως και να το τοποθετήσει στους χάρτες της Google για περαιτέρω ενέργειες και πληροφορίες.



Εικόνα 5.6: Αποτελέσματα αναζήτησης με είσοδο University of Cyprus σε αύξουσα σειρά απόστασης.

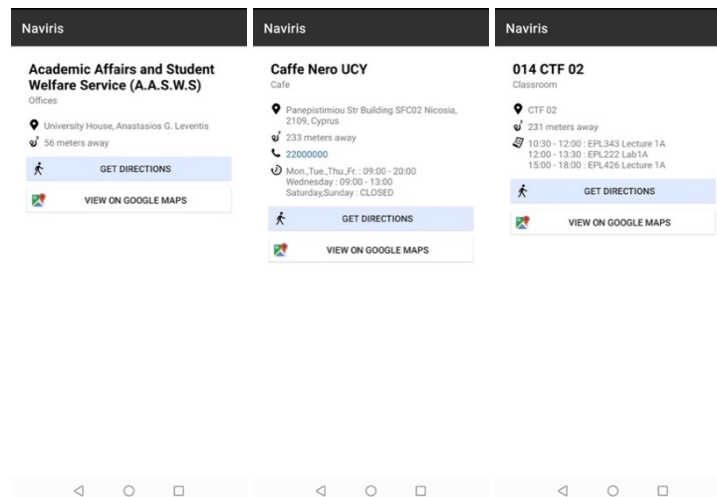
5.5 Λειτουργία Explore UCY

Στην περίπτωση όπου ο χρήστης επιλέξει τη λειτουργία Explore UCY, μεταφέρεται στην οθόνη αναζήτησης συγκεκριμένου σημείου ενδιαφέροντος εντός της Πανεπιστημιούπολης. Η αναζήτηση στη συγκεκριμένη λειτουργία γίνεται βάσει ονόματος ή αριθμού, και κατά την πληκτρολόγηση παρουσιάζονται στον χρήστη επιλογές που ταιριάζουν με την εκάστοτε του είσοδο.



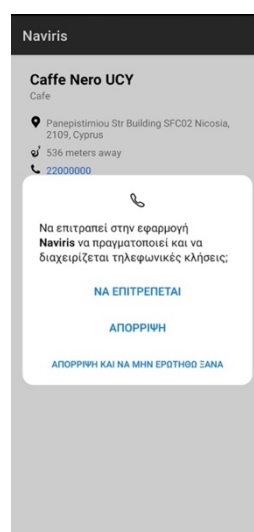
Εικόνα 5.7: Αναζήτηση σημείου ενδιαφέροντος με χρήση μπάρας αναζήτησης και προτεινόμενων επιλογών.

Με την επιλογή οποιουδήποτε σημείου, φορτώνονται στην οθόνη όλες οι καταχωρισμένες πληροφορίες που το αφορούν, δηλαδή όνομα, τύπος, τοποθεσία και απόσταση από τον χρήστη, αλλά και τηλέφωνο, ωράριο λειτουργίας και λίστα μαθημάτων, αναλόγως του τύπου του σημείου. Δίνεται ταυτόχρονα και εδώ η δυνατότητα για τοποθέτηση του στους χάρτες της Google, και πλοήγηση με τα πόδια προς αυτό.



Εικόνα 5.8: Παρουσίαση πληροφοριών και δυνατότητες ενεργειών για σημεία ενδιαφέροντος εντός της Πανεπιστημιούπολης.

Σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί να πραγματοποιήσει οποιαδήποτε τηλεφωνική κλήση μέσω της εφαρμογής, ζητείται η σχετική έγκριση.



Εικόνα 5.9: Αίτημα για άδεια χρήσης προς τον χρήστη.

