



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Συλλογή και κατηγοριοποίηση δεδομένων κίνησης,
μέσω κινητών τηλεφώνων,
με στόχο την ανίχνευση δραστηριότητας**

Τραγοπούλου Σπυριδούλα

Επιβλέποντες: **Βαρλάμης Ηρακλής**, Λέκτορας
Τσερπές Κωνσταντίνος, Λέκτορας
Δημητρακόπουλος Γεώργιος, Λέκτορας

ΑΘΗΝΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Συλλογή και κατηγοριοποίηση δεδομένων κίνησης,
μέσω κινητών τηλεφώνων,
με στόχο την ανίχνευση δραστηριότητας**

Τραγοπούλου Σπυριδούλα

AM: 20934

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ :

Βαρλάμης Ηρακλής , Λέκτορας

Τσερπές Κωνσταντίνος , Λέκτορας

Δημητρακόπουλος Γεώργιος , Λέκτορας

Περίληψη

Τα κινητά τηλέφωνα έχουν αναδειχθεί αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής ζωής της σύγχρονης κοινωνίας, ενώ ο αριθμός των χρηστών έξυπνων τηλεφώνων (smartphones) αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς. Οι χρήστες των έξυπνων τηλεφώνων χρησιμοποιούν εφαρμογές οι οποίες καταγράφουν συνεχώς δεδομένα κάνοντας χρήση των αισθητήρων που διαθέτουν οι κινητές συσκευές.

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην ανάπτυξη μιας εφαρμογής για λειτουργικό σύστημα Android, η οποία θα αναγνωρίζει την δραστηριότητα του χρήστη εφαρμόζοντας τεχνικές εξόρυξης δεδομένων σε δεδομένα κίνησης. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η καταγραφή της καθημερινής δραστηριότητας του χρήστη χωρίς να αποσπάται από την καθημερινότητα του.

Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή καταγράφει δεδομένα θέσης με τον αισθητήρα GPS στη και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τεχνικές κατηγοριοποίησης προσδιορίζει την κίνηση του χρήστη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επιπλέον, απεικονίζει την αναγνωρισμένη δραστηριότητα του χρήστη χρησιμοποιώντας εφαρμογές χαρτογράφησης (Google Maps) και υλοποιεί την μεταφόρτωση των δεδομένων του χρήστη σε ένα κεντρικό αποθετήριο κάνοντας χρήση εφαρμογών cloud (Dropbox API).

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: *Εξόρυξη Δεδομένων, Εφαρμογή Android*

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ : *Αναγνώριση Δραστηριότητας, Κατηγοριοποίηση, Android, Χάρτες Google, Dropbox*

Abstract

Mobile phones have become an integral part of everyday life in modern society, while the number of users of smartphones is increasing rapidly. Smartphone users make use of applications that continuously record data using sensors of mobile devices.

This thesis concerns the development of an application for Android operating system, in order to recognize the user activity by applying data mining techniques on movement data. This achieves the recording of daily activity of the user, without being distracted by his everyday routine.

More specifically, the application records position data using the GPS sensor and determine the user's activity during the day using classification techniques. In addition, the results of the recognized user activity are shown using mapping applications (Google Maps) and the upload of user data in a data repository is implemented using cloud applications (Dropbox).

SUBJECT AREA: *Data mining, Android Application*

KEYWORDS: *Activity Recognition, Classification, Android, Google Maps, Dropbox*

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας ξεκίνησε στο Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών τον Νοέμβριο του 2012 και ολοκληρώθηκε τον Σεπτέμβριο του 2013. Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους συνέβαλαν άμεσα ή έμμεσα στην ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας μου και γενικότερα των προπτυχιακών σπουδών μου.

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας, Ηρακλή Βαρλάμη, για την συνεχή καθοδήγηση, την άμεση υποστήριξη και ενθάρρυνση, τις πολύτιμες συμβουλές και την υπομονή που έδειξε στο πρόσωπο μου, καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας αλλά και για την συμβολή των γνώσεων και των συμβουλών του κατά τη διάρκεια των προπτυχιακών σπουδών μου.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, τους Λέκτορες, Κωνσταντίνο Τσερπέ και Δημητράκόπουλο Γεώργιο για την αξιολόγηση της προσπάθειας μου αλλά και για την συμβολή των πολύτιμων γνώσεων τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω το κοντινό μου περιβάλλον και ιδιαίτερα την οικογένεια μου, για την κατανόηση, την υπομονή και την ψυχολογική υποστήριξη στις δύσκολες στιγμές που υπήρξαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας αλλά και την συνολική συμπαράσταση και υποστήριξη καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	17
1.1	Σκοπός της πτυχιακής εργασίας	17
1.2	Προτεινόμενη Προσέγγιση	18
1.3	Smartphones και Λειτουργικό Σύστημα Android	19
1.3.1	Smartphones	19
1.3.2	Λειτουργικό Σύστημα Android	21
1.3.2.1	Εκδόσεις Android	21
1.3.2.2	Αρχιτεκτονική του Android	23
1.3.2.3	Χαρακτηριστικά του Android	24
1.4	Εξόρυξη Δεδομένων και Εξόρυξη Δεδομένων σε Κινητές Συσκευές	26
1.4.1	Εξόρυξη Δεδομένων (Data Mining)	26
1.4.1.1	Μέθοδοι Εξόρυξης Δεδομένων	28
1.4.2	Εξόρυξη Δεδομένων σε Κινητές Συσκευές (Mobile Data Mining)	29
2	Θεωρητικό Υπόβαθρο	31
2.1	Εφαρμογές Δεδομένων Κίνησης	31
2.2	Δεδομένα Κίνησης και Χαρακτηριστικά	34
2.2.1	Βασικές Αρχές Δεδομένων Κίνησης	35
2.2.2	Χαρακτηριστικά Κίνησης	36
2.3	Τεχνικές Αναγνώρισης Κίνησης	40

2.3.1	Κατηγοριοποίηση	40
2.3.2	Συσταδοποίηση τροχιών κίνησης	41
2.3.3	Conditional Random Fields (CRF)	42
2.3.4	Προτεινόμενη Τεχνική	43
3	Σχεδιασμός	45
3.1	Αρχιτεκτονική Εφαρμογής	45
3.2	Βασικά στοιχεία μιας εφαρμογής Android	46
3.2.1	Activity	47
3.2.2	Service	48
3.2.3	Intents	49
3.2.4	Broadcast Receiver	50
3.2.5	Content Provider	51
3.3	Εργαλεία Υλοποίησης Εφαρμογής	52
3.3.1	Το περιβάλλον WEKA	52
3.3.2	Dropbox	54
3.3.3	Οι χάρτες Google σε περιβάλλον Android	54
3.4	Εργαλεία Ανάπτυξης Εφαρμογής	56
3.4.1	Το περιβάλλον Eclipse	56
3.4.2	Το ADT plug-in	57
3.4.3	Το εργαλείο Android SDK	57
3.4.3.1	SDK Manager	58
3.4.3.2	Προσομοιωτής κινητής συσκευής (Android Emulator)	58
3.4.3.3	AVD Manager	59
3.4.3.4	DDMS (Dalvik Debug Monitor Server)	60
3.4.3.5	ADB (Android Debug Bridge)	61

3.5	Αρχιτεκτονική Εργαλείων	61
4	Υλοποίηση	63
4.1	Καταγραφή Δεδομένων Κίνησης	63
4.1.1	Δεδομένα Κίνησης	63
4.1.2	Διαδικασία Καταγραφής Δεδομένων	64
4.2	Κατηγοριοποίηση Κίνησης	67
4.2.1	Συλλογή Δεδομένων Εκπαίδευσης	67
4.2.2	Επιλογή Αλγορίθμου Κατηγοριοποίησης	69
4.2.3	Διαδικασία Κατηγοριοποίησης Δεδομένων Κίνησης	71
4.3	Απεικόνιση Δραστηριότητας σε Χάρτη	72
4.4	Συλλογή Δεδομένων σε Κεντρικό Αποθετήριο	76
5	Αποτελέσματα	81
5.1	Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Εφαρμογής	81
5.2	Περιπτώσεις Χρήσης Εφαρμογής	83
5.2.1	Περίπτωση Χρήσης: <i>Καταγραφή και Αρχαιοθέτηση Δραστηριότητας</i>	84
5.2.2	Περίπτωση Χρήσης: <i>Απεικόνιση Αποθηκευμένης Διαδρομής</i>	85
5.2.3	Περίπτωση Χρήσης: <i>Μεταφόρτωση Αρχείου στο Dropbox</i>	85
5.2.4	Περίπτωση Χρήσης: <i>Διαγραφή Αρχείου Διαδρομής</i>	85
5.2.5	Σενάριο Χρήσης Εφαρμογής με Στιγμιότυπα	86
6	Συμπεράσματα	93
6.1	Συμπεράσματα	93
6.2	Μελλοντικές Επεκτάσεις	94
	Βιβλιογραφία	100

Κατάλογος Σχημάτων

1.1	Οι εκδόσεις Android που έχουν κυκλοφορήσει. (Πηγή: developer.android.com ¹⁾)	22
1.2	Η κατανομή χρήσης των εκδόσεων Android.(Πηγή: developer.android.com ²⁾)	23
1.3	Η αρχιτεκτονική του λειτουργικού συστήματος Android (Πηγή: programmer-sband.com ³⁾)	24
1.4	Η διαδικασία ανακάλυψης γνώσης από μια βάση δεδομένων (KDD)	27
2.1	Στιγμιότυπα χρήσης της εφαρμογής MyTracks (Πηγή: play.google.com ⁴⁾)	31
2.2	Στιγμιότυπα χρήσης της εφαρμογής Nike+ Running (Πηγή: play.google.com ⁵⁾)	32
2.3	Στιγμιότυπα χρήσης της εφαρμογής RunKeeper (Πηγή: play.google.com ⁶⁾)	33
2.4	Απεικόνιση του space-time cube (Πηγή: Giannotti et al.,2008)	35
3.1	Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική της εφαρμογής.	46
3.2	Ο κύκλος ζωής μιας δραστηριότητας. (Πηγή: thenewcircle.com ⁷⁾)	48
3.3	Ο κύκλος ζωής ενός service. (Πηγή: thenewcircle.com ⁸⁾)	49
3.4	Παράδειγμα χρήσης Intents. (Πηγή: thenewcircle.com ⁹⁾)	50
3.5	Η λειτουργία του broadcast receiver. (Πηγή: thenewcircle.com ¹⁰⁾)	51
3.6	Η βασική χρήση ενός content provider. (Πηγή: thenewcircle.com ¹¹⁾)	52
3.7	Το περιβάλλον προεπεξεργασίας δεδομένων του WEKA.	53
3.8	Στιγμιότυπα χρήσης της εφαρμογής Map My Tracks OutFront (Πηγή: play.google.com ¹²⁾)	55
3.9	Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας Eclipse. (Πηγή: www.ibm.com ¹³⁾)	56
3.10	Στιγμιότυπο του SDK Manager.	58

3.11 Στιγμιότυπο του Android Emulator	59
3.12 Στιγμιότυπο του AVD Manager.	60
3.13 Στιγμιότυπο του DDMS.	61
3.14 Η αρχιτεκτονική των εργαλείων.	62
4.1 Δείγμα καταγραφής δεδομένων κατά τη διάρκεια κίνησης του χρήστη.	64
4.2 Η αρχική οθόνη της εφαρμογής GPSTracker.	65
4.3 Στιγμιότυπα χρήσης της εφαρμογής καταγραφής δεδομένων εκπαίδευσης. . . .	68
4.4 Δείγμα καταγραφής δεδομένων εκπαίδευσης.	69
4.5 Η κατανομή των δεδομένων εκπαίδευσης στις επτά κατηγορίες κινήσεων. . . .	70
4.6 Η απεικόνιση της δραστηριότητας του χρήστη στην εφαρμογή GPSTracker. . . .	74
4.7 Στιγμιότυπα απεικόνισης της δραστηριότητας του χρήστη ενώ κινείται.	75
4.8 Στιγμιότυπα χρήσης της απεικόνισης αποθηκευμένης διαδρομής.	75
4.9 Η δραστηριότητα ταυτοποίησης χρήστη που παρέχει το Dropbox API.	77
4.10 Στιγμιότυπα χρήσης της διαδικασίας μεταφόρτωσης αρχείων στο Dropbox. . . .	79
5.1 Η καμπύλη μάθησης του αλγορίθμου RandomForest.	82
5.2 Διάγραμμα Σεναρίων Χρήσης Εφαρμογής.	84
5.3 Ο χρήστης ανοίγει την εφαρμογή χωρίς να έχει ενεργοποιήσει το GPS της συσκευής.	86
5.4 Μετά την ενεργοποίηση του GPS του εμφανίζεται η αρχική οθόνη της εφαρμογής. .	86
5.5 Η καταγραφή της δραστηριότητας του χρήστη ξεκινά πατώντας το κουμπί <i>rec.</i> . .	87
5.6 Η δραστηριότητα του χρήστη καταγράφεται και απεικονίζεται στον χάρτη ενώ κινείται.	87
5.7 Αφού σταματήσει η καταγραφή, ο χρήστης πατάει το κουμπί <i>maps</i> και εμφανίζεται η λίστα των αποθηκευμένων αρχείων.	88

5.8	Ο χρήστης επιλέγει ένα αρχείο και απεικονίζεται στον χάρτη η αποθηκευμένη διαδρομή.	88
5.9	Ο χρήστης πατάει το κουμπί <i>upload</i> και επιλέγει τρία αρχεία προς μεταφόρτωση.	89
5.10	Η εφαρμογή ενημερώνει τον χρήστη ότι πρέπει πρώτα να συνδεθεί για να ολοκληρωθεί η μεταφόρτωση.	89
5.11	Ο χρήστης πατάει το κουμπί <i>Log in</i> και ξεκινά η διαδικασία σύνδεσης του στο Dropbox.	90
5.12	Η διαδικασία σύνδεσης ολοκληρώνεται και ο χρήστης πατάει το κουμπί <i>upload</i> για να πραγματοποιηθεί η μεταφόρτωση.	90
5.13	Ο χρήστης επιλέγει τα μεταφορτωμένα αρχεία προς διαγραφή και πατάει το κουμπί <i>delete</i>	91
5.14	Επιβεβαιώνει την διαγραφή τους πατώντας το κουμπί <i>delete</i> και η διαδικασία ολοκληρώνεται.	91

Κατάλογος Πινάκων

2.1	Σύνοψη των χαρακτηριστικών των σχετικών εφαρμογών.	34
4.1	Ποσοστά επιτυχίας αλγορίθμων κατηγοριοποίησης.	71
5.1	Ποσοστά επιτυχίας αλγορίθμου σε διαφορετικά υποσύνολα δεδομένων εκπαίδευσης.	82

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Η τεχνολογία των ασύρματων επικοινωνιών και του “πανταχού υπολογίζειν”(ubiquitous computing) κατακλύζουν την καθημερινότητα της σύγχρονης κοινωνίας. Τα ασύρματα δίκτυα καλύπτουν την μεγαλύτερη έκταση των αστικών κέντρων, ενώ ο αριθμός των χρηστών έξυπνων τηλεφώνων αυξάνεται καθημερινά. Τα smartphones παρέχουν εφαρμογές καταγραφής διάφορων μορφών δεδομένων κάνοντας χρήση ενσωματωμένων αισθητήρων, όπως : Bluetooth, GPS, πυξίδα, φωτογραφική μηχανή κα μικρόφωνο. Αυτοί οι αισθητήρες, κάνοντας χρήση ασύρματων δικτύων μπορούν να ανιχνεύσουν την θέση και την κίνηση του χρήστη κατά τη διάρκεια χρήσης του κινητού τηλεφώνου. Κατά συνέπεια, η συλλογή δεδομένων κίνησης από την καθημερινότητα του χρήστη αποτελεί μια απλή διαδικασία, η οποία έχει ως στόχο με την ανάλυση των δεδομένων να διευκολύνει τις διάφορες δραστηριότητες του, παρακολουθώντας τον τρόπο ζωής του. Επιπλέον, η παρακολούθηση και ο έλεγχος της καθημερινής δραστηριότητας του ατόμου βρίσκουν εφαρμογή στην υγειονομική περίθαλψη, καθώς με αυτόν τον τρόπο μπορούν να διαγνωστούν σοβαρά προβλήματα υγείας ή ακόμα να εποπτευθούν ασθενείς που χρειάζονται μετεγχειρητική παρακολούθηση.

1.1 Σκοπός της πτυχιακής εργασίας

Οι χρήστες έξυπνων κινητών τηλεφώνων χρησιμοποιούν στην καθημερινότητα τους, εφαρμογές που καταγράφουν δεδομένα (θέσης, δραστηριότητας, χρήσης), τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφόσον αναλυθούν. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα, η οποία θα καταγράφει δεδομένα κίνησης και θα τα αναλύει με στόχο την ανίχνευση δραστηριότητας. Στη συνέχεια, θα απεικονίζει την κίνηση του

χρήστη σε χάρτη, με στόχο να τον διευκολύνει να αποκτήσει καλύτερη εικόνα της καθημερινής του δραστηριότητας.

Ταυτόχρονα, η εφαρμογή στοχεύει στην καταγραφή δεδομένων κίνησης για μεγάλο χρονικό διάστημα, παρακολουθώντας τη δραστηριότητα του χρήστη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Με τον τρόπο αυτό αναμένεται να δημιουργηθεί ένα προσωπικό αποθετήριο δραστηριοτήτων (activities repository), η ανάλυση του οποίου μπορεί να μας δώσει χρήσιμα συμπεράσματα για τη συμπεριφορά των χρηστών μέσα στο χρόνο (τις καθημερινές ή εβδομαδιαίες συνήθειές τους, περιοχές που επισκέπτονται, κλπ.). Αυτή η διαδικασία θα αποσκοπεί, εφόσον αρχικά ξεπεραστούν προβλήματα ανωνυμότητας και απορρήτου, στην εξατομίκευση (personalization) των χρηστών και την παροχή υπηρεσιών στον χρήστη που βασίζονται στην συμπεριφορά, τις προτιμήσεις του και τις συνήθειες του. Αν για παράδειγμα ένας χρήστης προτιμά συχνά να πηγαίνει για περπάτημα εκτός δρόμου, τότε ενδεχομένως θα τον αφορούν προσφορές για εξοπλισμό trekking. Αντίστοιχα, αν ένας χρήστης κινείται συχνά με ποδήλατο μπορεί να ενδιαφέρεται για σχετικό εξοπλισμό ή ένας χρήστης που συνδυάζει μετρό και ποδήλατο μπορεί να ενδιαφέρεται για τα δρομολόγια του μετρό.