5.6 Λειτουργία πλοήγησης με επαυξημένη πραγματικότητα

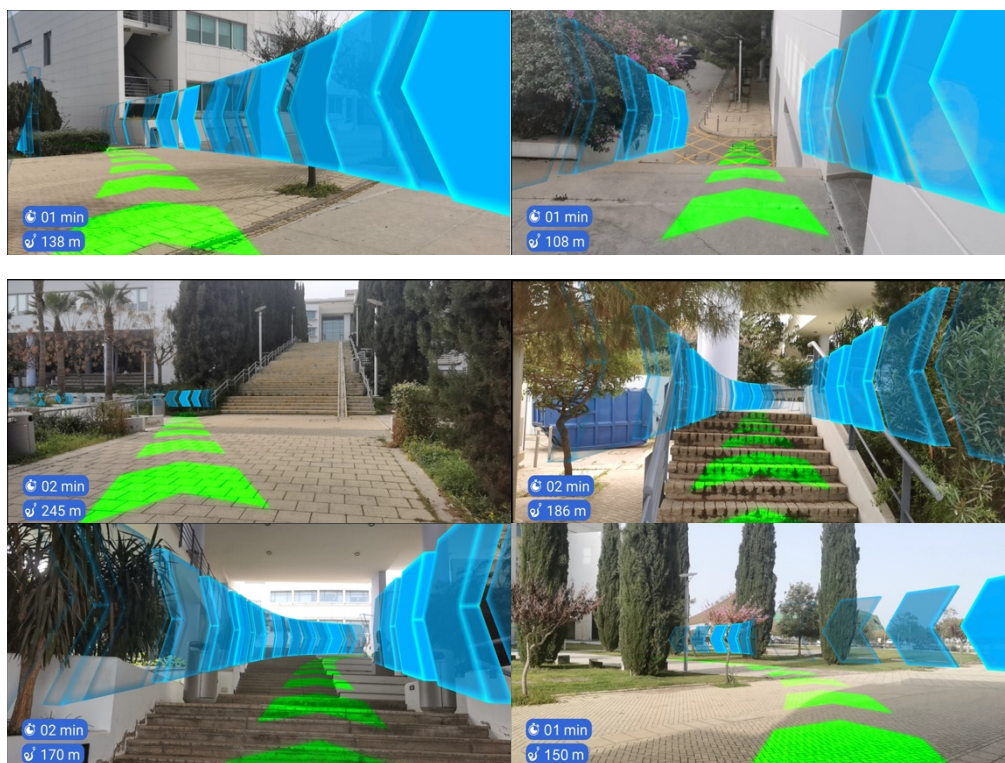
Μέσω των τριών προαναφερόμενων λειτουργιών, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να πλοηγηθεί προς το σημείο ενδιαφέροντος που επιθυμεί, χρησιμοποιώντας αυτοκίνητο, ποδήλατο ή τα πόδια.

Στην περίπτωση επιλογής πλοήγησης με το αυτοκίνητο, ενεργοποιείται η κάμερα της συσκευής και απεικονίζεται η διαδρομή με πράσινα και μπλε βέλη, ενώ ταυτόχρονα ο χρήστης ενημερώνεται για την εναπομένουσα απόσταση και διάρκεια, μέχρι την άφιξη στον προορισμό του. Παράλληλα, έχει πρόσβαση στο όνομα και στο όριο ταχύτητας του δρόμου στον οποίο κινείται ανά πάσα χρονική στιγμή.



Εικόνα 5.10: Πλοήγηση με το αυτοκίνητο στους δρόμους της Κύπρου.

Εάν επιλεγεί πλοήγηση με το ποδήλατο ή τα πόδια, η εμπειρία παραμένει η ίδια, με την εξαίρεση ότι δεν υπάρχει νόημα και ως εκ τούτου δεν παρουσιάζονται οι πληροφορίες που αφορούν τον δρόμο.

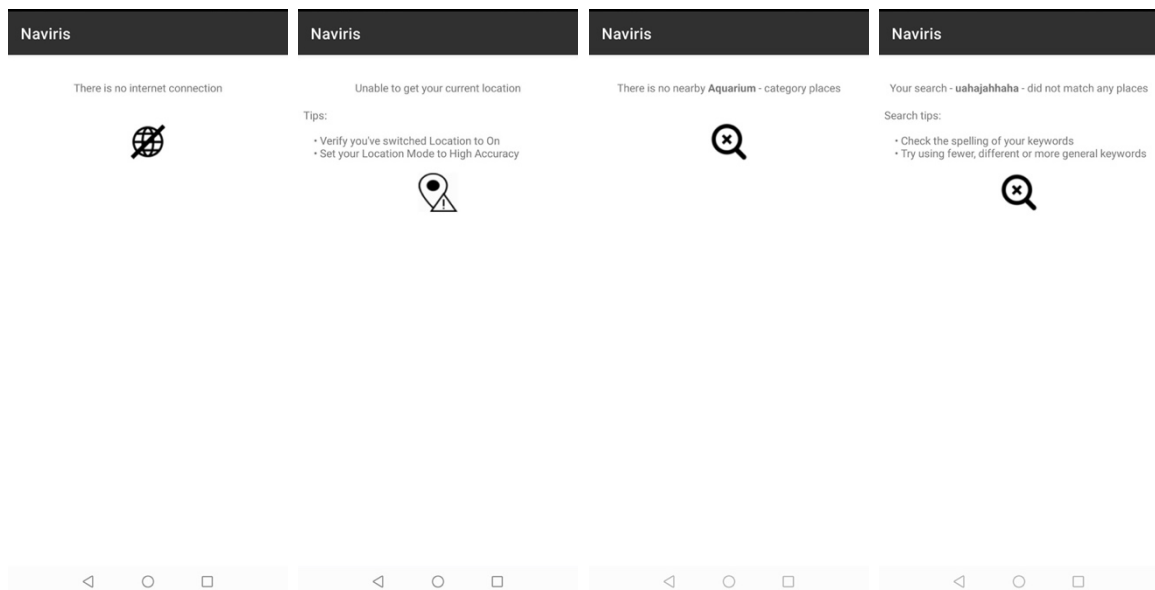


Εικόνα 5.11: Πλοήγηση με τα πόδια στο Π.Κ.