1.2 Προτεινόμενη Προσέγγιση

Η εφαρμογή λειτουργεί σε κινητά με λειτουργικό σύστημα Android, καταγράφει διαρκώς δεδομένα θέσης του χρήστη με χρήση GPS και τα επεξεργάζεται τοπικά κάνοντας χρήση τεχνικών εξόρυξης δεδομένων, προσδιορίζοντας τον τύπο κίνησης του χρήστη μέσα στη μέρα. Έπειτα, αποτυπώνει την δραστηριότητα και τον τύπο κίνησης του χρήστη σε χάρτη ενώ όταν ο χρήστης σταματήσει την καταγραφή του δίνει την επιλογή να μεταφορτώσει τα αρχεία κίνησης του στον λογαριασμό Dropbox του.

Η αναγνώριση του τύπου κίνησης (περπάτημα, τρέξιμο, ποδήλατο, κλπ.) υλοποιήθηκε στην κινητή συσκευή με τη μέθοδο της κατηγοριοποίησης (classification), κάνοντας χρήση των αλγορίθμων κατηγοριοποίησης που παρέχει το λογισμικό WEKA. Για την εκπαίδευση του συστήματος, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα εκπαίδευσης καταγεγραμμένα από μια αρχική εφαρμογή, στην οποία ο χρήστης χαρακτηρίζει τον τύπο κίνησης του ενώ κινείται.

Για απεικόνιση της δραστηριότητας του χρήστη χρησιμοποιήθηκαν οι χάρτες της Google, χρησιμοποιώντας το Google Maps Android API. Πιο συγκεκριμένα, ενώ ο χρήστης κινείται και καταγράφονται τα δεδομένα κίνησης του, ο τύπος της κίνησης του αναγνωρίζεται σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας το μοντέλο κατηγοριοποίησης που δημιουργήθηκε με το WEKA και αποτυπώνεται στον χάρτη η θέση του χρήστη αλλά και ο τύπος της δραστηριότητας του την

συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Όσον αφορά στον στόχο της εφαρμογής για την κεντρική συλλογή δεδομένων, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη αφού σταματήσει την καταγραφή της δραστηριότητας του, να μεταφορτώσει και να αποθηκεύσει τα αρχεία που δημιουργήθηκαν στον Dropbox λογαριασμό του, χρησιμοποιώντας το Dropbox API.

1.3 Smartphones και Λειτουργικό Σύστημα Android

1.3.1 Smartphones

Με τον όρο έξυπνο τηλέφωνο (smartphone) αναφερόμαστε σε ένα κινητό τηλέφωνο βασισμένο σε ένα λειτουργικό σύστημα κινητής τηλεφωνίας με περισσότερη προηγμένη υπολογιστική ικανότητα και συνδεσιμότητα σε σχέση με ένα απλό κινητό τηλέφωνο. Τα σύγχρονα smartphones αποτελούν πολυχρηστικές συσκευές καθώς περιλαμβάνουν λειτουργίες media players, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, πλοήγηση GPS, οθόνες αφής υψηλής ανάλυσης και web browsers που εμφανίζουν τυποποιημένες ιστοσελίδες, καθώς και βελτιστοποιημένες ιστοσελίδες για κινητά. Η πρόσβαση σε δεδομένα υψηλής ταχύτητας παρέχεται μέσω Wi-Fi και μέσω ασύρματων ευρυζωνικών υπηρεσιών. Τα λειτουργικά συστήματα (OS) των κινητών τηλεφώνων που χρησιμοποιούνται από τα σύγχρονα smartphones περιλαμβάνουν το Android της Google, το iOS της Apple, το Symbian της Nokia, το BlackBerry OS της RIM, το Firefox OS της Mozilla και το Ubuntu Phone της Canonical Ltd's[32].

Αισθητήρες Smartphones

Global Positioning System (GPS)

Το GPS (Global Positioning System), Παγκόσμιο Σύστημα Θεσιθεσίας είναι ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης, το οποίο βασίζεται σε εικοσιτέσσερις δορυφόρους της Γης, οι οποίοι διαθέτουν ειδικές συσκευές ονομάζονται δέκτες GPS. Οι δέκτες αυτοί παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρό του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Το GPS παρέχει πληροφορίες τοποθεσίας και χρόνου σε όλες τις καιρικές συνθήκες, οπουδήποτε πάνω ή κοντά στη Γη, όπου υπάρχει ανεμπόδιστη οπτική επαφή με τέσσερις ή περισσότερους δορυφόρους GPS. Συντηρείται από την κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών και είναι ελεύθερα προσβάσιμο με ένα δέκτη GPS. Το GPS δημιουργήθηκε αναπτύχθηκε το 1973 από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ με σκοπό να ξεπεράσει τους περιορισμούς των προηγούμε-

νων συστημάτων πλοήγησης. Αρχικά ονομάστηκε "NAVSTAR GPS" (Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System) και τέθηκε σε πλήρη λειτουργία το 1994 [29]. Για τον προσδιορισμό της θέσης του χρήστη με γεωγραφικό μήκος (longitude) και γεωγραφικό πλάτος (latitude) απαιτείται σύνδεση σε τρεις δορυφόρους, ενώ για τον προσδιορισμό του υψόμετρου απαιτούνται τέσσερις δορυφόροι.

Η πλειοψηφία των δεκτών GPS βρίσκονται σε κινητά τηλέφωνα, με ποικίλους βαθμούς κάλυψης και προσβασιμότητας των χρηστών. Στα περισσότερα smartphones υπάρχει διαθέσιμο λογισμικό πλοήγησης, καθώς και σε ορισμένα τηλέφωνα που διαθέτουν Java που τους επιτρέπει να χρησιμοποιούν εσωτερικό ή εξωτερικό δέκτη GPS. Ακόμα, μερικά κινητά τηλέφωνα χρησιμοποιούν A-GPS (assisted GPS), το οποίο όμως υπολειτουργεί όταν βρίσκεται εκτός του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Παράλληλα, μερικά άλλα χρησιμοποιούν ένα υβριδικό σύστημα εντοπισμού θέσης που μπορούν να χρησιμοποιήσουν άλλα σήματα, όταν τα σήματα GPS είναι ανεπαρκή [30].

Στα κινητά τηλέφωνα, η θέση μπορεί να οριστεί είτε με χρήση GPS, είτε με τον τριγωνισμό της απόστασης από την κεραία της κινητής τηλεφωνίας ή το ασύρματο δίκτυο (Wi-Fi) που χρησιμοποιεί ο χρήστης, είτε θεωρώντας ως τοποθεσία του χρήστη την κεραία της κινητής τηλεφωνίας ή του ασύρματου δικτύου. Τα smartphones έχουν τη δυνατότητα να επιλέγουν κάθε φορά τον βέλτιστο τρόπο για τον ορισμό της θέσης του χρήστη [2].

Επιταχυνσιόμετρο (accelerometer)

Το επιταχυνσιόμετρο είναι μια συσκευή που μετρά την επιτάχυνση. Η επιτάχυνση που μετράει δεν είναι απαραίτητως η επιτάχυνση με βάση τις συντεταγμένες (ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας). Αντίθετα, το επιταχυνσιόμετρο υπολογίζει την επιτάχυνση που συνδέεται με το φαινόμενο του βάρους οποιασδήποτε μάζας σε αδράνεια σε σχέση με τη διάταξη της συσκευής.

Μερικά smartphones, περιέχουν επιταχυνσιόμετρα για τον έλεγχο της διεπαφής χρήστη. Συχνά το επιταχυνσιόμετρο χρησιμοποιείται για να παρουσιάσει θέα στο γύρω τοπίο ή πορτρέτο της οθόνης της συσκευής, με βάση την διάταξη της συσκευής. Η 5η και 6η γενιά Apple iPod Nano διαθέτει ένα ενσωματωμένο επιταχυνσιόμετρο και μια εφαρμογή που ονομάζεται Fitness και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καταγράψει τα βήματα κατά το περπάτημα ή το τρέξιμο [27].

Μαγνητόμετρο (magnetometer)

Το μαγνητόμετρο είναι ένα όργανο μέτρησης της δύναμης και σε ορισμένες περιπτώσεις, της κατεύθυνσης των μαγνητικών πεδίων. Πολλά smartphones διαθέτουν μαγνητόμετρα και παρέχουν εφαρμογές που λειτουργούν ως πυξίδες. Άλλες συσκευές τηλεφώνων, χρησιμοποιούν μαγνητόμετρα τριών αξόνων, τα οποία δεν είναι ευαίσθητα στον προσανατολισμό ή την ανύψωση της συσκευής. Ερευνητές στην Deutsche Telekom έχουν χρησιμοποιήσει μαγνητόμετρα ενσωματωμένα σε κινητές συσκευές για να επιτρέπουν 3D αλληλεπίδραση του χρήστη χωρίς αφή. Η διεπαφή που δημιούργησαν, ονομάζεται MagiTact και παρακολουθεί τις αλλαγές στο μαγνητικό πεδίο γύρω από ένα κινητό τηλέφωνο για να εντοπίσει τις διάφορες χειρονομίες από ένα χέρι που κρατάει ή φοράει ένα μαγνήτη [31].

1.3.2 Λειτουργικό Σύστημα Android

Το Android είναι λειτουργικό σύστημα το οποίο τρέχει τον πυρήνα του λειτουργικού Linux και έχει σχεδιαστεί για κινητές συσκευές με οθόνη αφής όπως smartphones και tablets. Αρχικά αναπτύχθηκε από την Google και αργότερα από την Open Handset Alliance. Το πρώτο κινητό τηλέφωνο με Android κυκλοφόρησε τον Οκτώβριο του 2008. Η Google δημοσίευσε το μεγαλύτερο μέρος του κώδικα του Android υπό τους όρους της Apache License, μιας ελεύθερης άδειας λογισμικού. Αυτό σημαίνει ότι το Android μπορεί να τροποποιηθεί και να διανεμηθεί ελεύθερα από τους κατασκευαστές συσκευών και τους προγραμματιστές. Επιπλέον, το Android διαθέτει μια μεγάλη κοινότητα προγραμματιστών που αναπτύσσουν εφαρμογές οι οποίες επεκτείνουν τη λειτουργικότητα των συσκευών, γραμμένες σε μια προσαρμοσμένη έκδοση της γλώσσας προγραμματισμού Java για Android.

Αυτοί οι παράγοντες συνέβαλαν στο να γίνει το Android το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο λειτουργικό σύστημα για smartphone και το λογισμικό που επιλέγουν οι περισσότερες εταιρείες λογισμικού για συσκευές υψηλής τεχνολογίας, καθώς έχει χαμηλό κόστος, είναι προσαρμόσιμο και ελαφρύ και δεν απαιτείται ανάπτυξη λογισμικού από το μηδέν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, παρά το γεγονός ότι αρχικά σχεδιάστηκε για smartphones και tablets, να έχουν δημιουργηθεί εφαρμογές Android για τηλεοράσεις, κονσόλες παιχνιδιών και ψηφιακές κάμερες [28].

1.3.2.1 Εκδόσεις Android

Η πρώτη beta έκδοση Android κυκλοφόρησε στις 5 Νοεμβρίου 2007. Από τότε έχουν κυκλοφορήσει πολλές εκδόσεις και έχουν γίνει ενημερώσεις οι οποίες περιγράφονται σε κάθε έκδοση

με έναν αριθμό που ονομάζεται API Level και προσδιορίζει το API framework που υποστηρίζεται. Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζονται όλες οι εκδόσεις Android που έχουν κυκλοφορήσει, με το API Level που υποστηρίζουν [22].

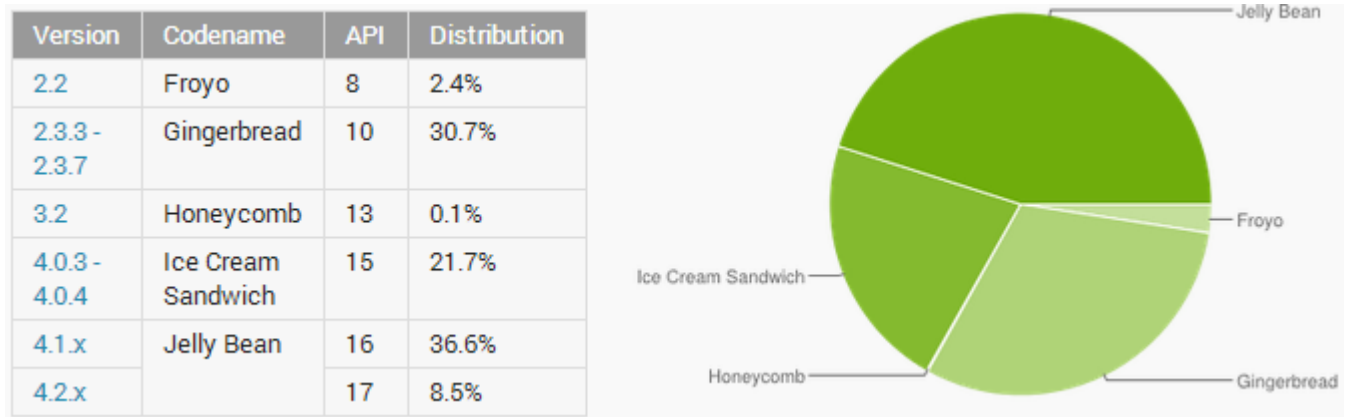
Platform Version	API Level	VERSION_CODE
Android 4.3	18	JELLY_BEAN_MR2
Android 4.2, 4.2.2	17	JELLY_BEAN_MR1
Android 4.1, 4.1.1	16	JELLY_BEAN
Android 4.0.3, 4.0.4	15	ICE_CREAM_SANDWICH_MR1
Android 4.0, 4.0.1, 4.0.2	14	ICE_CREAM_SANDWICH
Android 3.2	13	HONEYCOMB_MR2
Android 3.1.x	12	HONEYCOMB_MR1
Android 3.0.x	11	HONEYCOMB
Android 2.3.4 Android 2.3.3	10	GINGERBREAD_MR1
Android 2.3.2 Android 2.3.1 Android 2.3	9	GINGERBREAD
Android 2.2.x	8	FROYO
Android 2.1.x	7	ECLAIR_MR1
Android 2.0.1	6	ECLAIR_0_1
Android 2.0	5	ECLAIR
Android 1.6	4	DONUT
Android 1.5	3	CUPCAKE
Android 1.1	2	BASE_1_1
Android 1.0	1	BASE

Σχήμα 1.1 Οι εκδόσεις Android που έχουν κυκλοφορήσει. (Πηγή: developer.android.com¹)

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι σημαντικές βελτιώσεις του λειτουργικού συστήματος υπήρξαν στην έκδοση 2.2, καθώς υλοποιήθηκαν βελτιστοποιήσεις της ταχύτητας και της μνήμης αυξάνοντας την απόδοση του. Ακόμα, από την έκδοση 2.2 και έπειτα υποστηρίζεται η βιβλιοθήκη OpenGL 2.0 και η υπηρεσία Google Play, οι οποίες είναι απαραίτητες για την χρήση της έκδοσης 2.0 των χαρτών της Google για Android. Τα στατιστικά στοιχεία χρήσης των εκδόσε-

¹Άρθρο στο διαδίκτυο <http://developer.android.com/guide/topics/manifest/uses-sdk-element.html#ApiLevels>. Ελέγχθηκε 4/9/2013

ων Android, τα οποία έχουν καταγραφεί μέχρι και την 4η Σεπτεμβρίου 2013, παρουσιάζονται παρακάτω. Οι εκδόσεις που κατέχουν ποσοστό χρήσης μικρότερο από 0,1% δεν φαίνονται στο σχήμα.



Σχήμα 1.2 Η κατανομή χρήσης των εκδόσεων Android.(Πηγή: developer.android.com²)

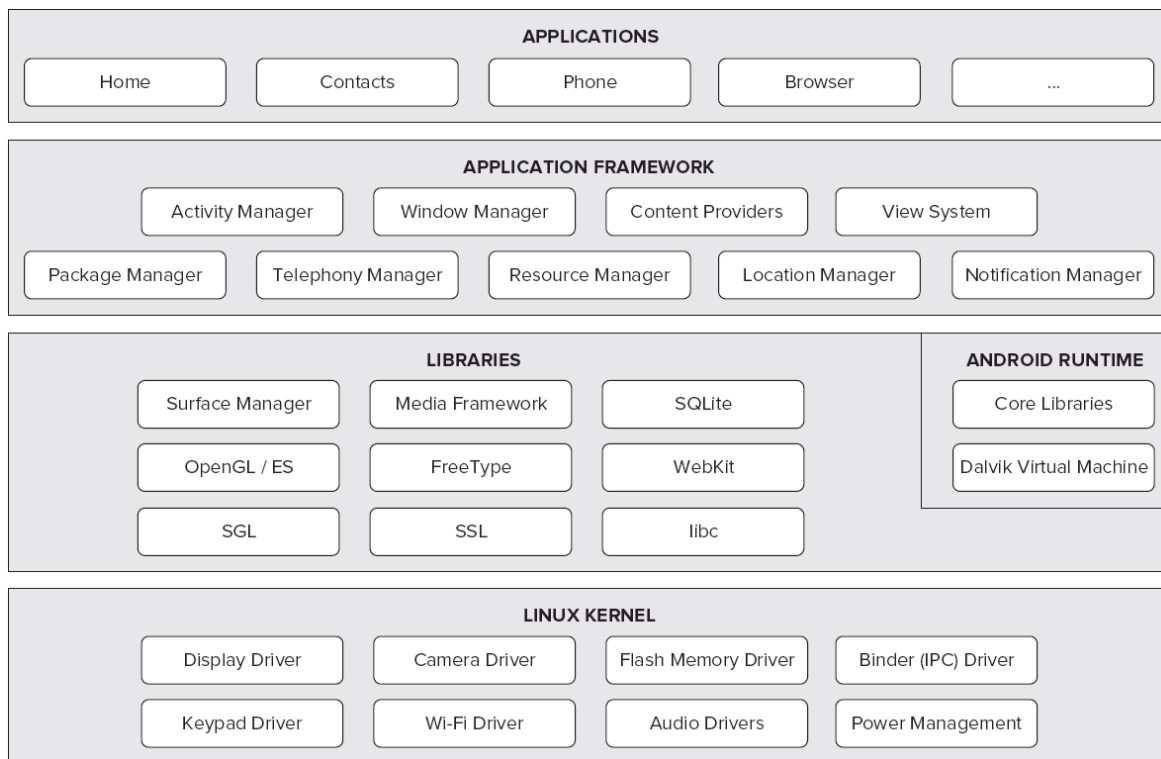
1.3.2.2 Αρχιτεκτονική του Android

Το λειτουργικό σύστημα Android αποτελείται από τέσσερα βασικά επίπεδα, τα οποία χωρίζονται σε πέντε τμήματα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.3 [13].

- *Πυρήνας Linux* - Αποτελεί τον πυρήνα στον οποίο είναι βασισμένο το Android. Αυτό το επίπεδο, περιλαμβάνει όλους τους χαμηλού επιπέδου οδηγούς συσκευών για όλα τα hardware εξαρτήματα της συσκευής Android.
- *Βιβλιοθήκες (Libraries)* - Περιλαμβάνει τον κώδικα ο οποίος παρέχει τα βασικά χαρακτηριστικά του Android. Για παράδειγμα, η βιβλιοθήκη WebKit παρέχει λειτουργικότητα για περιήγηση στον ιστό.
- *Android Runtime* - Στο ίδιο επίπεδο με τις βιβλιοθήκες, το Android Runtime διαθέτει βιβλιοθήκες πυρήνα που επιτρέπουν στους προγραμματιστές να αναπτύσσουν εφαρμογές Android κάνοντας χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Java. Ακόμα, διαθέτει στην εικονική μηχανή Dalvik, η οποία επιτρέπει σε κάθε εφαρμογή να τρέχει σε ξεχωριστή διεργασία. Η Dalvik είναι μια εικονική μηχανή σχεδιασμένη για Android και βελτιστοποιημένη για να λειτουργεί σε κινητές συσκευές με μπαταρία και περιορισμένη μνήμη και επεξεργαστική ισχύ.

²Άρθρο στο διαδίκτυο <http://developer.android.com/about/dashboards/index.html>. Ελέγχθηκε 24/9/2013

- *Framework Εφαρμογών* - Προσφέρει τις ποικίλες δυνατότητες του λειτουργικού Android στους προγραμματιστές εφαρμογών, ώστε να μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν στις εφαρμογές που δημιουργούν.
- *Εφαρμογές* - Αποτελεί το υψηλότερο επίπεδο του λειτουργικού και διαθέτει όλες τις εφαρμογές που τρέχουν στη συσκευή όπως το τηλέφωνο, την διαχείριση επαφών και τον περιηγητή ιστού.



Σχήμα 1.3 Η αρχιτεκτονική του λειτουργικού συστήματος Android (Πηγή: programmer-sband.com³)

1.3.2.3 Χαρακτηριστικά του Android

Λόγω του ότι το Android αποτελεί λειτουργικό σύστημα ανοιχτού κώδικα και είναι διαθέσιμο για οποιαδήποτε τροποποίηση, δεν περιλαμβάνει καθορισμένες ρυθμίσεις υλικού και λογισμικού. Παρόλα αυτά, υποστηρίζει από μόνο του τις λειτουργίες που περιγράφονται παρακάτω[13].

³Άρθρο στο διαδίκτυο <http://programmersband.com/android-architecture/>. Ελέγχθηκε 4/9/2013

- *Αποθήκευση Δεδομένων* - Χρήση της SQLite, μιας ελαφριάς βάσης δεδομένων για τις ανάγκες αποθήκευσης.
- *Συνδεσιμότητα* - Υποστηρίζει τεχνολογίες συνδεσιμότητας GSM/EDGE, CDMA, IDEN, EV-DO, UMTS, Bluetooth, LTE, WiMAX και Wi-Fi.
- *Υπηρεσίες Μηνυμάτων* - Υποστηρίζει αποστολή και λήψη SMS και MMS.
- *Περιήγηση στον Ιστό* - Για την περιήγηση στον ιστό διαθέτει φυλλομετρητή βασισμένο στην ανοιχτή τεχνολογία WebKit.
- *Υποστήριξη Πολυμέσων* - Παρέχει υποστήριξη για τις ακόλουθες μορφές πολυμέσων: H.263, H.264 (σε 3GP ή MP4container), MPEG-4 SP, AMR, AMR-WB, AAC, HE-AAC, MP3, MIDI, OGG Vorbis, WAV, JPEG, PNG, GIF, BMP.
- *Υποστήριξη υλικού* - Υποστηρίζει κάμερες στατικής ή κινούμενης εικόνας, οθόνες αφής, GPS, αισθητήρες επιτάχυνσης, μαγνητόμετρα, καθώς και proximity sensors.
- *Multitasking* - Υποστηρίζει multitasking εφαρμογές.

Οι περισσότερες λειτουργίες του τηλεφώνου τρέχουν σαν εφαρμογές πάνω στο ενδιάμεσο λογισμικό (middleware) που διαθέτει. Το ενδιάμεσο λογισμικό είναι γραμμένο σε Java και C/C++. Οι εφαρμογές που τρέχουν σε Android είναι γραμμένες σε Java και μεταγλωττίζονται σε προσαρμοσμένο πηγαίο κώδικα που ονομάζεται Dalvik EXecutable (DEX) και εκτελούνται στην εικονική μηχανή Dalvik VM, η οποία είναι σχεδιασμένη για χρήση σε φορητές συσκευές. Οι εφαρμογές επικοινωνούν με τον μηχανισμό binder IPC, ο οποίος παρέχει διαφανή ανταλλαγή μηνυμάτων με χρήση δεμάτων [6].

Οι εφαρμογές Android αναπτύσσονται στη γλώσσα Java χρησιμοποιώντας το Android Software Development Kit (SDK). Το SDK περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο σύνολο εργαλείων ανάπτυξης, όπως πρόγραμμα εντοπισμού σφαλμάτων (debugger), βιβλιοθήκες λογισμικού, emulator κινητού τηλεφώνου που βασίζεται σε QEMU, documentation, δείγματα κώδικα και tutorials. Το επίσημο περιβάλλον ανάπτυξης για εφαρμογές Android είναι το Eclipse (IDE) κάνοντας χρήση του Android Development Tools (ADT) plugin [28].

Ακόμα, το περιβάλλον προγραμματισμού Eclipse επιτρέπει την ενσωμάτωση εργαλείων και τεχνικών εξόρυξης δεδομένων χρησιμοποιώντας το API του WEKA. Το WEKA προσφέρει ένα πακέτο κλάσεων για προγραμματιστές που επιτρέπει την διαχείριση και την προεπεξεργασία δεδομένων (preprocessing), αλγορίθμους κατηγοριοποίησης (classification) και συσταδοποίησης

(clustering) και την αξιολόγηση των επιδόσεων τους (evaluation). Έτσι, συμπεριλαμβάνοντας το πακέτο των κλάσεων του Weka και μέσω κώδικα Java είναι δυνατή η χρήση τεχνικών εξόρυξης γνώσης σε εφαρμογές Android [33].

1.4 Εξόρυξη Δεδομένων και Εξόρυξη Δεδομένων σε Κινητές Συσκευές

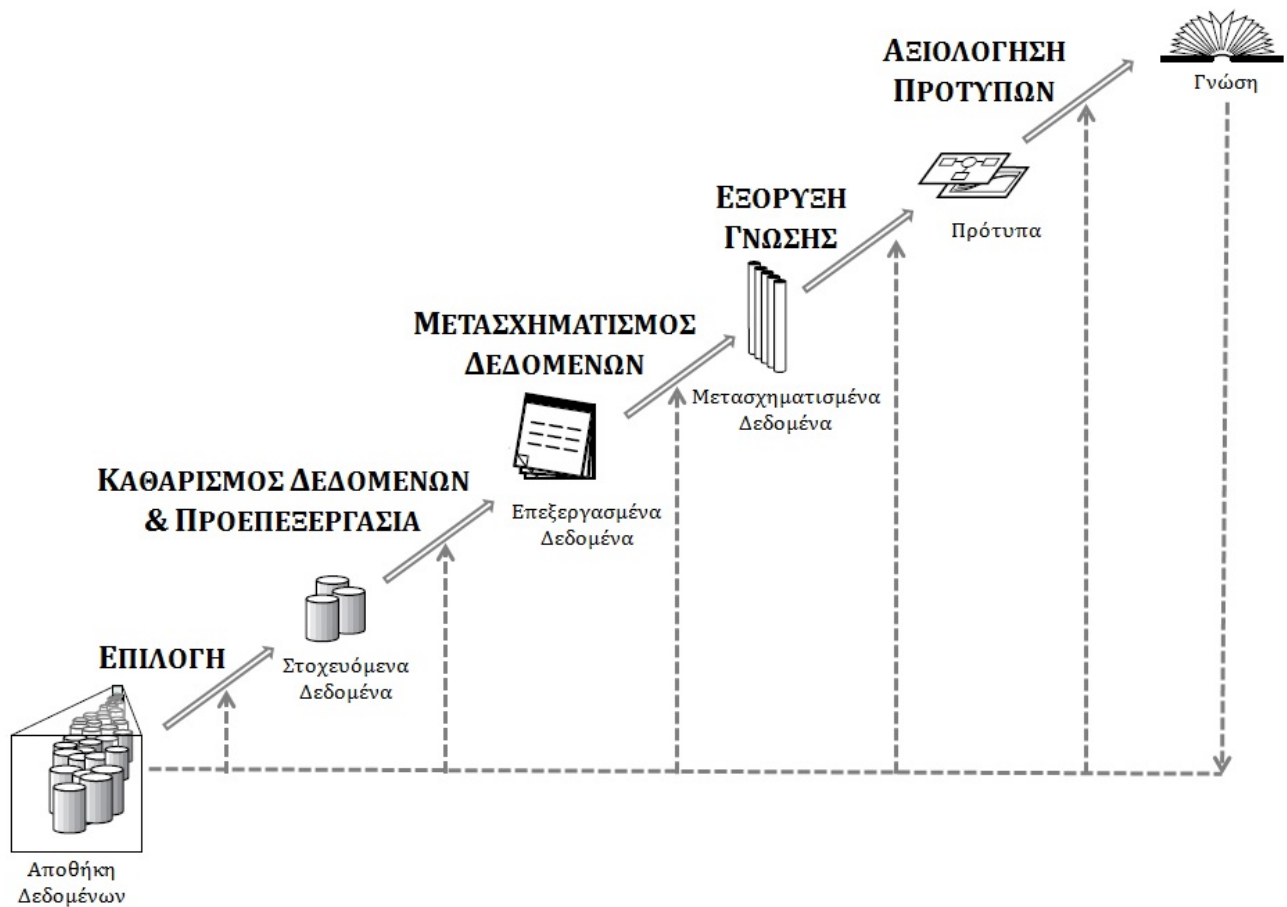
1.4.1 Εξόρυξη Δεδομένων (Data Mining)

Με τον όρο *εξόρυξη δεδομένων* αναφερόμαστε στη διαδικασία επιλογής, εξερεύνησης και μοντελοποίησης μεγάλου όγκου δεδομένων, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία είναι αρχικά άγνωστα, ώστε να προκύψουν σαφή και χρήσιμα αποτελέσματα για τον χρήστη της βάσης δεδομένων [10].

Η ανακάλυψη γνώσης από μια βάση δεδομένων (KDD - Knowledge Discovery from Database), αναφέρεται σε ολόκληρη τη διαδικασία ανακάλυψης χρήσιμης πληροφορίας από μεγάλα σύνολα δεδομένων [1]. Η εξόρυξη δεδομένων αποτελεί το βήμα της KDD διαδικασίας, στο οποίο οι αλγόριθμοι εκμάθησης εφαρμόζονται στα δεδομένα [10].

Η διαδικασία *KDD* είναι μια διαλογική και επαναληπτική διαδικασία που περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα (Σχήμα 1.4) [1].

1. *Ανάπτυξη και κατανόηση της περιοχής της εφαρμογής*, της υπάρχουσας γνώσης στον τομέα έρευνας και τους τελικούς στόχους.
2. *Ολοκλήρωση των δεδομένων*, συνδυάζοντας πολλαπλές πηγές δεδομένων ώστε να καθοριστεί το σύνολο στο οποίο τελικά η διαδικασία εξόρυξης πρόκειται να εφαρμοστεί.
3. *Δημιουργία του στόχου - συνόλου δεδομένων*, επιλέγοντας το σύνολο δεδομένων (μεταβλητές, δείγματα δεδομένων) στο οποίο η διαδικασία εξόρυξης πρόκειται να εκτελεστεί.
4. *Καθαρισμός και προεπεξεργασία δεδομένων*, εφαρμόζοντας βασικές διαδικασίες όπως η αφαίρεση θορύβου, η συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών για τη διαμόρφωση ή τη μέτρηση του θορύβου, η απόφαση σχετικά με τις στρατηγικές διαχείρισης των ελλειπόντων πεδίων δεδομένων.



Σχήμα 1.4 Η διαδικασία ανακάλυψης γνώσης από μια βάση δεδομένων (KDD)

5. *Μετασχηματισμός των δεδομένων.* Τα δεδομένα μετασχηματίζονται σε μορφές κατάλληλες για εξόρυξη, κάνοντας χρήση μεθόδων μείωσης διαστάσεων για τη μείωση των υπό εξέταση μεταβλητών ή την εύρεση κατάλληλης αντιπροσώπευσης των δεδομένων χωρίς μεταβλητές.
6. *Επιλογή των στόχων και των αλγορίθμων εξόρυξης δεδομένων.* Σε αυτό το βήμα αποφασίζεται ο στόχος της KDD διαδικασίας, επιλέγοντας τους στόχους εξόρυξης δεδομένων που πρέπει να επιτευχθούν. Ακόμα, επιλέγονται οι μέθοδοι εξόρυξης δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις και τα γενικά κριτήρια της KDD διαδικασίας.
7. *Εξόρυξη δεδομένων,* εφαρμόζοντας ευφυείς μεθόδους με στόχο την εύρεση προτύπων γνώσης. Τα πρότυπα μπορεί να είναι κανόνες κατηγοριοποίησης, δέντρα, παλινδρόμηση, συσταδοποίηση, κτλ.

8. *Αξιολόγηση των προτύπων.* Τα πρότυπα που προέκυψαν από την εξόρυξη δεδομένων αξιολογούνται με κάποια μέτρα, προκειμένου να προσδιοριστούν τα πρότυπα που αντιπροσωπεύουν καλύτερα την εξαγόμενη γνώση.
9. *Σταθεροποίηση και παρουσίαση της γνώσης,* ενσωματώνοντας τη γνώση στο σύστημα ή απεικονίζοντας την χρησιμοποιώντας τεχνικές αντιπροσώπευσης γνώσης, ώστε να μπορεί να παρουσιαστεί η εξορυγμένη γνώση στον χρήστη.

1.4.1.1 Μέθοδοι Εξόρυξης Δεδομένων

Η εξόρυξη δεδομένων έχει ως βασικό στόχο την εφαρμογή τεχνικών περιγραφής και πρόβλεψης σε μεγάλα σύνολα δεδομένων. Η *πρόβλεψη* έχει ως στόχο την πρόβλεψη της συμπεριφοράς κάποιων μεταβλητών που παρουσιάζουν ενδιαφέρον και οι οποίες βασίζονται στην συμπεριφορά άλλων μεταβλητών. Η *περιγραφή* στοχεύει στην ανακάλυψη προτύπων και αναπαριστά τα δεδομένα μιας πολύπλοκης βάσης δεδομένων με κατανοητό και αξιοποιήσιμο τρόπο. Όλες οι υπάρχουσες μέθοδοι εξόρυξης δεδομένων έχουν ως βασικό στόχο να προσδιορίσουν και να περιγράψουν τα πρότυπα γνώσης που εξάγονται από ένα σύνολο δεδομένων. Οι κυριότερες μέθοδοι εξόρυξης δεδομένων περιγράφονται παρακάτω.

- *Κατηγοριοποίηση (Classification).* Αποτελεί μια από τις βασικές εργασίες εξόρυξης δεδομένων. Βασίζεται στην εξέταση των χαρακτηριστικών ενός μη-κατηγοριοποιημένου αντικειμένου, το οποίο με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά αντιστοιχίζεται σε κάποια από τις κατηγορίες που έχουν προκαθοριστεί. Η βασική εργασία κατηγοριοποίησης, είναι η δημιουργία ενός μοντέλου το οποίο θα μπορούσε να εφαρμοστεί για να κατηγοριοποιεί μη-κατηγοριοποιημένα δεδομένα. Χρησιμοποιεί ένα σύνολο κατηγοριοποιημένων δεδομένων για την εκπαίδευση του μοντέλου και απαιτεί έναν καλά καθορισμένο ορισμό των κατηγοριών. Οι αλγόριθμοι κατηγοριοποίησης διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες τεχνικών, τα Δέντρα Απόφασης (Decision Trees) και τα Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks).
- *Συσταδοποίηση (Clustering).* Είναι η διαδικασία καταμερισμού ετερογενών δεδομένων σε ένα σύνολο περισσότερων ετερογενών συστάδων. Σε αντίθεση με την κατηγοριοποίηση, η συσταδοποίηση δεν βασίζεται σε προκαθορισμένες κατηγορίες. Οι εγγραφές των δεδομένων ομαδοποιούνται σε σύνολα με βάση την ομοιότητα που παρουσιάζουν μεταξύ τους.
- *Κανόνες Συσχέτισης (Association Rules).* Οι κανόνες συσχέτισης στοχεύουν στην ανακάλυψη κρυμμένων συσχετίσεων μεταξύ των γνωρισμάτων ενός συνόλου δεδομένων. Παρέχουν

έναν συνοπτικό τρόπο για να εκφραστούν οι ενδεχομένως χρήσιμες πληροφορίες και να γίνουν κατανοητές από τους τελικούς χρήστες.

- *Πρότυπα ακολουθιών (Sequential Patterns)*. Η εξόρυξη πρότυπων ακολουθιών αναφέρεται στην ανίχνευση των συχνά εμφανιζόμενων προτύπων σχετικών με τον χρόνο ή άλλες ακολουθίες. Οι περισσότερες έρευνες στα πρότυπα ακολουθιών επικεντρώνονται σε συμβολικά πρότυπα.
- *Παλινδρόμηση (Regression)*. Αναφέρεται στην εκμάθηση μιας λειτουργίας που εκχωρεί τα δεδομένα σε μια μεταβλητή πρόβλεψης, η οποία παίρνει πραγματικές τιμές.

1.4.2 Εξόρυξη Δεδομένων σε Κινητές Συσκευές (Mobile Data Mining)

Ο στόχος της εξόρυξης γνώσης σε κινητές συσκευές (mobile data mining) είναι να παρέχει προηγμένες τεχνικές για την ανάλυση και την παρακολούθηση δεδομένων που καταγράφονται μέσω κινητών συσκευών [21].

Η εξόρυξη δεδομένων σε κινητές συσκευές, έχει να αντιμετωπίσει τα τυπικά ζητήματα της εξόρυξης δεδομένων σε ένα καταναεμημένο περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα και τους τεχνολογικούς περιορισμούς ενός κινητού τηλεφώνου, όπως δίκτυα με χαμηλό bandwidth, περιορισμένη χωρητικότητα αποθήκευσης, μικρή ισχύς μπαταρίας, αργούς επεξεργαστές και μικρές οθόνες για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων [18].

Ο τομέας της εξόρυξης δεδομένων σε κινητές συσκευές περιλαμβάνει διάφορα σενάρια εφαρμογών, στις οποίες ένα κινητό τηλέφωνο μπορεί να καταγράφει δεδομένα, να τα αναλύει, να αποτελεί τον client ενός απομακρυσμένου server που υλοποιεί την εξόρυξη δεδομένων ή να υλοποιεί τον συνδυασμό αυτών των λειτουργιών. Πιο συγκεκριμένα, μπορούμε να διακρίνουμε τρία βασικά σενάρια για την εξόρυξη δεδομένων σε κινητές συσκευές [21].