Η πρώτη διαδρομή, αφορά πλοήγηση από την Φοιτητική Μέριμνα προς το τμήμα Πληροφορικής, ενώ η δεύτερη την αντίστροφη διαδρομή, με ενδιαμέσο σημείο το Coffee Berry.

5.7 Μηνύματα ενημέρωσης χρήστη

Πέραν από τις άδειες χρήσης που απαιτείται να δοθούν εκ μέρους του χρήστη για να μπορεί η εφαρμογή να λειτουργεί, εξίσου απαραίτητη είναι και η σύνδεση στο διαδίκτυο, όπως και η ενεργοποιημένη λειτουργία του GPS. Εάν για οποιοδήποτε λόγο αυτά δεν είναι διαθέσιμα, ο χρήστης ενημερώνεται κατάλληλα, ώστε να ξέρει ανά πάσα στιγμή την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το σύστημα, και να μπορεί να ενεργήσει. Για τους ίδιους λόγους, σε περίπτωση που οποιαδήποτε αναζήτηση του χρήστη δεν ταιριάζει με καμία εγγραφή και δεν προσκομίζεται κανένα αποτέλεσμα αναζήτησης, εμφανίζονται τα σχετικά μηνύματα προς ενημέρωσή του.



Εικόνα 5.12: Μηνύματα ενημέρωσης προς τον χρήστη.

Σημειώνεται πως υπάρχει η δυνατότητα ανανέωσης (*refresh*), όλων των οθονών που παρουσιάζουν αποτελέσματα, με *swipe down*, όπως όλες οι σύγχρονες κινητές εφαρμογές, για καλύτερη εμπειρία χρήσης και μεγαλύτερη ευχρηστία του συστήματος. Επιπλέον, όπου απαιτείται υπάρχει η δυνατότητα για *scrolling*, έτσι ώστε ο χρήστης να έχει απρόσκοπτη πρόσβαση σε όλα τα αποτελέσματα, ανεξαιρέτως του αριθμού τους.

5.8 Αξιολόγηση

Μετά από αρκετές δοκιμές και ελέγχους, αλλά και ανεπίσημη ανατροφοδότηση από ομάδες ατόμων που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή, είναι δυνατόν να συναχθεί πως οι λειτουργίες αναζήτησης και πλοήγησης που αυτή προσφέρει, είναι πολύ εύχρηστες και ποιοτικές.

Η αναζήτηση και στις τρεις λειτουργίες, *Nearby Places*, *Find a Place* και *Explore UCY*, γίνεται εύκολα, γρήγορα, και αποδοτικά, αφού δεν προκαλεί στον χρήστη απορίες, δεν υπάρχουν καθυστερήσεις στην προσκόμιση των αποτελεσμάτων, ενώ παρέχεται πρόσβαση σε ένα μεγάλο όγκο δεδομένων και πιθανών σημείων ενδιαφέροντος. Η ανεκτικότητα σε ημιτελείς, ή/και με σφάλματα, ή/και γενικής μορφής εισόδους, αλλά και η δυνατότητα παροχής προτεινόμενων επιλογών, απαλλάσσουν τον χρήστη από την ανάγκη να γνωρίζει επακριβώς τις πληροφορίες του σημείου που ψάχνει, προσφέρουν ταχύτητα, ευκολία και δημιουργούν μια καλή εμπειρία χρήσης. Επιπλέον, όλα τα σημεία

ενδιαφέροντος του Π.Κ. μπορούν να καταχωριστούν μαζί με τις πληροφορίες τους στη βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε για το σκοπό αυτό, και να είναι έτσι και αυτά προσβάσιμα. Για τους σκοπούς της πτυχιακής εργασίας, έχει καταχωριστεί ένα μικρό υποσύνολο.

Όσο αφορά το κομμάτι της πλοήγησης, η πλοήγηση σε ψηφιοποιημένους δρόμους, με οποιοδήποτε μεταφορικό μέσο, κρίνεται εξαιρετική, αφού καθοδηγεί με ακρίβεια και συνέπεια τον χρήστη, επιλέγοντας τη βέλτιστη διαδρομή προς τον προορισμό, και δίνοντας δυνατότητα αναπροσαρμογής της σε περιπτώσεις παρέκκλισης. Η πλοήγηση στους μη-ψηφιοποιημένους δρόμους της Πανεπιστημιούπολης, κρίνεται ικανοποιητική, αφού παρέχει σε γενικές γραμμές μια σωστή διαδρομή μεταξύ αφετηρίας και προορισμού, αλλά στερείται σε ορισμένες εκτελέσεις την επιπλέον ακρίβεια που ο σχετικά μικρός εκεί χώρος απαιτεί. Τόσο οι πληροφορίες του δρόμου κατά την οδήγηση, όσο και οι πληροφορίες προόδου της διαδρομής, είναι ακριβείς, έγκυρες και ανά αποδεκτά χρονικά διαστήματα ενημερωμένες.