1. Η κινητή συσκευή χρησιμοποιείται σαν τερματικό για την πρόσβαση σε έναν απομακρυσμένο server ο οποίος παρέχει υπηρεσίες εξόρυξης δεδομένων. Ο server αναλύει τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε μια τοπική ή καταναεμημένη βάση δεδομένων και στέλνει τα αποτελέσματα της διαδικασίας εξόρυξης στην συσκευή για να τα απεικονίσει.
2. Τα δεδομένα που καταγράφηκαν μέσω μιας κινητής συσκευής, αποστέλλονται σε έναν απομακρυσμένο server και αποθηκεύονται σε μια τοπική βάση δεδομένων. Τα δεδομένα αναλύονται κάνοντας χρήση συγκεκριμένων αλγορίθμων εξόρυξης δεδομένων και τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται για να ληφθούν αποφάσεις για κάποιο συγκεκριμένο σκοπό.

3. Η ανάλυση των δεδομένων υλοποιείται στις κινητές συσκευές. Βέβαια λόγω της μειωμένης επεξεργαστικής ισχύος και χωρητικότητας των σύγχρονων συσκευών, δεν είναι πάντα εφικτή η υλοποίηση όλων των αλγορίθμων εξόρυξης δεδομένων σε μια κινητή συσκευή. Ωστόσο, κάποια βήματα της διαδικασίας εξόρυξης, όπως η επιλογή και η προεπεξεργασία των δεδομένων μπορούν να εκτελεστούν σε μια τέτοια συσκευή, καθώς επίσης και μερικοί αλγόριθμοι εξόρυξης γνώσης που δεν απαιτούν μεγάλη επεξεργαστική ισχύ.

Μια πιο σύγχρονη προσέγγιση εξόρυξης δεδομένων σε κινητές συσκευές παρουσιάζουν οι Steinbauer et al.[16], η οποία βασίζεται σε τεχνολογία cloud. Ο στόχος τους είναι να παρέχουν εργαλεία και τεχνικές για την ανάλυση δεδομένων κοινωνικών δικτύων σε σχεδόν πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα παράγονται και καταγράφονται από τους αισθητήρες της κινητής συσκευής και έπειτα αποστέλλονται σε ένα δυναμικό μοντέλο cloud για περαιτέρω επεξεργασία.

Στην εφαρμογή της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η διαδικασία της εξόρυξης δεδομένων βασίζεται στο τρίτο σενάριο που περιγράφηκε, καθώς η ανάλυση των δεδομένων υλοποιείται στην κινητή συσκευή. Κατά την εκκίνηση της εφαρμογής, γίνεται η εκπαίδευση του μοντέλου με δεδομένα εκπαίδευσης που βρίσκονται αποθηκευμένα στην εφαρμογή. Έπειτα, ξεκινά η καταγραφή των δεδομένων ενώ ταυτόχρονα γίνεται πρόβλεψη της κίνησης για κάθε εγγραφή χρησιμοποιώντας το μοντέλο κατηγοριοποίησης που έχει δημιουργηθεί.

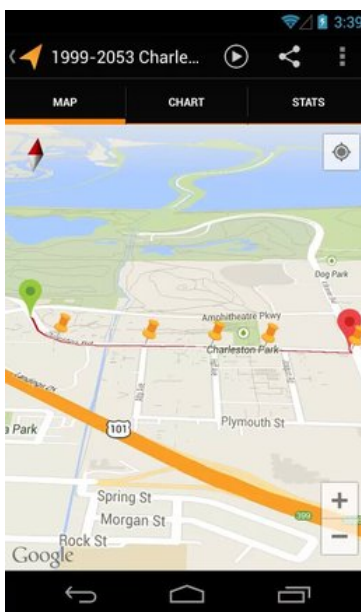
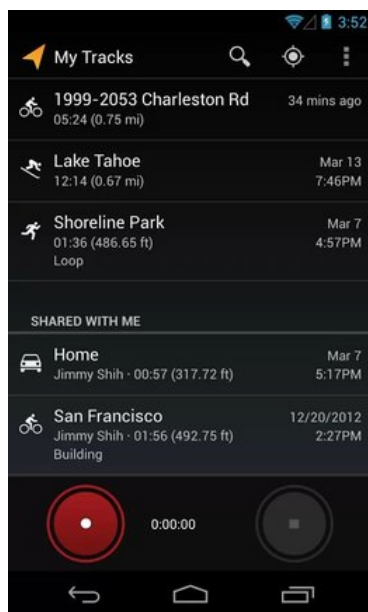
Κεφάλαιο 2

Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Εφαρμογές Δεδομένων Κίνησης

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές υπάρχουσες εφαρμογές για Android οι οποίες χρησιμοποιούν δεδομένα θέσης για να καταγράψουν την δραστηριότητα του χρήστη.

My Tracks

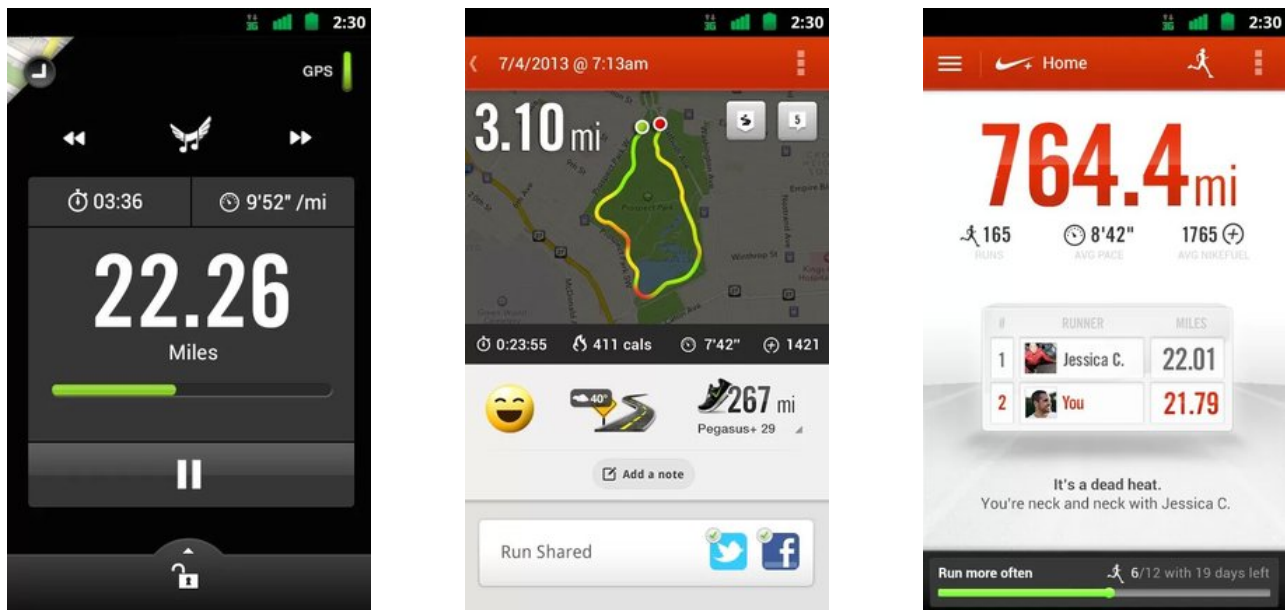


Σχήμα 2.1 Στιγμιότυπα χρήσης της εφαρμογής MyTracks (Πηγή: play.google.com¹⁾)

Η εφαρμογή My Tracks της Google καταγράφει τη διαδρομή, την ταχύτητα, την απόσταση και το υψόμετρο του χρήστη καθώς περπατάει, τρέχει, κάνει ποδήλατο ή οποιαδήποτε άλλη υπαίθρια δραστηριότητα. Ενώ καταγράφει δεδομένα, επιτρέπει στον χρήστη να δει τα δεδομένα κίνησης του, να χαρακτηρίσει την κίνηση που κάνει εκείνη τη στιγμή, ενώ ταυτόχρονα ακούει ανακοινώσεις για την πρόοδο των επιδόσεων του. Επίσης, εμφανίζει γραφήματα για την μεταβολή της ταχύτητας και του υψομέτρου σε προκαθορισμένες διαδρομές. Χρησιμοποιεί GPS για να καταγράψει γεωγραφικά δεδομένα και στατιστικά ταχύτητας αλλά και εξωτερικούς βιομετρικούς αισθητήρες (Zephyr HxM, Polar WearLink, ANT+) για να καταγράψει τον καρδιακό ρυθμό και την ταχύτητα.

Nike+ Running

Η εφαρμογή Nike+ Running της Nike χρησιμοποιεί το GPS και τον αισθητήρα επιτάχυνσης (accelerometer) για να καταγράψει με ακρίβεια την απόσταση, τον ρυθμό και τον χρόνο της διαδρομής του χρήστη.



Σχήμα 2.2 Στιγμιότυπα χρήσης της εφαρμογής Nike+ Running (Πηγή: [play.google.com](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nike.plusgps)²⁾

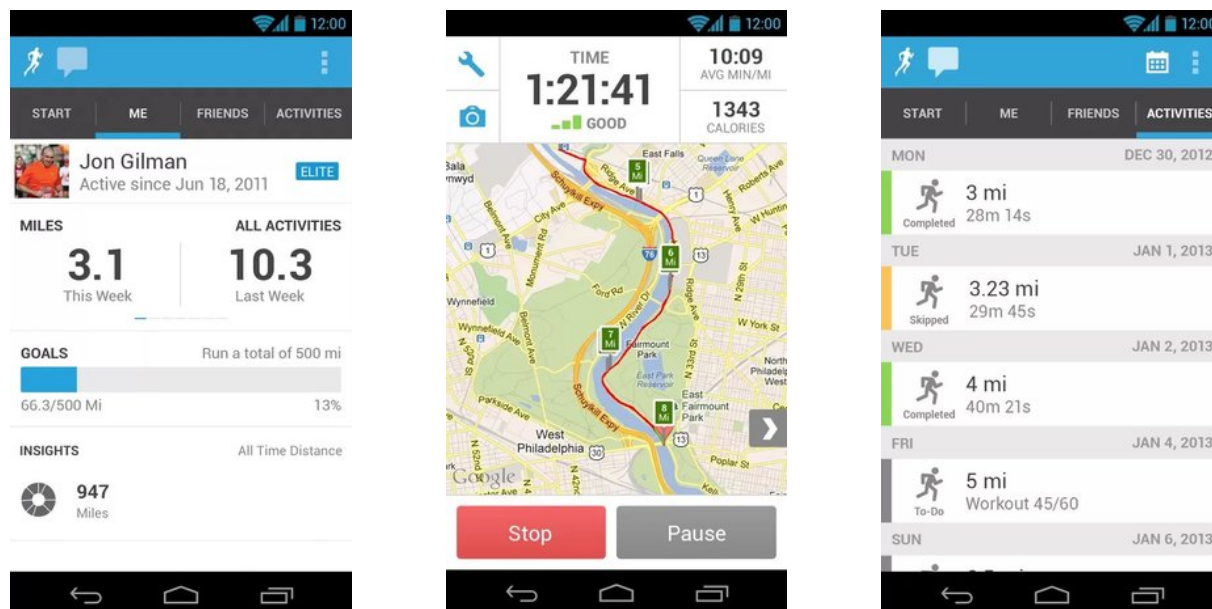
¹Άρθρο στο διαδίκτυο <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.maps.mytracks>. Ελέγχθηκε 4/9/2013

²Άρθρο στο διαδίκτυο <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nike.plusgps>. Ελέγχθηκε 4/9/2013

Έχει ως σκοπό να δώσει κίνητρο στον χρήστη για φυσική δραστηριότητα και για αυτό το λόγο του επιτρέπει να προσθέτει φίλους του να παρακολουθεί την δραστηριότητα τους και να μοιράζεται μαζί τους τις διαδρομές που έχει κάνει, ενώ διαθέτει επιλογή ενώ ο χρήστης κινείται να ακούει τα αγαπημένα του τραγούδια.

RunKeeper

Η εφαρμογή Runkeeper της FitnessKeeper έχει ως στόχο να κάνει ευχάριστη την φυσική δραστηριότητα του χρήστη. Λειτουργεί σε κινητά Android και χρησιμοποιεί το GPS της συσκευής για να καταγράψει τρέξιμο, περπάτημα, ποδηλασία και άλλες δραστηριότητες και εμφανίζει στατιστικά για τον ρυθμό, την απόσταση, τον χρόνο, τις θερμίδες που καίει και τον καρδιακό του ρυθμό. Ο χρήστης μπορεί να ενημερώνεται για τα στατιστικά και την πρόοδο του μέσω των ακουστικών του ενώ ταυτόχρονα ακούει συμβουλές προπόνησης. Επίσης, έχει τη δυνατότητα να ακούει μουσική κατά τη διάρκεια της άσκησης και να τραβάει φωτογραφίες για να τις μοιράζεται. Ακόμα, εφαρμογή κρατάει ιστορικό των δραστηριοτήτων και ενημερώνει τον χρήστη όταν φτάσει σε νέο ρεκόρ επίδοσης, ενώ του προτείνει πλάνα άσκησης για να φτάσει σε συγκεκριμένη φυσική κατάσταση.



Σχήμα 2.3 Στιγμιότυπα χρήσης της εφαρμογής RunKeeper (Πηγή: [play.google.com](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fitnesskeeper.runkeeper.pro)³)

³Άρθρο στο διαδίκτυο <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fitnesskeeper.runkeeper.pro>. Ε-λέγχθηκε 4/9/2013

Στον Πίνακα 2.1, συνοψίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των εφαρμογών που περιγράφηκαν και της εφαρμογής GPSTracker της παρούσας εργασίας. Θα ήταν καλό να αποσαφηνιστεί ότι το χαρακτηριστικό *Απεικόνιση σε χάρτη* περιγράφει την απεικόνιση της κίνησης του χρήστη σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή την αποτύπωση της θέσης του χρήστη ενώ αυτός κινείται και όχι αφότου σταματήσει την καταγραφή.

Πίνακας 2.1 Σύνοψη των χαρακτηριστικών των σχετικών εφαρμογών.

Εφαρμογή	Αναγνώριση κίνησης	Απεικόνιση σε χάρτη	Καρδιακός ρυθμός
MyTracks	όχι	ναι	ναι
Nike+ Running	όχι	όχι	όχι
Runkeeper	όχι	ναι	ναι
GPSTracker	ναι	ναι	όχι

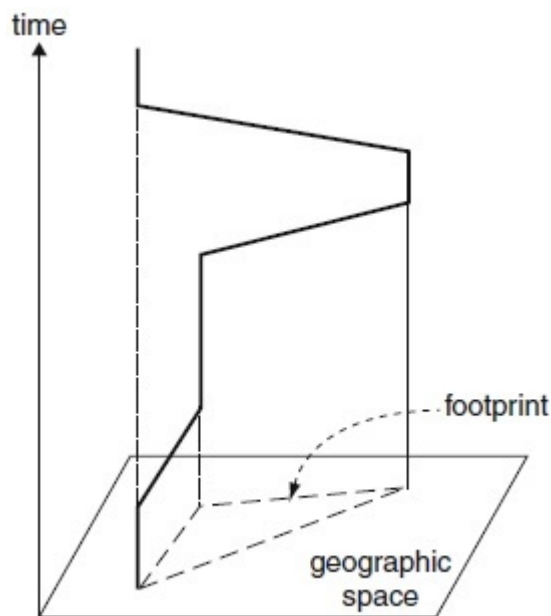
Όλες οι εφαρμογές που περιγράφηκαν καταγράφουν δεδομένα κίνησης με χρήση GPS αλλά από την σύγκριση των χαρακτηριστικών τους μπορούμε να συμπεράνουμε ότι διαφέρει ο σκοπός τους. Οι τρεις πρώτες εφαρμογές έχουν ως βασικό στόχο την καταγραφή των αθλητικών δραστηριοτήτων του χρήστη και των επιδόσεων του σε αυτές και διαθέτουν διάφορα εργαλεία για να του δίνουν κίνητρο για φυσική δραστηριότητα. Αντίθετα, η εφαρμογή GPSTracker έχει ως στόχο να καταγράψει την κίνηση του χρήστη κατά τη διάρκεια της ημέρας και όχι μόνο κατά τις αθλητικές δραστηριότητες και χωρίς να απαιτεί από τον χρήστη τον χαρακτηρισμό της κίνησης του, ώστε ο χρήστης να μπορεί να παρακολουθεί την καθημερινή του δραστηριότητα.

2.2 Δεδομένα Κίνησης και Χαρακτηριστικά

Στις μέρες μας, οι καθημερινές δραστηριότητες των ανθρώπων δημιουργούν συνεχώς ψηφιακά ίχνη μέσω των ασύρματων δικτύων των κινητών τηλεφώνων. Οι τεχνολογίες προσδιορισμού θέσης όπως το GPS, το UMTS και το GSM, συνεχώς βελτιώνονται ως προς την ακρίβεια της θέσης του χρήστη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να αναγνωριστούν χρησιμοποιώντας τα δεδομένα κίνησης που καταγράφονται μέσω των κινητών τηλεφώνων. Όμως, με ποιο τρόπο μπορεί να καταγραφεί η κίνηση του χρήστη και τι είδους δεδομένα απαιτούνται για τον καλύτερο προσδιορισμό της κίνησης;

2.2.1 Βασικές Αρχές Δεδομένων Κίνησης

Μια από τις πρώτες προοπτικές ανάλυσης των προτύπων ανθρώπινης δραστηριότητας και της κίνησης στον χωροχρόνο είναι η χρονο-γεωγραφία (time geography). Αναπτύχθηκε από μια ομάδα Σουηδών γεωγράφων το 1970, με σημαντικότερο εκπρόσωπο τον Torsten Hägerstrand. Η χρονο-γεωγραφία έχει χρησιμοποιηθεί από γενιές κοινωνικών επιστημόνων, ιδιαίτερα γεωγράφων και ερευνητών μεταφορών, για την περιγραφή και την ανάλυση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στον χώροχρόνο. Θεωρεί και απεικονίζει τις δραστηριότητες ενός ατόμου σε ένα 24-ωρο ως μία συνεχή χρονική ακολουθία στον γεωγραφικό χώρο. Ο αριθμός και οι τοποθεσίες των καθημερινών δραστηριοτήτων ενός ατόμου περιορίζονται από τον διαθέσιμο χρόνο και από ποικίλες υποχρεωτικές δραστηριότητες (π.χ. εργασία). Η τροχιά της κίνησης του χρήστη θεωρείται μια διαδρομή στον χωρόχρονο και αναπαρίσταται στον τρισδιάστατο χώρο χρησιμοποιώντας τον οριζόντιο άξονα για την αναπαράσταση του γεωγραφικού χώρου και τον κάθετο άξονα για τον χρόνο. Η αναπαράσταση αυτή ονομάζεται κύβος χωροχρόνου (space-time cube) και απεικονίζεται στο Σχήμα 2.4 [9] [17].



Σχήμα 2.4 Απεικόνιση του space-time cube (Πηγή: Giannotti et al.,2008)

Η γραμμή αναπαριστά τις κινήσεις μιας οντότητας, για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε έναν εργαζόμενο, ο οποίος αρχικά ήταν στο σπίτι, μετά πήγε στη δουλειά του και έμεινε εκεί για ένα χρονικό διάστημα, μετά πήγε στο σουπερμάρκετ για ψώνια και αφού έμεινε κι εκεί για λίγο,

γύρισε σπίτι. Οι κάθετες γραμμές ερμηνεύονται σαν την παραμονή του χρήστη σε συγκεκριμένο μέρος (σπίτι, εργασία, σουπερμάρκετ). Τα κεκλιμένα τμήματα της γραμμής υποδεικνύουν κινήσεις. Όσο πιο αργή είναι η κίνηση, τόσο πιο απότομη είναι η γραμμή. Η ευθεία γραμμή δείχνει ότι το άτομο κινείται με σταθερή ταχύτητα, η οποία είναι συνήθως μια προσέγγιση της πραγματικής συμπεριφοράς. Η απεικόνιση αυτής της αναπαράστασης σε χάρτη είναι το αποτύπωμα της διαδρομής που ακολούθησε ο χρήστης.

2.2.2 Χαρακτηριστικά Κίνησης

Για την αναγνώριση της δραστηριότητας του χρήστη πρέπει να εξεταστούν πολλοί παράγοντες της κίνησης. Αρχικά, τα χαρακτηριστικά της κάθε κίνησης όπως για παράδειγμα η ταχύτητα και η κατεύθυνση, η τροχιά της κίνησης που ακολουθεί ο χρήστης αλλά και τα χαρακτηριστικά του χρήστη. Παράλληλα, πολλά συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν για την φύση της κίνησης παρατηρώντας το περιβάλλον της και τα συμβάντα που εξελίσσονται σε αυτό [9].

Η έννοια της *κίνησης* μπορεί να οριστεί σαν την μεταβολή της φυσικής θέσης μιας οντότητας σε σχέση με ένα σύστημα αναφοράς στο οποίο μπορεί να προσδιοριστεί η θέση της οντότητας. Το σύστημα αναφοράς συνήθως είναι ένας γεωγραφικός χώρος.

Η κίνηση μιας οντότητας αποτελείται από *τροχιές*, δηλαδή από τις διαδρομές που ακολουθεί η οντότητα στον χώρο κατά την κίνηση της. Μια διαδρομή δεν δημιουργείται ποτέ στιγμιαία, αντίθετα απαιτεί ένα χρονικό διάστημα. Για αυτό τον λόγο, η τροχιά στην οποία κινείται μια οντότητα πρέπει να συνδέεται με τον χρόνο και μπορεί να περιγραφεί από μια σειρά εγγραφών της μορφής (χρονική στιγμή, θέση).

Χώρος

Ως χώρος μπορεί να θεωρηθεί το σύνολο από τοποθεσίες και μέρη, με την ιδιότητα να μπορεί να οριστεί η απόσταση μεταξύ τους. Για τη διάκριση των διαφορετικών τοποθεσιών στον χώρο πρέπει να θεωρηθεί ένα σύστημα αναφοράς, όπως ένα σύστημα συντεταγμένων. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του προβλήματος, ο χώρος μπορεί να θεωρηθεί ως δισδιάστατος ή τρισδιάστατος, δηλαδή ένα σημείο μπορεί να περιγραφεί από δύο ή τρεις συντεταγμένες αντίστοιχα.

Ο φυσικός χώρος είναι συνεχής, το οποίο σημαίνει ότι αποτελείται από άπειρο αριθμό από τοποθεσίες. Από την άλλη πλευρά, κάποιες φορές μπορεί να είναι χρήσιμο να θεωρούμε τον χώρο διακριτό ή από πεπερασμένο αριθμό από τοποθεσίες. Σε κάποιες περιπτώσεις, η διακριτοποίηση του χώρου μπορεί να είναι απαραίτητη, όταν οι θέσεις των οντοτήτων δεν μπορούν

να προσδιοριστούν με ακρίβεια αλλά με την έννοια ευρύτερης περιοχής όπως για παράδειγμα περιοχές δικτύου κινητής τηλεφωνίας, περιοχές μιας πόλης ή χώρες.

Ο χώρος μπορεί να δομηθεί με διάφορους τρόπους για να επιτευχθεί καλύτερη καταγραφή της κίνησης μιας οντότητας. Ένας τρόπος είναι η ιεραρχική διαίρεση, για παράδειγμα μια χώρα χωρίζεται σε επαρχίες, οι επαρχίες σε δήμους και οι κοινότητες σε επαρχίες. Περιοχές μπορούν να προκύψουν ακόμα από γεωγραφική διαίρεση, δηλαδή δημιουργώντας κελιά στον χώρο με συγκεκριμένο μέγεθος (π.χ. 1 km^2). Επίσης, ένας πολύ κοινός τρόπος δόμησης του φυσικού χώρου είναι με βάση το οδικό δίκτυο.

Γενικά, οι πιθανοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να προσδιοριστεί η θέση μιας οντότητας στον γεωγραφικό χώρο περιγράφονται παρακάτω.

- *Αναφορά με βάση συντεταγμένες.* Οι θέσεις ορίζονται με αριθμούς που αντιστοιχούν στη γραμμική ή γωνιακή απόσταση από καθορισμένους άξονες ή γωνίες.
- *Αναφορά με βάση τη διαίρεση του χώρου.* Αναφέρεται σε περιοχές μιας γεωμετρική ή σημασιολογική διαίρεση του χώρου, ενδεχομένως ιεραρχική.
- *Γραμμική αναφορά.* Αναφέρονται σε σχετικές θέσεις κατά μήκος γραμμικών αντικειμένων όπως δρόμοι, ποτάμια, αγωγοί. Για παράδειγμα, ονόματα δρόμων καθώς και αριθμούς οπιδίων ή κωδικούς δρόμων και αποστάσεις από κάποιο από τα άκρα.

Χρόνος

Από μαθηματική άποψη, ο χρόνος είναι μια συνεχής σειρά στοιχείων με γραμμική διάταξη και αποστάσεις μεταξύ των στοιχείων, όπου τα στοιχεία είναι στιγμές ή θέσεις στο χρόνο. Όπως συμβαίνει και με τον χώρο, απαιτείται ένα σύστημα αναφοράς για τον προσδιορισμό των χρονικών στιγμών στα δεδομένα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ως σύστημα αναφοράς χρησιμοποιείται το Γρηγοριανό ημερολόγιο (Gregorian calendar), και η διαίρεση του χρόνου σε ημέρες, μήνες, ώρες, λεπτά και δευτερόλεπτα. Η ώρα της ημέρας μπορεί να προσδιοριστεί με τη ζώνη ώρας της περιοχής στην οποία καταγράφονται τα δεδομένα ή με βάση την ζώνη ώρας του Greenwich (GMT). Υπάρχουν βέβαια περιπτώσεις, στις οποίες τα δεδομένα αναφέρονται σε σχετικές χρονικές στιγμές, για παράδειγμα ο χρόνος που έχει παρέλθει από την έναρξη μιας διαδικασίας ή της παρατήρησης.

Ο πραγματικός χρόνος περιλαμβάνει επίσης χρονικούς κύκλους που προκύπτουν από την καθημερινή και την ετήσια περιστροφή της γης. Αυτοί οι φυσικοί χρονικοί κύκλοι γίνονται αντιληπτοί με τη φυσική ροή του χρόνου, για παράδειγμα οι ημερομηνίες επαναλαμβάνονται

κάθε χρόνο και οι ώρες κάθε μέρα. Εκτός από τους φυσικούς χρονικούς κύκλους, υπάρχουν και αυτοί που σχετίζονται με τις δραστηριότητες των ανθρώπων, για παράδειγμα μια δραστηριότητα μπορεί να γίνεται μια φορά τη μέρα ή τη βδομάδα. Για τη ανάλυση των κινήσεων, είναι πολύ σημαντικό να είναι γνωστοί οι χρονικοί κύκλοι που σχετίζονται με την κίνηση. Οι ιδιότητες κάθε χρονικού κύκλου μπορεί να διαφέρουν και αυτές οι διαφορές μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση στις κινήσεις. Για παράδειγμα, οι κινήσεις των ανθρώπων τις καθημερινές διαφέρουν από τα Σαββατοκύριακα.

Όμως, η ετερογένεια των ιδιοτήτων κάθε χρονικής στιγμής δεν μπορεί να εκφραστεί σαφώς στα δεδομένα και για αυτό τον λόγο δεν είναι δυνατό να ληφθούν υπόψη αυτόματα στην ανάλυση των δεδομένων. Η ανάλυση των ιδιοτήτων του χώρου εξαρτάται σημαντικά από την ικανότητα του αναλυτή να χρησιμοποιήσει τις γνώσεις του και είναι απαραίτητο οι μέθοδοι και τα εργαλεία που θα χρησιμοποιήσει για την ανάλυση τους να του δίνουν αυτή τη δυνατότητα.

Κινούμενες οντότητες και τα χαρακτηριστικά τους

Εκτός από τα χαρακτηριστικά της κίνησης που αναφέρθηκαν, οι οντότητες που κινούνται έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά, τα οποία επηρεάζουν την κίνηση τους και πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάλυση των δεδομένων κίνησης. Έτσι, οι κινήσεις των ανθρώπων μπορεί να επηρεάζονται σημαντικά από το επάγγελμα, την ηλικία, την κατάσταση υγείας, την οικογενειακή κατάσταση και από άλλα χαρακτηριστικά. Ακόμα, μπορεί να αναλυθεί ο σκοπός της κίνησης ενός ανθρώπου, καθώς μπορεί έτσι να καθοριστεί η διαδρομή που θα ακολουθήσει και η ταχύτητα κίνησης του. Τα χαρακτηριστικά της κίνησης μπορεί επίσης να εξαρτώνται από τις δραστηριότητες των ανθρώπων ενώ κινούνται. Για παράδειγμα, η κίνηση ενός ανθρώπου σε ένα κατάστημα, διαφέρει από την κίνηση στον δρόμο. Επίσης, τα χαρακτηριστικά της κίνησης είναι διαφορετικά όταν ένας άνθρωπος απλά περπατάει από όταν περπατάει ενώ ταυτόχρονα μιλάει στο τηλέφωνο.

Σχετικά φαινόμενα και συμβάντα

Οι κινήσεις που εμφανίζονται σε ένα περιβάλλον, επηρεάζονται από τα διάφορα συμβάντα αυτού του περιβάλλοντος. Οι κινήσεις των ανθρώπων επηρεάζονται από το κλίμα και τις καιρικές συνθήκες, από τις αθλητικές και πολιτιστικές εκδηλώσεις, από τις τρέχουσες νομοθετικές ρυθμίσεις, από τα τέλη διοδίων και τις τιμές των καυσίμων, από τα τροχαία ατυχήματα και ούτω καθεξής. Για την ανίχνευση τέτοιων επιρροών κατά την ανάλυση των δεδομένων, ο αναλυτής πρέπει να χρησιμοποιήσει πρόσθετα στοιχεία και γνώσεις.

Χαρακτηριστικά της κίνησης

Όσον αφορά στα χαρακτηριστικά της κίνησης που μελετούνται, μπορούν να διακριθούν σε δυο κατηγορίες ανάλογα με το αν η κίνηση εξετάζεται σε επίπεδο στιγμιοτύπου ή σε επίπεδο τροχιάς κίνησης. Τα χαρακτηριστικά της κίνησης που μπορούν να καταγραφούν σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και να περιγράψουν ένα στιγμιότυπο είναι τα ακόλουθα :

- Χρονοσφραγίδα (timestamp) της συγκεκριμένης χρονικής στιγμής
- Θέση της οντότητας στον χώρο
- Κατεύθυνση
- Ταχύτητα
- Αλλαγή κατεύθυνσης
- Επιτάχυνση (αλλαγή ταχύτητας)
- Συνολικός χρόνος κίνησης
- Συνολική απόσταση που έχει διανυθεί

Ωστόσο, όταν η κίνηση εξετάζεται σε μεγαλύτερο χρονικό παράθυρο παρατηρώντας την τροχιά της κίνησης, τα χαρακτηριστικά της διαφοροποιούνται καθώς αναφέρονται σε ένα χρονικό διάστημα της κίνησης. Τα γνωρίσματα που περιγράφουν την κίνηση σε ένα χρονικό διάστημα παρατίθενται παρακάτω :

- Γεωμετρικό σχήμα της κίνησης στον χώρο
- Απόσταση που έχει διανυθεί στον χώρο
- Χρονική διάρκεια της κίνησης
- Διάνυσμα της κίνησης (από την αρχική στην τελική θέση)
- Μέση και μέγιστη τιμή της ταχύτητας
- Δυναμική συμπεριφορά της ταχύτητας (σταθερή ταχύτητα, επιτάχυνση, επιβράδυνση, μηδενική ταχύτητα)
- Δυναμική συμπεριφορά της κατεύθυνσης (ευθεία, καμπυλόγραμμη, κυκλική κίνηση)

Τρόποι καταγραφής κίνησης

Η καταγραφή της τροχιάς μιας κινούμενης οντότητας μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους, ανάλογα με τον τρόπο παρατήρησης της κίνησης:

- *Χρονική.* Η καταγραφή της θέσης της οντότητας γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ. ανά λεπτό).
- *Με βάση την μεταβολή θέσης.* Γίνεται καταγραφή όταν η θέση της οντότητας διαφέρει από την προηγούμενη.
- *Με βάση τη θέση κοντά σε συγκεκριμένη τοποθεσία.* Καταγραφή της θέσης όταν η οντότητα πλησιάζει σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία.
- *Με βάση κάποιο συμβάν.* Η θέση της οντότητας καταγράφεται όταν συμβεί κάποιο συγκεκριμένο γεγονός, συνήθως αφορά δραστηριότητες των ίδιων οντοτήτων.

2.3 Τεχνικές Αναγνώρισης Κίνησης

Η αναγνώριση της ανθρώπινης δραστηριότητας έχει συγκεντρώσει μεγάλο ενδιαφέρον και έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες για τον εντοπισμό πληροφοριών, χρήσιμων για την αναγνώριση κίνησης. Η αναγνώριση κίνησης μπορεί εύκολα να υλοποιηθεί σε κινητά τηλέφωνα χρησιμοποιώντας τους ενσωματωμένους αισθητήρες της συσκευής και γι' αυτό τον λόγο έχουν αναπτυχθεί πολλές εφαρμογές για smartphone. Οι κυριότερες τεχνικές εξόρυξης δεδομένων που χρησιμοποιούν οι υπάρχουσες εφαρμογές για την αναγνώριση της ανθρώπινης δραστηριότητας αναλύονται παρακάτω.

2.3.1 Κατηγοριοποίηση (Classification)

Οι περισσότεροι ερευνητές που χρησιμοποιούν την τεχνική της κατηγοριοποίησης για να ανιχνεύσουν την δραστηριότητα του χρήστη, καταγράφουν χαρακτηριστικά (attributes) της κίνησης τα οποία μπορούν να διακριθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες. Παρακάτω περιγράφονται τα χαρακτηριστικά που ανήκουν σε κάθε κατηγορία.

- *Μεγέθους.* Αυτή η κατηγορία αναφέρεται σε χαρακτηριστικά που βασίζονται σε τιμές που καταγράφουν οι αισθητήρες της συσκευής. Συνήθως οι τιμές είναι συντεταγμένες, μέση τιμή, τυπική απόκλιση, ελάχιστη και μέγιστη τιμή, μέση απόλυτη διαφορά και άλλες.

- *Συχνότητας*. Είναι τα χαρακτηριστικά που βασίζονται στις τιμές συχνότητας των αισθητήρων. Το πιο συνηθισμένο μέγεθος είναι από τον μετασχηματισμό Fourier (FFT). Άλλα χαρακτηριστικά αυτής της κατηγορίας είναι η εντροπία της συχνότητας, η μέγιστη συχνότητα, η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και η ενέργεια του μετασχηματισμού Fourier.
- *Συσχέτισης*. Πολλοί ερευνητές χρησιμοποιούν ως χαρακτηριστικά, τις συσχετίσεις μεταξύ των υπολοίπων χαρακτηριστικών.

Όσον αφορά στον αλγόριθμο κατηγοριοποίησης που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να κατηγοριοποιήσουμε διαφορετικές δραστηριότητες του χρήστη, η επιλογή του εξαρτάται από την επεξεργαστική ισχύ του συστήματος που θα εκτελεστεί ο αλγόριθμος. Δηλαδή αν ο αλγόριθμος εκτελεστεί σε server είναι προφανές ότι η επεξεργαστική ισχύς του μηχανήματος θα είναι αρκετά πιο μεγάλη από την επεξεργαστική ισχύ ενός smartphone.

Οι περισσότεροι ερευνητές χρησιμοποιούν αλγόριθμους κατηγοριοποίησης με επίβλεψη. Αυτοί οι αλγόριθμοι εκπαιδεύονται με κατηγοριοποιημένα δείγματα για τη δημιουργία μοντέλου κατηγοριοποίησης, το οποίο στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί για την κατηγοριοποίηση των δεδομένων εισόδου. Οι πιο συνηθισμένοι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για αναγνώριση κίνησης είναι τα Δέντρα απόφασης (Decision Trees), ο k - κοντινότερος γείτονας (kNN), ο Naïve Bayes, ο SVM και τα Νευρωνικά δίκτυα. Όμως, η κατηγοριοποίηση με επίβλεψη χρειάζεται μεγάλη επεξεργαστική ισχύ για να δημιουργήσει μοντέλο από δεδομένα εκπαίδευσης και για αυτόν τον λόγο οι περισσότερες υλοποιήσεις έχουν γίνει σε servers. Για αυτό τον λόγο μερικοί ερευνητές, δημιουργούν το μοντέλο κατηγοριοποίησης εκτελώντας τον αλγόριθμο σε ένα μηχάνημα και έπειτα μεταφέρουν το μοντέλο στο τηλέφωνο για την κατηγοριοποίηση των δεδομένων εισόδου.

Ακόμα, η αξιολόγηση των αλγορίθμων κατηγοριοποίησης είναι πολύ σημαντική, καθώς δείχνει ποιος αλγόριθμος αποδίδει καλύτερα. Οι δημοφιλέστερες μέθοδοι αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται είναι οι n -fold cross validation (συνήθως 10-fold) και τα μέτρα precision, recall, F-measure και accuracy [3].

2.3.2 Συσταδοποίηση τροχιών κίνησης (Spatemporal/Trajectory Clustering)

Η συσταδοποίηση των τροχιών των κινούμενων αντικειμένων, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον στην ερευνητική κοινότητα και για αυτόν τον λόγο υπάρχει μεγάλος αριθμός ερευνών που εξετάζουν διαφορετικές τεχνικές συσταδοποίησης με σκοπό τη βελτίωση των αποτελεσμάτων τους. Η τροχιά (trajectory) κίνησης ενός χρήστη, αναφέρεται σε μια χρονική ακολουθία τοποθεσιών

με τη σειρά που ο χρήστης τις επισκέφτηκε [8]. Η συσταδοποίηση των τροχιών έχει ως στόχο την ομαδοποίηση των τροχιών σε συστάδες όμοιων τροχιών [15]. Οι τροχιές των κινούμενων οντοτήτων πολύ συχνά περιέχουν επαναλαμβανόμενα μοτίβα κίνησης από τα οποία με την τεχνική της συσταδοποίησης είναι δυνατόν να ανιχνευτούν όμοια μοτίβα με σκοπό την αναγνώριση της δραστηριότητας [19].