Τέλος, υπάρχει μια καλή επικοινωνία μεταξύ συστήματος και χρηστών, μέσω των σωστών μηνυμάτων, μια φιλική και ευχάριστη διεπαφή, που βελτιώνει την εμπειρία χρήσης, αυξάνει την ευχρηστία, και ολοκληρώνει τη θετική εικόνα της εφαρμογής.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις

6.1 Επισκόπηση και σύνοψη	79
6.2 Προκλήσεις	80
6.3 Μελλοντικές επεκτάσεις	81

6.1 Επισκόπηση και σύνοψη

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η χρήση της τεχνολογίας της επαυξημένης πραγματικότητας, και η ενσωμάτωση της στη διαδικασία παροχής υπηρεσιών πλοήγησης μέσω κινητής εφαρμογής.

Η εφαρμογή είχε ως στόχο και μέλημα να επιτρέπει στους χρήστες της να πλοηγούνται σε εξωτερικούς χώρους, χωρίς να χρειάζεται ο δυσδιάστατος χάρτης στον οποίο οι παραδοσιακοί πλοηγοί απεικονίζουν τη διαδρομή που πρέπει να ακολουθηθεί. Ως εκ τούτου, με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας της επαυξημένης πραγματικότητας, η διαδρομή παρουσιάζεται ως επαύξηση της πραγματικότητας των χρηστών, σχεδιάζεται στον πραγματικό τους κόσμο και γίνεται μέρος αυτού, επιτρέποντας απρόσκοπτη, ευχάριστη και ασφαλή περιήγηση.

Η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα για αναζήτηση σημείων ενδιαφέροντος βάσει κατηγορίας ή/και βάσει συγκεκριμένου ονόματος, και ακολούθως παρέχει οδηγίες προς αυτά, ενώ μέσω συγκεκριμένης λειτουργίας, εξειδικεύει τις υπηρεσίες πλοήγησης εντός του Π.Κ., κάτι το οποίο είχε τεθεί ως πρωταρχικός στόχος εξαρχής, δεδομένης της απουσίας οργανωμένων υφιστάμενων τρόπων πλοήγησης στο χώρο μέχρι σήμερα.

Πρόκειται για μια διαφορετική προσέγγιση πλοήγησης και ξενάγησης, για έναν καινοτόμο πλοηγό με αναβαθμισμένη εμπειρία χρήσης, ο οποίος πέραν από τις ελκυστικές υπηρεσίες που προσφέρει, έδωσε το έναυσμα για μια εις βάθος μελέτη του κόσμου της επαυξημένης πραγματικότητας, συνέβαλε στην κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της, στη γνωριμία με τις υφιστάμενες εφαρμογές της, και σαφώς στην

καθιέρωση της ως την πλέον ελπιδοφόρα και υποσχόμενη τεχνολογία, αναδεικνύοντας τις εκπληκτικές ομολογουμένως δυνατότητές της.

Για την εμπειρία της επαυξημένης πραγματικότητας χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα της Marbox, και συγκεκριμένα το Vision SDK της, ενώ στο πλαίσιο της γενικότερης υλοποίησης, χρησιμοποιήθηκαν επίσης οι πλατφόρμες της Google και HERE, μέσω των οποίων και με τη χρήση API υπηρεσιών, προσκομίζονται άλλα απαραίτητα δεδομένα για τη λειτουργία της εφαρμογής. Στην υλοποίηση συνέβαλαν ακόμη οι τεχνολογίες Ajax και Volley, όπως και η δομή JSON. Τέλος, αξιοποιήθηκε διαδικτυακός χώρος φιλοξενίας που εξασφαλίστηκε, όπως και η σχετική βάση δεδομένων, από την οποία ανακτώνται δεδομένα που αφορούν την πλοήγηση εντός της Πανεπιστημιούπολης. Ιδιαίτερα καθοριστική για την εξέλιξη του όλου έργου αποτέλεσε η έρευνα αναγκών και απαιτήσεων, η οποία πραγματοποιήθηκε μέσω μελέτης υφιστάμενων συστημάτων και εφαρμογών, που αφορούσε το σύστημα γενικότερα, αλλά και μέσω του ερωτηματολογίου που κοινοποιήθηκε σε δείγμα εκατό ατόμων, χρηστών του Π.Κ., που αφορούσε τη λειτουργία πλοήγησης στον εκεί χώρο.

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε για το λειτουργικό Android, ο τρόπος λειτουργίας του οποίου μελετήθηκε επίσης.