Οι μέθοδοι που υπάρχουν μέχρι σήμερα στη βιβλιογραφία ακολουθούν δυο βασικές προσεγγίσεις. Η πρώτη προσέγγιση έχει ως στόχο να βρει ένα μέτρο ομοιότητας μεταξύ των τροχιών. Ορίζοντας την απόσταση μεταξύ αντικειμένων καθορίζεται ποιες τροχιές πρέπει να βρίσκονται στην ίδια συστάδα και στη συνέχεια ποιες είναι οι συστάδες που πρέπει να ανιχνευτούν. Ένας βασικός τρόπος για οριστεί η απόσταση είναι να εξεταστούν τροχιές χρηστών που είναι παρόμοιες, για παράδειγμα τροχιές στις οποίες κάθε χρονική στιγμή οι χρήστες βρίσκονται σχεδόν στην ίδια τοποθεσία. Μια απλή προσέγγιση για τη μοντελοποίηση αυτής της σύγκρισης είναι να θεωρηθούν οι τροχιές διανύσματα των συντεταγμένων και να γίνει σύγκριση των διανυσμάτων χρησιμοποιώντας ένα μέτρο απόστασης, όπως η Ευκλείδεια απόσταση [9].

Η δεύτερη μέθοδος συσταδοποίησης των τροχιών κίνησης, δεν κάνει χρήση μέτρων ομοιότητας αλλά αντιμετωπίζει κάθε τροχιά ως ένα αντικείμενο και αναζητά ομάδες τροχιών που κινούνται μαζί [9]. Μια αποτελεσματική προσέγγιση χρησιμοποιούν οι Lee et al.[12], με τον αλγόριθμο TRACCLUS. Αρχικά χωρίζουν τις τροχιές σε μια σειρά υποσυνόλων κάνοντας χρήση του MDL (Minimum Description Length) και έπειτα δημιουργούν συστάδες όμοιων υποσυνόλων λαμβάνοντας υπόψη την πυκνότητά τους. Για κάθε συστάδα, η τροχιά που περιγράφει την συνολική κίνηση των υποσυνόλων που ανήκουν στην ίδια συστάδα, είναι η τροχιά που αντιπροσωπεύει τη συστάδα. Αντίθετα, οι Giannotti et al.[8] προτείνουν την έννοια των μοτίβων κίνησης και παρουσιάζουν έναν αλγόριθμο για την ανίχνευση τους στις τροχιές. Τα μοτίβα κίνησης αντιπροσωπεύουν σύνολα τοποθεσιών ενδιαφέροντος που σχετίζονται χρονικά, και μπορούν να είναι προκαθορισμένα από τον χρήστη ή να ανακαλυφθούν με κάποιο αλγόριθμο συσταδοποίησης βασισμένο στην πυκνότητα των συστάδων. Ταυτόχρονα, οι Sung, Feldman και Rus[19], παρουσιάζουν έναν αλγόριθμο για την εξαγωγή μοτίβων κίνησης από τις τροχιές και χρησιμοποιούν τα αποτελέσματα για να δημιουργήσουν ένα Μαρκοβιανό μοντέλο το οποίο θα κάνει πρόβλεψη της κίνησης για την κάθε οντότητα.

2.3.3 Conditional Random Fields (CRF)

Μια διαφορετική προσέγγιση για την αναγνώριση δραστηριότητας παρουσιάζουν οι Liao et al. [14] κάνοντας χρήση ιεραρχικών μοντέλων CRF σε δεδομένα GPS για την εξαγωγή σημαντικών

τοποθεσιών και δραστηριοτήτων του χρήστη.

Αρχικά, χωρίζουν τα δεδομένα GPS ομαδοποιώντας τα με βάση τη σχέση τους στον χώρο και κάθε GPS στίγμα το αντιστοιχούν στον πιο κοντινό δρόμο. Για να δημιουργήσουν μια σωστή συσχέτιση μεταξύ των τοποθεσιών, δημιουργούν ένα μοντέλο CRF με βάση τη χωρική σχέση μεταξύ τους.

Αφού χωρίσουν τις τοποθεσίες, ο αλγόριθμος τους κάνει εκτίμηση για την δραστηριότητα που εκτελείται σε κάθε σύνολο και ξεχωρίζει τις σημαντικές τοποθεσίες κάθε χρήστη. Για να επιτευχθεί αυτό, δημιουργεί ένα νέο μοντέλο CRF το οποίο περιέχει έναν κρυμμένο κόμβο που αντιστοιχεί στη δραστηριότητα σε κάθε σύνολο που δημιουργήθηκε από τις καταγεγραμμένες GPS συντεταγμένες. Κάθε κόμβος δραστηριότητας είναι συνδεδεμένος με μερικά χαρακτηριστικά που προκύπτουν από τις πληροφορίες που προέρχονται από τη διαίρεση των δεδομένων, όπως ημερομηνία και ώρα, μέση ταχύτητα, πληροφορίες για τα σημεία ενδιαφέροντος που βρίσκονται κοντά. Έπειτα, στο μοντέλο CRF που δημιουργήθηκε, εφαρμόζει τον αλγόριθμο Naïve Bayes για να ανιχνεύσει την δραστηριότητα του χρήστη σε κάθε τοποθεσία.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιεί τις ακολουθίες στις οποίες ο χρήστης πραγματοποιεί τον ίδιο τύπο κίνησης για να αναζητήσει τις σημαντικές τοποθεσίες του χρήστη. Αυτό γίνεται κατηγοριοποιώντας ξεχωριστές δραστηριότητες στην ίδια ακολουθία, με βάση το αν ανήκουν σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία και θεωρώντας ότι όλες οι εγγραφές στις οποίες παρατηρείται μια συγκεκριμένη δραστηριότητα αποτελούν μια σημαντική τοποθεσία.

Η προσέγγιση τους παρουσιάζει ενδιαφέρον, καθώς ο αλγόριθμος που χρησιμοποιούν έχει αρκετά μεγάλο ποσοστό ακρίβειας (86%), ενώ η ταυτόχρονη εκτίμηση δραστηριότητας και τοποθεσίας αυξάνει την ποιότητα του αποτελέσματος. Αυτό συμβαίνει γιατί η κάθε θέση συνδέει τις δραστηριότητες που συμβαίνουν στην χωρική περιοχή της και οι δραστηριότητες αναγνωρίζονται με πιο συνεπή τρόπο [14].

2.3.4 Προτεινόμενη Τεχνική

Η αναγνώριση της κίνησης στην εφαρμογή της παρούσας εργασίας υλοποιείται με την τεχνική της κατηγοριοποίησης και βασίζεται στην προσέγγιση που παρουσιάζεται στην παράγραφο 2.3.1. Τα χαρακτηριστικά που καταγράφονται είναι τιμές που προκύπτουν από τον αισθητήρα GPS της κινητής συσκευής (συντεταγμένες, ταχύτητα, σήμα GPS), δηλαδή χαρακτηριστικά μεγέθους. Η εκπαίδευση του συστήματος και η πρόβλεψη της κίνησης υλοποιείται στην κινητή συσκευή, η οποία διαθέτει μικρή επεξεργαστική ισχύ. Για αυτό τον λόγο, χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι κατηγοριοποίησης Δέντρων Απόφασης, τα οποία έχουν χαμηλές απαιτήσεις μνήμης και

επεξεργασίας και απαιτούν ελάχιστο χρόνο για την εκπαίδευση του μοντέλου κατηγοριοποίησης.

Αυτή η προσέγγιση πιθανώς παρουσιάζει ελλείψεις σε σχέση με τις τεχνικές που περιγράφηκαν στις παραγράφους 2.3.2 και 2.3.3, καθώς λαμβάνει υπόψη μόνο την στιγμιαία κίνηση του χρήστη και δεν εξετάζει τη δραστηριότητα του σε μεγαλύτερο χρονικό παράθυρο, ούτε εξάγει σημαντικές τοποθεσίες του χρήστη. Ωστόσο, η χρήση μιας τέτοιου είδους τεχνικής, θα απαιτούσε μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ και η ανάλυση των δεδομένων θα έπρεπε να υλοποιηθεί σε κεντρικό server. Μια τέτοια προσέγγιση θα δημιουργούσε προβλήματα, καθώς για να επιτευχθεί η αναγνώριση της δραστηριότητας του χρήστη σε πραγματικό χρόνο, θα ήταν απαραίτητο να υπάρχει διαθέσιμο ασύρματο δίκτυο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Κατά συνέπεια, το ποσοστό επιτυχίας που παρουσιάζει η παρούσα τεχνική πιθανώς να είναι χαμηλότερο από μια διαφορετική και πιο εμπλουτισμένη προσέγγιση. Όμως, καλύπτει τους στόχους της εφαρμογής και επιτυγχάνει την ανίχνευση της κίνησης του χρήστη σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας μόνο τους πόρους της κινητής συσκευής και τη χρήση του συστήματος GPS.

Η επέκταση της εφαρμογής ώστε να επιτρέπει κατηγοριοποίηση της κίνησης σε μεγαλύτερο χρονικό παράθυρο, και ενδεχομένως σε δεύτερο επίπεδο να υλοποιεί κατηγοριοποίηση τροχιάς και όχι κατηγοριοποίηση στιγμιαίας κίνησης, αναμένεται να βελτιώσει σημαντικά τις επιδόσεις της εφαρμογής. Μια τέτοια επέκταση θα μπορούσε να αξιοποιεί το σύνολο των δεδομένων που καταγράφονται για ένα χρήστη σε μια μεγάλη χρονική περίοδο και να γίνεται σε κάποιο κεντρικό server.

Κεφάλαιο 3

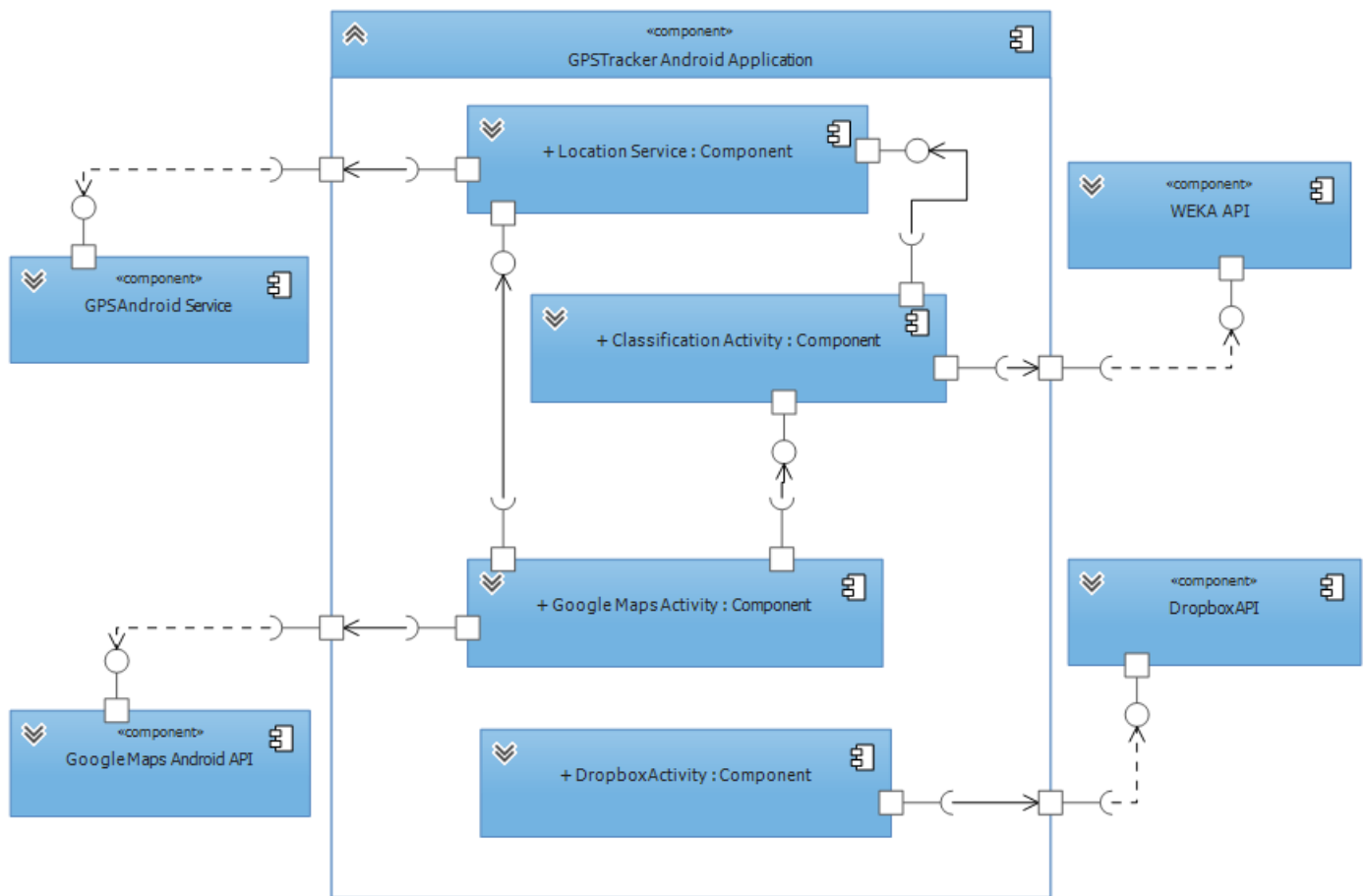
Σχεδιασμός

3.1 Αρχιτεκτονική Εφαρμογής

Η αρχιτεκτονική της εφαρμογής της παρούσας πτυχιακής εργασίας, βασίζεται σε τέσσερα βασικά συστατικά, που υλοποιούν τις λειτουργίες της καταγραφής δεδομένων, της κατηγοριοποίησης τους σε είδος κίνησης, της απεικόνισης της δραστηριότητας του χρήστη στον χάρτη και της μεταφόρτωσης των δεδομένων κίνησης του χρήστη σε ένα κεντρικό αποθετήριο. Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική της εφαρμογής με τα βασικά συστατικά που περιέχει και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για να υλοποιηθούν οι απαιτούμενες λειτουργίες αλλά και οι αλληλεπιδράσεις που υπάρχουν μεταξύ τους.

Αρχικά, η καταγραφή των δεδομένων κίνησης του χρήστη (LocationService) υλοποιείται χρησιμοποιώντας το GPS Service του Android, το οποίο ενημερώνει την εφαρμογή συνεχώς για την τρέχουσα θέση του χρήστη και έτσι καταγράφονται οι διαφορετικές τοποθεσίες που βρίσκεται ο χρήστης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έπειτα, πραγματοποιείται η ανάλυση των δεδομένων που καταγράφηκαν από το LocationService και η κατηγοριοποίηση της δραστηριότητας του χρήστη σε συγκεκριμένα είδη κινήσεων (Classification Activity), χρησιμοποιώντας το API του προγράμματος WEKA. Αφού γίνει η ανίχνευση της θέσης και της κίνησης του χρήστη, γίνεται απεικόνιση των δεδομένων στον χάρτη με την Google Maps Activity κάνοντας χρήση του Google Maps Android API. Τέλος, το συστατικό Dropbox Activity χρησιμοποιεί το Dropbox API ώστε να είναι δυνατή η συλλογή των διαδρομών στον λογαριασμό Dropbox του χρήστη.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου περιγράφονται αναλυτικότερα τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της εφαρμογής, καθώς επίσης τα βασικά συστατικά που περιέχει μια εφαρμογή Android αλλά και το περιβάλλον ανάπτυξης της και τα εργαλεία του.



Σχήμα 3.1 Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική της εφαρμογής.

3.2 Βασικά στοιχεία μιας εφαρμογής Android

Η βασική διαφορά του Android από τα υπόλοιπα λειτουργικά συστήματα κινητών συσκευών είναι ο τρόπος με τον οποίο ορίζεται μια εφαρμογή. Τα υπόλοιπα λειτουργικά συστήματα, καθορίζουν την εφαρμογή ως ένα αυτόνομο πρόγραμμα που τρέχει σε ανεξάρτητο περιβάλλον και έχει περιορισμένη αλληλεπίδραση με το υπόλοιπο σύστημα. Παρέχουν στις εφαρμογές APIs ώστε να μπορούν να κάνουν χρήση των υπηρεσιών που διαθέτει η εκάστοτε πλατφόρμα, αλλά δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιήσουν υπηρεσίες που παρέχουν άλλες εφαρμογές.

Αντίθετα, στο Android κάθε εφαρμογή αποτελείται από ένα σύνολο στοιχείων, τα οποία μπορούν να προσπελαστούν τόσο από το σύστημα όσο και από άλλες εφαρμογές. Κάθε νέα εφαρμογή στο Android επεκτείνει τις υπάρχουσες λειτουργίες της πλατφόρμας και παρέχει ένα νέο σύνολο στοιχείων στους προγραμματιστές άλλων εφαρμογών, ενώ δεν απαιτείται από την πλευ-

ρά των προγραμματιστών να καθορίσουν τα API που θα χρησιμοποιήσουν για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας μεταξύ των εφαρμογών τους.