6.2 Προκλήσεις

Οι προκλήσεις μιας τέτοιας υλοποίησης, λόγω της φύσης της και του προβλήματος που κλήθηκε να λύσει, των απαιτητικών αναγκών που έπρεπε να ικανοποιήσει, αλλά και του ήδη πολύ υψηλά τοποθετημένου πήχη από τα υφιστάμενα συστήματα πλοήγησης, ήταν πολλές και ιδιαίτερες. Καλαίσθητο και φιλικό περιβάλλον χρήσης, αποδοτική αναζήτηση σημείων, ταχύτητα, ευκολία, απλότητα, και φυσικά ποιοτική και αποδοτική απεικόνιση οδηγιών με τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας.

Η εφαρμογή συνδυάζει όλα τα πιο πάνω, και αναμένεται να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στα χέρια κάθε χρήστη. Αξιοποιεί την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας σε ένα φιλικό περιβάλλον χρήσης, είναι εύχρηστη και λειτουργική, παρέχει αποδοτική αναζήτηση και πλοήγηση, δεν απαιτείται καμία προσπάθεια για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της, και δεν υπάρχει καμία απαίτηση απομνημόνευσης. Όσο αφορά τις οδηγίες, αλλά και τις πληροφορίες που παρουσιάζονται κατά την πλοήγηση, μετά από

σχετικούς ελέγχους και σε γενικές γραμμές, έχει διαφανεί η ακρίβεια και η αξιοπιστία που τις χαρακτηρίζει.

Η διαδικασία υλοποίησης όμως, παρουσίασε αρκετά προβλήματα και δυσκολίες, εκ των οποίων κάποιες ξεπεράστηκαν εύκολα, και κάποιες όχι. Ιδιαίτερα χρονοβόρα και αναποτελεσματική, τροχοπέδη στην προσπάθεια που καταβλήθηκε, αποτέλεσε η ανάγκη για δοκιμές έξω στους δρόμους, εκτελώντας διαδρομές τόσο με το αυτοκίνητο, όσο και με τα πόδια. Αυτό, όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, δυσκόλευε και καθυστέρουσε κάθε προσπάθεια αποσφαλμάτωσης και αναβάθμισης, ενώ λόγω του ότι η περίοδος εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας συνέπεσε με την περίοδο της παγκόσμιας πανδημίας του κορωνοϊού (Covid 19), και τα περιοριστικά μέτρα της κυβέρνησης προς αντιμετώπισή του, η δυνατότητα εξωτερικών δοκιμών ήταν το μεγαλύτερο διάστημα αυστηρά περιορισμένη. Πέραν τούτου, για την ενσωμάτωση και χρήση του Vision SDK χρειάστηκε μεγάλη προσπάθεια και πολλές δοκιμές, έτσι ώστε να εντοπιστούν όλες οι βιβλιοθήκες που θα έπρεπε να εισαχθούν, να ξεπεραστούν όλα τα σφάλματα, αλλά και για να γίνει κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας του, παρά την πολύ καλή τεκμηρίωση που παρείχε. Εξίσου δύσκολη ήταν και η εύρεση μιας δωρεάν πλατφόρμας για την παροχή των πληροφοριών δρόμου, μιας και η Google προσφέρει πλέον τη συγκεκριμένη υπηρεσία επί πληρωμή, όπως και η εύρεση και χρήση ενός φθηνού διαδικτυακού χώρου φιλοξενίας, για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων που θα κρατούσε τις πληροφορίες των σημείων της Πανεπιστημιούπολης. Τέλος, ο συντονισμός των ανανεώσεων των οδηγιών και πληροφοριών, ήταν ιδιαίτερα απαιτητικός και δύσκολος, αφού έπρεπε από τη μια οι πληροφορίες να ανανεώνονται αρκετά συχνά για να είναι συνεχώς ορθές, αλλά από την άλλη θα έπρεπε να αποφευχθούν οι ταυτόχρονες επεμβάσεις στο UI, για να μην επηρεαστεί αρνητικά η συνολική απόδοση.

6.3 Μελλοντικές επεκτάσεις

Η εφαρμογή αξιολογήθηκε στη βάση των απαιτήσεων που καθορίστηκαν, με το τελικό αποτέλεσμα υλοποίησης να ικανοποιεί σημαντικά τους αρχικούς και βασικούς στόχους που είχαν τεθεί. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της υλοποίησης παρουσιάστηκαν ορισμένοι περιορισμοί και μειονεκτήματα, τα οποία θα μπορούσαν να επανεξεταστούν μελλοντικά, έτσι ώστε να αναβαθμιστούν οι υφιστάμενες παρεχόμενες υπηρεσίες.

Συγκεκριμένα, η πλοήγηση εντός του Π.Κ., δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική και ακριβής, σε σχέση πάντοτε με την πλοήγηση στους ψηφιοποιημένους δρόμους εκτός αυτού, και ως εκ τούτου, η επανεξέταση της συγκεκριμένης πτυχής της υλοποίησης θα μπορούσε να αποτελέσει μια πολύ σημαντική επέκταση και αναβάθμιση του συστήματος. Η ψηφιοποίηση των χαρτών του χώρου, σε συνδυασμό με τη χρήση της τεχνολογίας SLAM, θα δημιουργούσε νέες προοπτικές και δυνατότητες πλοήγησης, και θα επέτρεπε θεωρητικά περισσότερη ακρίβεια και λεπτομέρεια στην παροχή των οδηγιών. Με χρήση της ίδιας τεχνολογίας, θα μπορούσε να προσφερθεί μια επιπλέον υπηρεσία πλοήγησης σε εσωτερικούς χώρους, με τη ψηφιοποίηση των αρχιτεκτονικών τους σχεδίων, έτσι ώστε να επεκταθεί η χρήση της εφαρμογής σε χώρους όπως αεροδρόμια, εμπορικά κέντρα, νοσοκομεία κ.λπ. Ως επιπλέον επέκταση του υφιστάμενου συστήματος, θα μπορούσε να θεωρηθεί η εξατομίκευση και προσαρμογή, η δυνατότητα δηλαδή προσαρμογής στις ανάγκες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε χρήστη. Απαραίτητη προϋπόθεση η χρήση υπηρεσίας εγγραφής (*sign up*) και σύνδεσης (*sign in*), έτσι ώστε να δημιουργείται το προφίλ του κάθε χρήστη, και βάσει αυτού, να κτίζεται δυναμικά ένα εξατομικευμένο και προσαρμοσμένο περιεχόμενο, για την όσο το δυνατό καλύτερη επικοινωνία και εμπειρία χρήσης. Παραδείγματα τέτοιου περιεχομένου αποτελεί το ιστορικό χρήστη (*history*) και τα προτεινόμενα αποτελέσματα (*suggestions*), η λίστα αγαπημένων, αποθηκευμένων σημείων, όπως και πιο σύνθετες εξατομικεύσεις, που προσαρμόζουν ολόκληρο τον τρόπο αλληλεπίδρασης σύμφωνα με τον χρήστη που το σύστημα έχει απέναντι του.

Καταλήγοντας, τονίζεται ότι ο χώρος της επαυξημένης πραγματικότητας δεν δέχεται περιορισμούς και όρια, και συνεπώς είναι βέβαιο πως μπορεί να συνεισφέρει στην ανάπτυξη μια πληθώρας συστημάτων, και να αξιοποιηθεί σε πολλούς διαφορετικούς τομείς πέραν της πλοήγησης.

Βιβλιογραφία

- [1] Y. Chen, “An overview of augmented reality technology,” *Journal of Physics: Conference Serie*, 2019.
- [2] R. T. Azuma, “A survey of augmented reality,” *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, pp. 355-385, 1997.
- [3] Σ. Μηλιοπούλου, “Σχεδίαση και ανάπτυξη κινητής εφαρμογής για την αναγνώριση μνημείων με χρήση επαυξημένης πραγματικότητας,” Thessaloniki, 2018.
- [4] R. V. Krevelen, “Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations,” 2007.
- [5] “History of augmented reality: The timeline,” 13 July 2020. [Online]. Available: <https://www.verdict.co.uk/augmented-reality-timeline/>. [Accessed 30 January 2021].
- [6] J. C. Cheng, K. Chen and W. Chen, “Comparison of marker-based AR and markerless AR: A case study on indoor decoration system,” 2017.
- [7] A. Cebulla, “Projection-Based Augmented Reality,” 2013.
- [8] R. Z. Abidin, H. Arshad and S. A. A. Shukri, “A Framework of Adaptive Multimodal Input for Location-Based Augmented Reality Application,” 2017.
- [9] G. Reitmayr and D. Schmalstieg, “Location based Applications for Mobile Augmented Reality,” 2003.
- [10] B. Poetker, “What Is Augmented Reality? (+Most Common Types of AR Used Today),” 24 July 2019. [Online]. Available: <https://www.g2.com/articles/augmented-reality>. [Accessed 9 February 2021].
- [11] J. Gupta, “How Businesses are inclining Towards Types of Augmented Reality To Enhance the consumer’s Interaction?,” 11 March 2019. [Online]. Available: <https://www.quytech.com/blog/type-of-augmented-reality-app/>. [Accessed 8 March 2021].
- [12] M. Kalia, P. Mathur, N. Navab and S. E. Salcudean, “Marker-less Real Time Intra-Operative Camera and Hand-Eye Calibration Procedure for Surgical Augmented Reality,” 2019.
- [13] “AccuVein,” [Online]. Available: <https://www.accuvein.com/products/catalog/av500-vein-viewing-system/>. [Accessed 26 January 2021].
- [14] A. Balog, C. Pribeanu and D. Iordache, “Augmented Reality in Schools: Preliminary Evaluation Results from a Summer School,” 2017.
- [15] “Google Sky,” [Online]. Available: <https://www.google.com/sky/>. [Accessed 9 January 2021].
- [16] S. Yang, J. R. Carlson and S. Chen, “How augmented reality affects advertising effectiveness: The mediating effects of curiosity and attention toward the ad,” vol. 54, 2020.
- [17] M. Thompson, “Ikea’s new augmented reality app lets you try out furniture in your home,” [Online]. Available: <https://thespaces.com/ikea-place-app/>. [Accessed 10 January 2021].