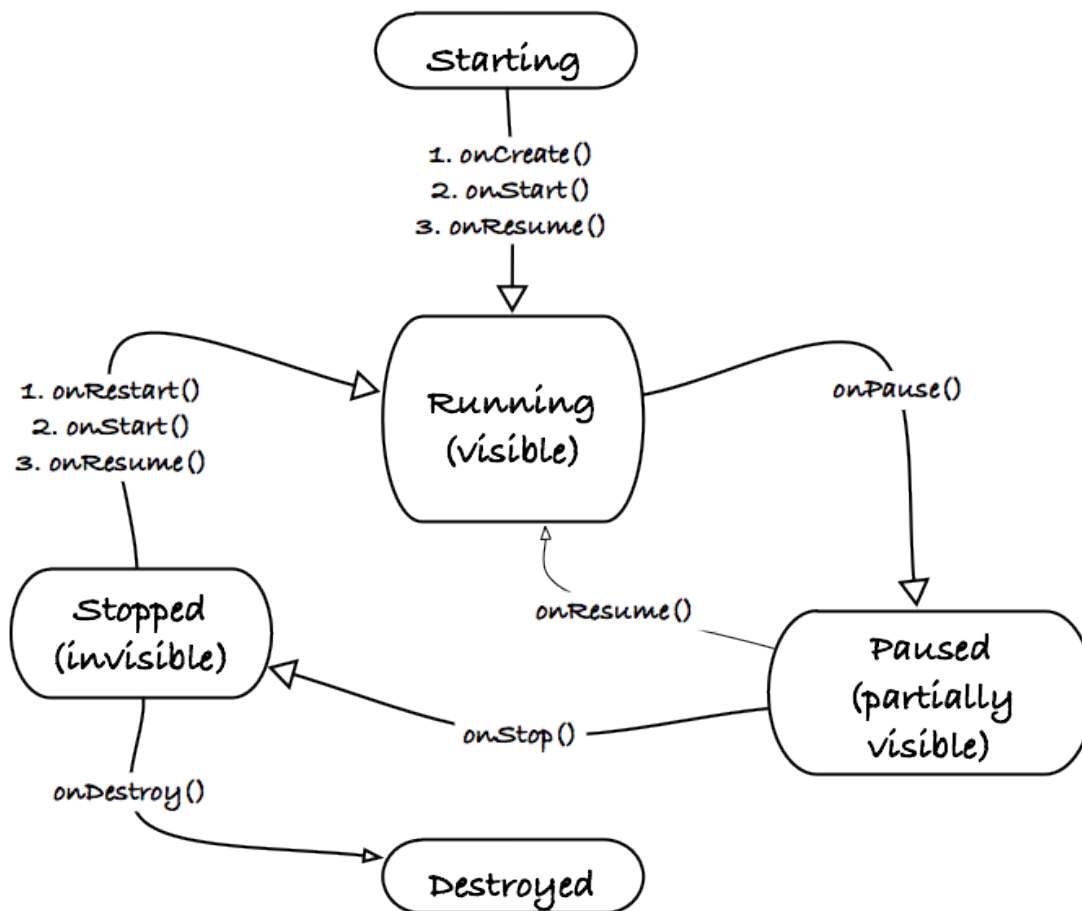
Στο Android, ορίζονται τέσσερα βασικά συστατικά που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές: **activity**, **service**, **broadcast receiver** και **content provider**. Δεν είναι απαραίτητο μια εφαρμογή να χρησιμοποιεί όλα αυτά τα στοιχεία, αλλά η σωστή χρήση τους επιτρέπει στην εφαρμογή να έχει πλήρη πρόσβαση στην πλατφόρμα [5].

3.2.1 Activity

Η *δραστηριότητα (activity)* είναι το πιο σημαντικό στοιχείο μιας εφαρμογής Android. Κάθε δραστηριότητα αντιστοιχεί σε μια οθόνη μέσω της οποίας ο χρήστης αλληλεπιδρά με την εφαρμογή. Κάθε εφαρμογή μπορεί να περιέχει μια ή περισσότερες δραστηριότητες, κάθε μια από τις οποίες εκτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία. Μια πολύπλοκη διαδικασία μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερες από μία δραστηριότητες. Στην περίπτωση αυτή, οι δραστηριότητες αποθηκεύονται σε μια στοίβα καθώς ο χρήστης μετακινείται από τη μία δραστηριότητα στην άλλη. Μια εφαρμογή δεν περιορίζεται στη χρήση των δικών της δραστηριοτήτων, αλλά μπορεί να χρησιμοποιήσει δραστηριότητες που παρέχονται από το σύστημα ή από άλλες εφαρμογές.

Ο κύκλος ζωής της δραστηριότητας (Activity Lifecycle)

Όταν αναφερόμαστε στον κύκλο ζωής της δραστηριότητας, εννοούμε τις καταστάσεις από τις οποίες διέρχεται μια δραστηριότητα, από τη στιγμή που δημιουργείται μέχρι τη στιγμή που καταστρέφεται [5]. Οι καταστάσεις μιας δραστηριότητας είναι πέντε: σε εκκίνηση (starting), ενεργή (running), σε παύση (paused), σταματημένη (stopped), κατεστραμμένη (destroyed) [7]. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2, το Android παρέχει ένα σύνολο από μεθόδους κύκλου ζωής οι οποίες επιτρέπουν στην εφαρμογή να κάνει τις κατάλληλες προσαρμογές, όταν η κατάσταση της δραστηριότητας αλλάζει.



Σχήμα 3.2 Ο κύκλος ζωής μιας δραστηριότητας. (Πηγή: thenewcircle.com¹)

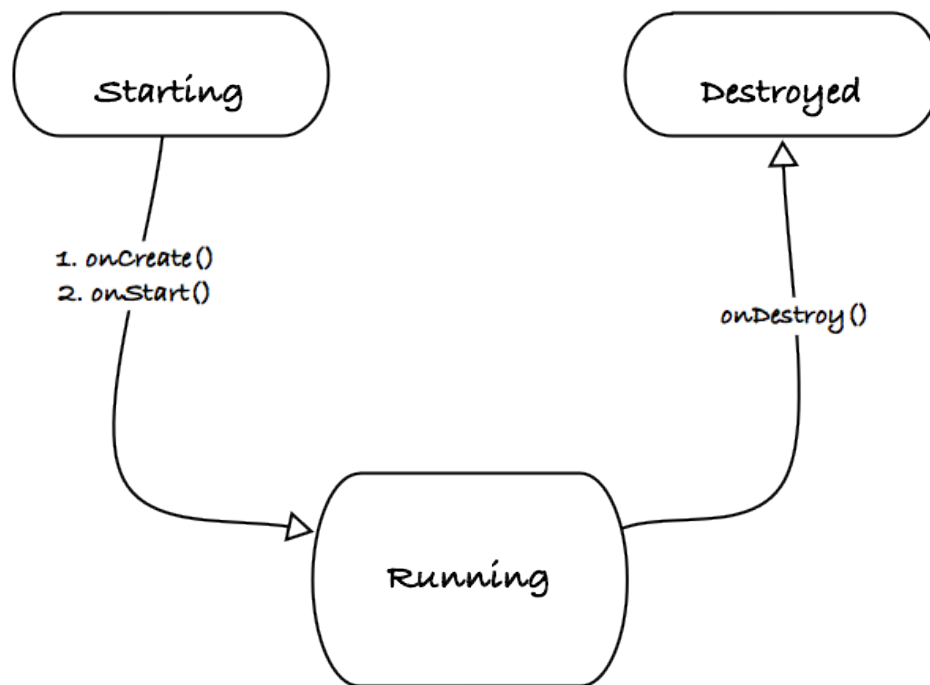
3.2.2 Service

Τα *services* εκτελούν παρόμοιες λειτουργίες με τις δραστηριότητες, με τη διαφορά ότι τρέχουν στο παρασκήνιο (background) και δεν διαθέτουν γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης με τον χρήστη. Τα *services* είναι χρήσιμα για λειτουργίες που πρέπει να εκτελεστούν για ένα χρονικό διάστημα, ανεξάρτητα από το τι τρέχει στην οθόνη [7]. Όπως συμβαίνει και με τις δραστηριότητες, οι εφαρμογές δεν περιορίζονται στη χρήση μόνο των δικών τους *services*. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα *services* που παρέχονται από άλλες εφαρμογές ή από την πλατφόρμα. Για παράδειγμα, για τη συνεχή λήψη GPS συντεταγμένων της θέσης του χρήστη, η εφαρμογή πρέπει να χρησιμοποιήσει το GPS service της πλατφόρμας [5].

¹Άρθρο στο διαδίκτυο thenewcircle.com/bookshelf/main_building_blocks_tutorial/activity_lifecycle.html. Ε-λέγχθηκε 4/9/2013

Ο κύκλος ζωής του Service (Service Lifecycle)

Τα services έχουν πολύ πιο απλό κύκλο ζωής από τις δραστηριότητες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.3. Σε αντίθεση με τις δραστηριότητες, τα services δεν αλληλεπιδρούν με τον χρήστη και ο κύκλος ζωής τους δεν εξαρτάται από τις ενέργειες του χρήστη, παρά μόνο από τον προγραμματιστή. Ένα service διαθέτει τρεις καταστάσεις: σε εκκίνηση (starting), ενεργό (running) και κατεστραμμένο (destroyed).



Σχήμα 3.3 Ο κύκλος ζωής ενός service. (Πηγή: thenewcircle.com²)

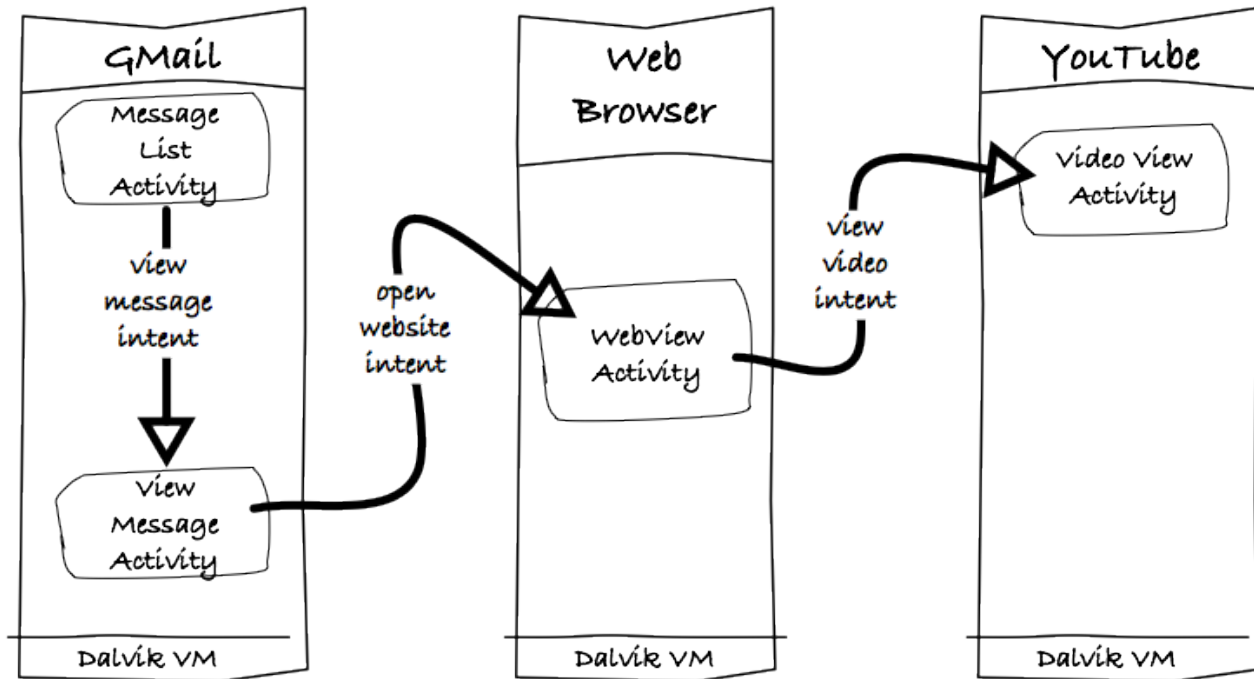
3.2.3 Intents

Τα *intents* αποτελούν ασύγχρονα μηνύματα επικοινωνίας μεταξύ των βασικών δομικών στοιχείων της εφαρμογής, περιγράφοντας λειτουργίες που πρέπει να εκτελεστούν. Οι δραστηριότητες και τα services ξεκινούν ή σταματούν όταν λάβουν τα κατάλληλα intents [5][7].

Ένα intent μπορεί να είναι explicit (σαφές) ή implicit (ασαφές). Σε ένα explicit intent, ο αποστολέας ορίζει σαφώς ποιο συγκεκριμένο στοιχείο πρέπει να παραλάβει το μήνυμα. Σε ένα implicit intent, ο αποστολέας ορίζει μόνο τον τύπο του παραλήπτη, καθώς μπορεί να υπάρχουν

²Άρθρο στο διαδίκτυο thenewcircle.com/bookshelf/main_building_blocks_tutorial/service_lifecycle.html. Ελέγχθηκε 4/9/2013

περισσότερα από ένα στοιχεία που μπορούν να εκτελέσουν την συγκεκριμένη εργασία. Για παράδειγμα, ένα activity στέλνει ένα intent για να ανοίξει μια ιστοσελίδα. Σε αυτή την περίπτωση, όποια εφαρμογή έχει τη δυνατότητα να ανοίξει μια ιστοσελίδα θα ολοκληρώσει την διαδικασία [7].



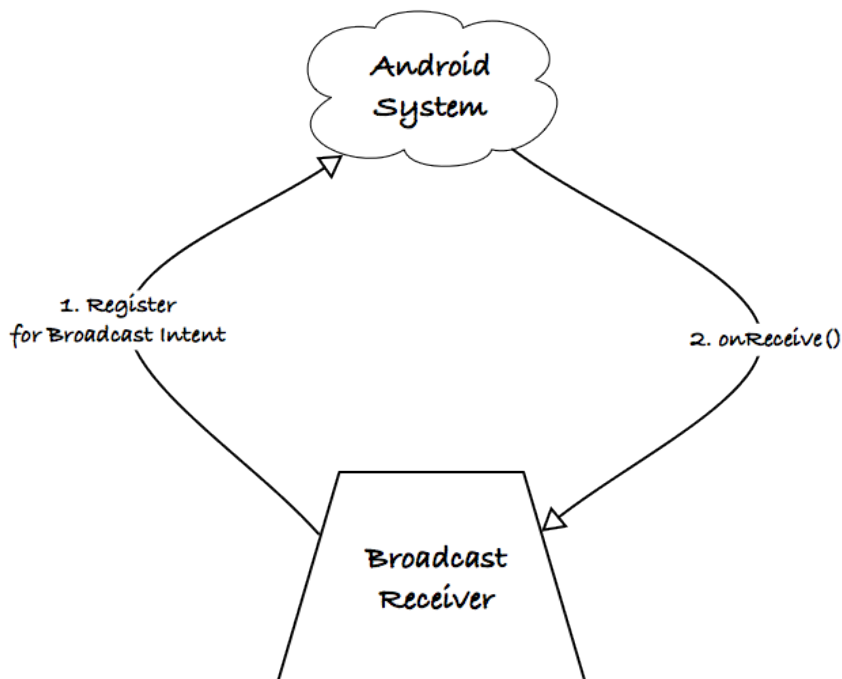
Σχήμα 3.4 Παράδειγμα χρήσης Intents. (Πηγή: thenewcircle.com³)

3.2.4 Broadcast Receiver

Οι εφαρμογές δεν αλληλεπιδρούν μόνο με τον χρήστη, αλλά και με την πλατφόρμα και με άλλες εφαρμογές με τη δημιουργία ή τη χρήση δραστηριοτήτων ή services. Στο Android, αυτές οι ενέργειες διατυπώνονται κάνοντας χρήση intents.

Ένας broadcast receiver (δέκτης εκπομπών) είναι ένα στοιχείο, το οποίο λαμβάνει όλες τις εκπομπές μηνυμάτων του συστήματος. Μια εφαρμογή, για να μπορεί να λάβει ορισμένους τύπους ενεργειών, μπορεί να εγγραφεί σε ένα σύνολο από intents παρέχοντας έναν broadcast receiver. Έτσι, όταν δημιουργηθεί στο σύστημα το αντίστοιχο intent, το Android στέλνει την ενέργεια σε αυτόν τον broadcast receiver [5], όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.5.

³Άρθρο στο διαδίκτυο thenewcircle.com/bookshelf/main_building_blocks_tutorial/intent_overview.html. Ε-λέγχθηκε 4/9/2013



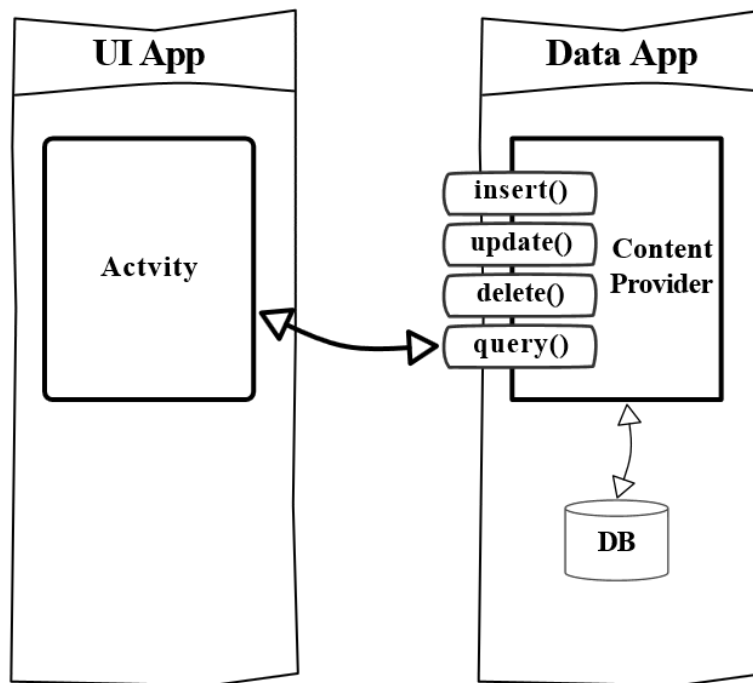
Σχήμα 3.5 Η λειτουργία του broadcast receiver. (Πηγή: thenewcircle.com⁴)

3.2.5 Content Provider

Οι *παροχείς περιεχομένου* (*content providers*), επιτρέπουν στις εφαρμογές Android να ανταλλάσσουν δεδομένα με την πλατφόρμα και με άλλες εφαρμογές. Αντίθετα με τα υπόλοιπα στοιχεία μιας εφαρμογής, οι content providers δεν βασίζονται σε intents. Χρησιμοποιούν μια τυπική διασύνδεση με URIs περιεχομένου (content URIs) και παρέχουν πρόσβαση σε έναν ή περισσότερους πίνακες που ταιριάζουν με τους πίνακες που υπάρχουν στη σχεσιακή βάση δεδομένων.

Όταν μια εφαρμογή εκτελεί ένα ερώτημα (query) σε έναν παροχέα περιεχομένου, το Android αναζητά στο μητρώο τον αντίστοιχο content provider. Έπειτα, ελέγχει αν η συγκεκριμένη εφαρμογή έχει τα απαραίτητα δικαιώματα προσπέλασης και στέλνει το αίτημα στον παροχέα. Τα δεδομένα αποστέλλονται στην εφαρμογή με τη μορφή αντικειμένου Cursor, και η εφαρμογή πραγματοποιεί την ανάκτηση και τον χειρισμό τους μέσω της διεπαφής που παρέχει ο Cursor [5].