- [18] “Apple Augmented Reality,” [Online]. Available: <https://www.apple.com/augmented-reality/>. [Accessed 10 January 2021].
- [19] S. V. Itzstein, B. H. Thomas and R. T. Smith, “Augmented Reality Entertainment: Taking Gaming Out of the Box,” 2017.
- [20] I. Ilhan, “Mobile Marketing: Usage of Augmented Reality in Tourism,” 2019.
- [21] “Anyplace,” [Online]. Available: <https://anyplace.cs.ucy.ac.cy>. [Accessed 7 February 2021].
- [22] C. Laoudias, A. Nikitin, P. Karras, M. Youssef and D. Zeinalipour-Yazti, “Indoor Quality-of-Position Visual Assessment using Crowdsourced Fingerprint Maps,” 2021.
- [23] “MazeMap,” [Online]. Available: <https://www.mazemap.com>. [Accessed 9 February 2021].
- [24] “Mapspeople,” [Online]. Available: <https://www.mapspeople.com>. [Accessed 11 February 2021].
- [25] S. Colquhoun, “Mercedes-Benz,” 19 October 2020. [Online]. Available: <https://www.mercedes-benz.com.au/passengercars/experience/mercedes-magazine/innovation/articles/augmented-reality/story-content.module.html>. [Accessed 12 February 2021].
- [26] “Wikitude,” [Online]. Available: <https://www.wikitude.com/showcase/wikitude-navigation/>. [Accessed 26 February 2021].
- [27] “Operating System Market Share Worldwide,” [Online]. Available: <https://gs.statcounter.com/os-market-share>. [Accessed 8 February 2021].
- [28] “Mobile Operating System Market Share Worldwide,” [Online]. Available: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>. [Accessed 19 February 2021].
- [29] U. Farooq, “Android Operating System Architecture,” 2018.
- [30] A. Shibly, “Android Operating System: Architecture, Security Challenges and Solutions,” 2016.
- [31] J. A. Shaheen, M. A. Asghar and A. Hussain, “Android OS with its Architecture and Android Application with Dalvik Virtual Machine Review,” *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, vol. 12, no. 7, pp. 19-30, 2017.
- [32] M. Romilly, “12 Best Augmented Reality SDKs,” 25 January 2019. [Online]. Available: <https://dzone.com/articles/12-best-augmented-reality-sdks>. [Accessed 7 March 2021].
- [33] “Vuforia Developer Library,” [Online]. Available: <https://library.vuforia.com>. [Accessed 8 March 2021].
- [34] “Mapbox,” [Online]. Available: <https://www.mapbox.com>. [Accessed 23 March 2021].
- [35] Ι. Παπαγεωργίου, Θεωρία Δειγματοληψίας, Αθήνα: Εκδόσεις Κάλλιπος, 2015, p. 33.
- [36] “CYLAW,” [Online]. Available: http://www.cylaw.org/nomoi/indexes/2018_1_125.html. [Accessed 18 April 2021].

- [37] “Google Maps Platform,” [Online]. Available: https://developers.google.com/maps/documentation/places/web-service/supported_types. [Accessed 20 April 2021].
- [38] N. Nurseitov, M. Paulson, R. Reynolds and C. Izurieta, “Comparison of JSON and XML Data Interchange Formats: A Case Study,” 25 October 2009.
- [39] “Mapbox Class NavigationRoute.Builder,” [Online]. Available: <https://docs.mapbox.com/android/navigation/api/core/0.42.6/?com.mapbox/services/android/navigation/v5/navigation/NavigationRoute.Builder.html>. [Accessed 10 May 2021].
- [40] «Mapbox Navigation SDK for Android,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://docs.mapbox.com/android/navigation/guides/>. [Πρόσβαση 10 May 2021].
- [41] “Mapbox Vision SDK,” [Online]. Available: <https://www.mapbox.com/vision>. [Accessed 11 May 2021].
- [42] “Mapbox Vision Manager,” [Online]. Available: <https://docs.mapbox.com/archive/android/vision/api/vision/0.10.1/com.mapbox/vision/VisionManager.html#create-videoSource->. [Accessed 11 May 2021].
- [43] “Mapbox Vision AR Manager,” [Online]. Available: <https://docs.mapbox.com/android/vision/api/ar/0.13.0/com.mapbox/vision/ar/VisionArManager.html>. [Accessed 11 May 2021].
- [44] “Mapbox Vision AR View,” [Online]. Available: <https://docs.mapbox.com/android/vision/api/ar/0.13.0/com.mapbox/vision/ar/view/gl/VisionArView.html>. [Accessed 11 May 2021].
- [45] Ι. Σοκορέλλη, “Κατανεμημένο σύστημα παρακολούθησης τιμών καταναλωτή με χρήση υπηρεσιών διαδικτύου και κινητών συσκευών,” Πάτρα, 2010.
- [46] J. E. Guivant, F. R. Masson and E. M. Nebot, “Simultaneous localization and map building using natural features and absolute information, Robotics and Autonomous Systems,” vol. 40, no. 2-3, pp. 79-90, 2002.
- [47] I. Lee and K. Lee, “The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises,” *Business Horizons*, vol. 58, no. 4, pp. 431-440, 2015.
- [48] J. J. Garrett, “Ajax: A New Approach to Web Applications,” *Adaptive Path*, 2005.

Παράρτημα Α

Ο κώδικας της εφαρμογής βρίσκεται αναρτημένος στο GitHub, στον πιο κάτω σύνδεσμο:

https://github.com/pmicha132/Naviris_UCY_ADE_2021.git

Παράρτημα Β

Παρατίθεται αυτούσιο το ερωτηματολόγιο που τέθηκε ενώπιον του δείγματος των χρηστών της Πανεπιστημιούπολης.

Πλοήγηση στο Πανεπιστήμιο Κύπρου με Augmented Reality

Στα πλαίσια πτυχιακής εργασίας έχει αποφασιστεί η ανάπτυξη μιας εφαρμογής πλοήγησης με Augmented Reality για την πανεπιστημιούπολη, με σκοπό την καθοδήγηση φοιτητών, καθηγητών ή/και επισκεπτών στο χώρο και την πρόσβαση τους στις διάφορες προσφερόμενες υπηρεσίες.

Augmented Reality (AR - επαυξημένη πραγματικότητα) είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται στις κινητές συσκευές. Επιτρέπει τη ζωντανή προβολή ενός φυσικού περιβάλλοντος, του οποίου όμως η πραγματικότητα είναι επαυξημένη με την προβολή πληροφοριών αλλά και εικονικών προσώπων ή χώρων σχεδιασμένων μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Μέσα από την εφαρμογή, ο χρήστης θα μπορεί να πλοηγείται στην πανεπιστημιούπολη και ταυτοχρόνως να συλλέγει πληροφορίες για διάφορες τοποθεσίες σε αυτήν.

*** Απαιτείται**

Κατηγορία *

- ☐ Φοιτητής 1ου έτους
- ☐ Φοιτητής 2ου έτους
- ☐ Φοιτητής 3ου έτους και πάνω
- ☐ Ακαδημαϊκό προσωπικό
- ☐ Διοικητικό προσωπικό
- ☐ Επισκέπτης
- ☐ Άλλο: _____

Τμήμα/Σχολή

Η απάντησή σας

Φύλο *

☐ Άνδρας

☐ Γυναίκα

Ηλικία *

Η απάντησή σας

Λειτουργικό σύστημα κινητού τηλεφώνου *

☐ Android

☐ iOS

Πόσο χρήσιμη θα θεωρούσες μια τέτοια εφαρμογή πλοήγησης? *

☐ Καθόλου

☐ Λίγο

☐ Αρκετά

☐ Πολύ

Με ποιον τρόπο πλοηγείσαι στην πανεπιστημιούπολη σήμερα, όταν δεν γνωρίζεις πως να πας κάπου? *

☐ Χρησιμοποιώντας το internet

☐ Ρωτώντας τη γραμματεία

☐ Ρωτώντας ένα συμφοιτητή

☐ Άλλο: _____

Πόσες φορές χρειάστηκες οποιασδήποτε μορφής βοήθεια (γραμματεία, συμφοιτητές κλπ.)? *

☐ Καμία

☐ Λίγες

☐ Αρκετές

☐ Πολλές

Θα προτιμούσες να ρωτήσεις ένα συμφοιτητή/συνάδελφο, τη γραμματεία κλπ. αντί να χρησιμοποιήσεις την εφαρμογή? *

☐ Ναι, θα το προτιμούσα

☐ Όχι, θα χρησιμοποιούσα την εφαρμογή

Πόσο συχνά μένεις από μπαταρία ενώ είσαι στο χώρο του πανεπιστημίου? *

- ☐ Ποτέ
- ☐ Σπάνια
- ☐ Κάποιες φορές
- ☐ Συχνά

Στις πρώτες σου επισκέψεις στο χώρο, σου έτυχε να χαθείς? *

- ☐ Όχι
- ☐ Ναι, 1-2 φορές
- ☐ Ναι, αρκετές φορές

Ποιο/α από τα παρακάτω θα σε ενδιέφερε να παρέχονται από την εφαρμογή?

- ☐ Ωράρια καταστημάτων, καφετεριών, τραπεζών κλπ.
- ☐ Ωράριο – λίστα μαθημάτων της κάθε αίθουσας ημερησίως
- ☐ Ονόματα προσωπικού (ακαδημαϊκού και διοικητικού) των γραφείων
- ☐ Ανακοινώσεις για διάφορα events στην πανεπιστημιούπολη
- ☐ Άλλο: _____