⁴Άρθρο στο διαδίκτυο thenewcircle.com/bookshelf/main_building_blocks_tutorial/broadcast_receiver_overview.html. Ελέγχθηκε 4/9/2013



Σχήμα 3.6 Η βασική χρήση ενός content provider. (Πηγή: thenewcircle.com⁵)

3.3 Εργαλεία Υλοποίησης Εφαρμογής

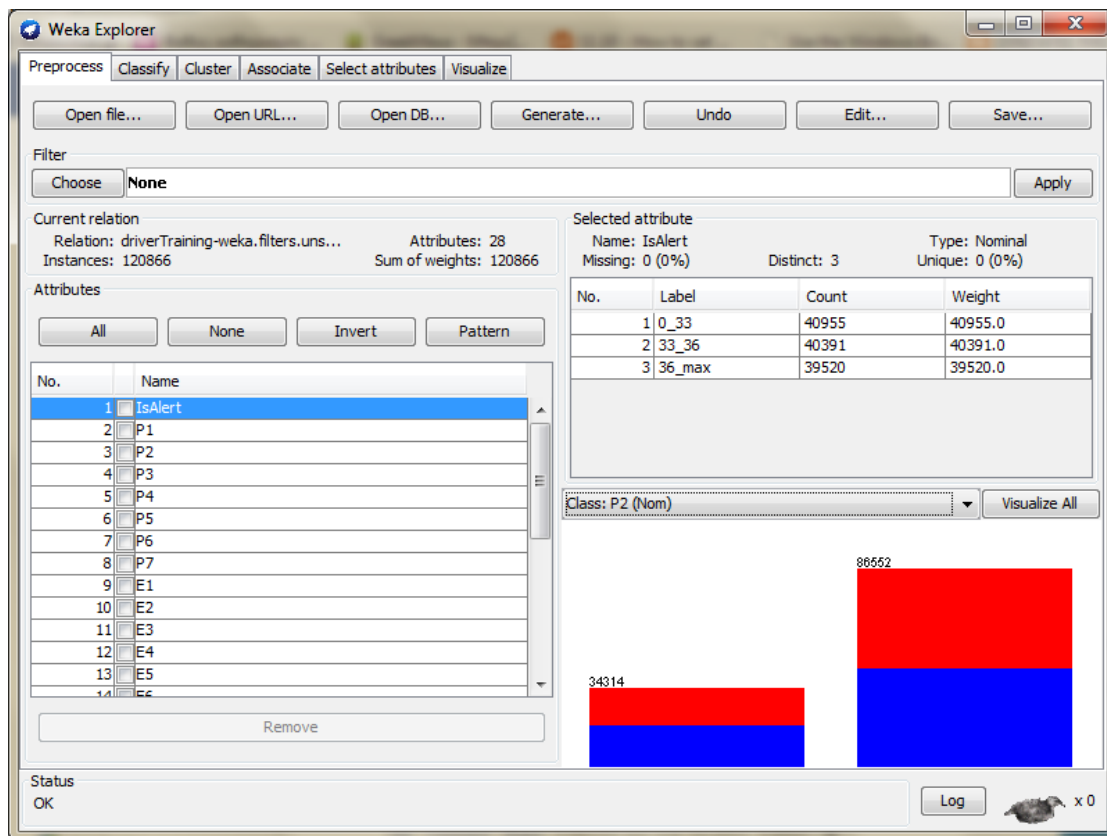
3.3.1 Το περιβάλλον WEKA

Το πρόγραμμα WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα και αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά συστήματα για μεθόδους εξόρυξης δεδομένων και μηχανικής μάθησης. Αναπτύχθηκε το 1992, εξαιτίας της ανάγκης για ένα πρόγραμμα το οποίο θα επιτρέψει στους ερευνητές να έχουν πρόσβαση σε τεχνολογικά εξελιγμένες τεχνικές μηχανικής μάθησης. Χρησιμοποιείται ευρέως σε ακαδημαϊκό και επιχειρηματικό επίπεδο ως εργαλείο εξόρυξης δεδομένων για έρευνα και ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του είναι ότι επιτρέπει στους ερευνητές να υλοποιήσουν νέες τεχνικές και αλγορίθμους χωρίς να χρειάζεται να δημιουργήσουν υποδομές για την επεξεργασία των δεδομένων και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων τους [11].

Το WEKA παρέχει μια συλλογή αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και προεπεξεργασίας δεδομένων. Όσον αφορά στην προεπεξεργασία των δεδομένων, προσφέρει ένα σύνολο τεχνικών για

⁵Άρθρο στο διαδίκτυο thenewcircle.com/s/post/1178/architecting_android_apps. Ελέγχθηκε 4/9/2013

τον μετασχηματισμό των δεδομένων όπως μετατροπή αριθμητικών γνωρισμάτων σε κατηγορικά (NumericToNominal), διακριτοποίηση (Discretize) κλπ, ενώ ταυτόχρονα τα οπτικοποιεί για την καλύτερη διερεύνηση τους. Υποστηρίζει αρχεία σε δικό του format (arff), αλλά και μορφής CSV. Στο Σχήμα 3.7 φαίνεται το περιβάλλον προεπεξεργασίας των δεδομένων, με όλες τις λειτουργίες που παρέχει στον χρήστη.



Σχήμα 3.7 Το περιβάλλον προεπεξεργασίας δεδομένων του WEKA.

Ακόμα, το WEKA περιλαμβάνει πολλούς αλγορίθμους για τεχνικές κατηγοριοποίησης (classification), παλινδρόμησης (regression), συσταδοποίησης (clustering) και επιλογής γνωρισμάτων (select attributes). Επίσης, αξιολογεί τα αποτελέσματα κάθε αλγόριθμου που εφαρμόζεται στα δεδομένα, ώστε να μπορεί ο χρήστης να συγκρίνει τους διαφορετικούς αλγορίθμους που χρησιμοποιεί.

Οι αλγόριθμοι του WEKA μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός του προγράμματος και με κώδικα Java. Το API του WEKA μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο Eclipse με εισαγωγή του weka.jar στην εφαρμογή. Συνεπώς, με τον ίδιο τρόπο οι αλγόριθμοι του WEKA χρησιμοποιούνται και για Android εφαρμογές.

3.3.2 Dropbox

Το Dropbox είναι μια υπηρεσία αποθήκευσης cloud, που επιτρέπει την αποθήκευση, τον συγχρονισμό και την κοινή χρήση αρχείων μεταξύ διαφορετικών συσκευών που ο χρήστης έχει επιλέξει να συνδέσει στο λογαριασμό του. Η εφαρμογή προσφέρει στους χρήστες από 2GB έως 16GB δωρεάν αποθηκευτικό χώρο ενώ είναι διαθέσιμη σε Windows, Mac, Linux, iPhone, iPad, Android και BlackBerry.

Η εταιρία Dropbox, ιδρύθηκε το 2007 από τους Drew Houston και Arash Ferdowsi, και η εφαρμογή κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το Σεπτέμβριο του 2008. Σήμερα, το Dropbox προσμετρά 200 εκατομμύρια χρήστες παγκοσμίως ενώ υπολογίζεται ότι ένα δισεκατομμύριο αρχεία αποθηκεύεται σε αυτό καθημερινά.

Ο χρήστης αφού δημιουργήσει λογαριασμό στην ιστοσελίδα της υπηρεσίας μπορεί να εγκαταστήσει το λογισμικό του Dropbox στον υπολογιστή του, όπου δημιουργείται ένας φάκελος Dropbox. Σε αυτό τον φάκελο, ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύει αρχεία και να τα τροποποιεί, ενώ οι αλλαγές γίνονται ταυτόχρονα σε όλες τις συνδεδεμένες συσκευές του χρήστη. Επίσης, το Dropbox είναι διαθέσιμο και για φορητές συσκευές και ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στα αρχεία του από όπου κι αν βρίσκεται [25].

Ακόμα, το Dropbox επιτρέπει στους προγραμματιστές να χρησιμοποιούν το Dropbox API στις εφαρμογές τους για λειτουργίες αποθήκευσης και συγχρονισμού με το Dropbox, μέσω των εφαρμογών τους. Το Dropbox API είναι συμβατό και με το λειτουργικό σύστημα Android και για την χρήση του απαιτείται η εγγραφή της εφαρμογής που θα το χρησιμοποιήσει στην οποία παραχωρούνται δυο API keys για την ταυτοποίηση της.

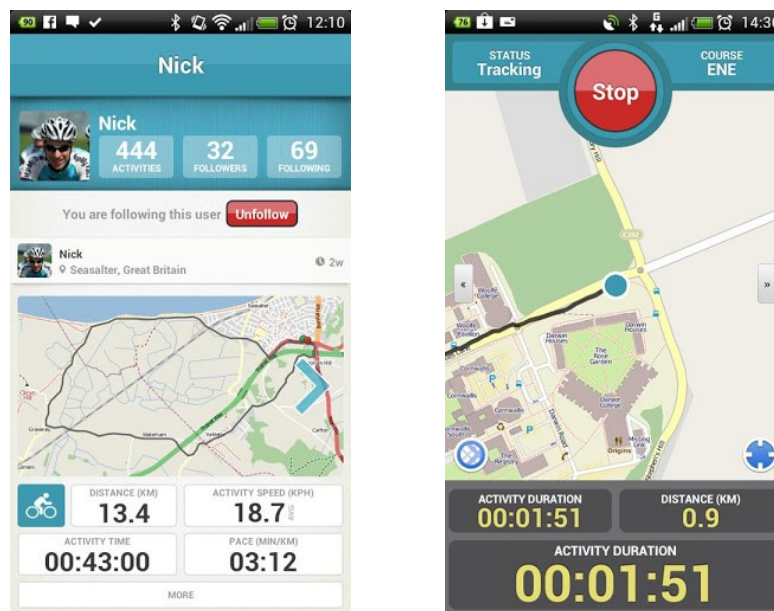
3.3.3 Οι χάρτες Google σε περιβάλλον Android

Οι χάρτες Google είναι μια web υπηρεσία χαρτογράφησης, που παρέχεται από την Google. Παρουσιάστηκε τον Φεβρουάριο του 2005 και αρχικά αναπτύχθηκε από τους Lars και Jens Rasmussen, ενώ το Google Maps API κυκλοφόρησε ως ελεύθερο λογισμικό τον Ιούνιο του 2005 και πλέον αποτελεί το δημοφιλέστερο API στο διαδίκτυο. Λειτουργεί χρησιμοποιώντας τεχνολογίες HTML, CSS και Javascript, ενώ οι χάρτες είναι εικόνες που εμφανίζονται χρησιμοποιώντας κλήσεις Ajax [20].

Μέσα στην ίδια χρονιά, η Google επέκτεινε την υπηρεσία για κινητά τηλέφωνα, επιτρέποντας στους χρήστες να δουν δορυφορικούς χάρτες, να αναζητήσουν επιχειρήσεις, να πάρουν οδηγίες για την διαδρομή που ακολουθούν, χρησιμοποιώντας τις λειτουργίες της υπηρεσίας από το κινητό τους τηλέφωνο. Το Google Maps for mobile είναι διαθέσιμο για τα περισσότερα λειτουργικά

συστήματα κινητών τηλεφώνων όπως το Android, το iOS, το Symbian, το Blackberry κ.α [26].

Εκτός από την εφαρμογή Google Maps για Android, οι χάρτες της Google μπορούν να ενσωματωθούν και σε άλλες εφαρμογές Android. Το Google Maps Android API περιέχεται στο Android SDK, ενώ η έκδοση 2.0 που χρησιμοποιείται επίσημα από τον Φεβρουάριο του 2013 απαιτεί την εγκατάσταση της υπηρεσίας Google Play για την χρήση χαρτών. Ακόμα, είναι απαραίτητη η καταχώρηση της εφαρμογής που θα χρησιμοποιήσει το Google Maps API, στην οποία παραχωρείται ένα κλειδί API και ένα πιστοποιητικό υπογραφής. Οι χάρτες βρίσκονται ενσωματωμένοι στην κλάση MapFragment, με την οποία ένας χάρτης μπορεί να προστεθεί σε οποιαδήποτε δραστηριότητα (activity) μιας εφαρμογής Android [24]. Στο Σχήμα 3.8 φαίνονται δύο στιγμιότυπα της εφαρμογής Map My Tracks Outfront, στην οποία χρησιμοποιούνται οι χάρτες της Google σε δύο διαφορετικές δραστηριότητες.



Σχήμα 3.8 Στιγμιότυπα χρήσης της εφαρμογής Map My Tracks OutFront (Πηγή: play.google.com⁶⁾)

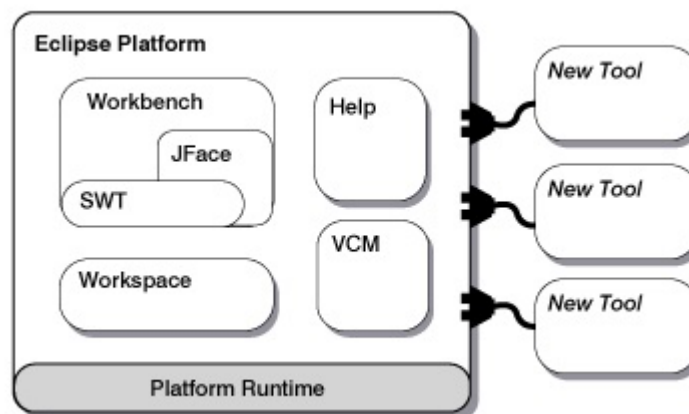
⁶Άρθρο στο διαδίκτυο <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mapmytracks.outfrontfree>. Ελέγχθηκε 8/9/2013

3.4 Εργαλεία Ανάπτυξης Εφαρμογής

3.4.1 Το περιβάλλον Eclipse

Το Eclipse IDE είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού, το οποίο αρχικά αναπτύχθηκε από την IBM ως εργαλείο ανάπτυξης Java με σκοπό να αντικαταστήσει το ήδη υπάρχον περιβάλλον Visual Age, αλλά κυκλοφόρησε ως λογισμικό ανοιχτού κώδικα τον Νοέμβριο του 2001 [4]. Το 2004, ο μη κερδοσκοπικός οργανισμός Eclipse Foundation και το επιστημονικό του προσωπικό ανέλαβε ολοκληρωτικά τον έλεγχο της πλατφόρμας Eclipse. Το Eclipse σήμερα αποτελεί το πιο διαδεδομένο περιβάλλον ανάπτυξης για Java, ενώ ταυτόχρονα εξαιτίας της επεκτάσιμης αρχιτεκτονικής του χρησιμοποιείται ως εργαλείο ανάπτυξης για πολλές άλλες γλώσσες προγραμματισμού [5].

Η πλατφόρμα Eclipse σχεδιάστηκε με στόχο την ανάπτυξη ολοκληρωμένων περιβαλλόντων ανάπτυξης. Αποτελεί ένα εύκολα επεκτάσιμο περιβάλλον, παρέχοντας μηχανισμούς που επιτρέπουν την εγκατάσταση επιπρόσθετων εργαλείων τα οποία μπορούν να κάνουν χρήση άλλων διεπαφών ανάπτυξης εφαρμογών (APIs). Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας Eclipse είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει την χρήση πρόσθετων εργαλείων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.9 [5].



Σχήμα 3.9 Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας Eclipse. (Πηγή: www.ibm.com⁷)

Τα πρόσθετα εργαλεία αποτελούν την μικρότερη μονάδα της πλατφόρμας Eclipse, τα οποία είναι δομημένα κομμάτια κώδικα που προσφέρουν επιπλέον λειτουργικότητα στην πλατφόρμα. Για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής για Android, χρησιμοποιείται ένα σύνολο πρόσθετων

⁷Άρθρο στο διαδίκτυο <http://www.ibm.com/developerworks/library/os-plat/>. Ελέγχθηκε 4/9/2013

που είναι γνωστό ως Android Development Toolkit (ADT) το οποίο επεκτείνει τα υπάρχουσα εργαλεία της Java (JDK) για να προσφέρει συγκεκριμένες λειτουργίες που απαιτούνται για τον προγραμματισμό σε Android.

3.4.2 To ADT plug-in

Το ADT (Android Developer Tools) είναι ένα πρόσθετο για το Eclipse το οποίο περιλαμβάνει ένα σύνολο εργαλείων που ενσωματώνονται στο περιβάλλον του Eclipse. Προσφέρει πρόσβαση σε πολλές λειτουργίες που διευκολύνουν την ανάπτυξη εφαρμογών Android. Το ADT παρέχει γραφικό περιβάλλον για την πρόσβαση στα εργαλεία του SDK καθώς και ένα εργαλείο σχεδιασμού γραφικού περιβάλλοντος για την εύκολη και γρήγορη δημιουργία της διεπαφής χρήστη της εφαρμογής που αναπτύσσεται.

Η εγκατάσταση του ADT διευκολύνει τη δημιουργία και την δοκιμή εφαρμογών Android, επιτρέποντας την δημιουργία, την ανάπτυξη και τον εντοπισμό σφαλμάτων της εφαρμογής ενώ επεκτείνει το documentation της Java για τα APIs του Android. Ακόμα, ενσωματώνει τα εργαλεία του Android SDK, προσθέτοντας τα αντίστοιχα μενού στο περιβάλλον του Eclipse. Επιπλέον, το ADT συμπεριλαμβάνει επεξεργαστή XML αρχείων, το οποίο επιτρέπει την επεξεργασία των XML αρχείων του Android και τη δημιουργία γραφικών διεπαφών χρήστη [23].

3.4.3 Το εργαλείο Android SDK

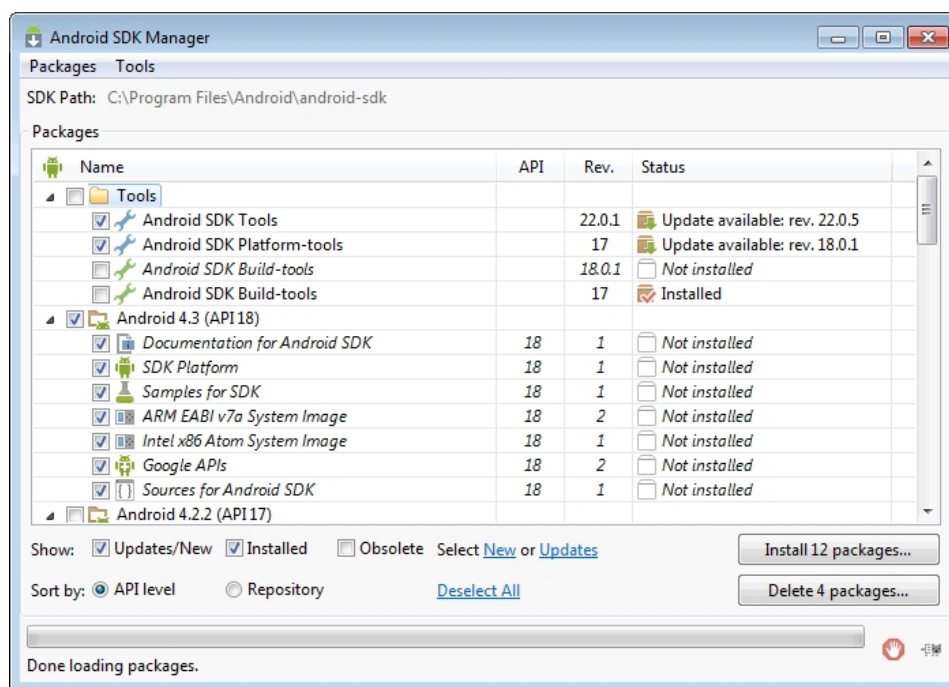
Το Android SDK (Software Development Kit) περιλαμβάνει ένα σύνολο εργαλείων, τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη εφαρμογών για συσκευές Android και ενσωματώνεται στο περιβάλλον Eclipse μέσω του ADT. Τα εργαλεία διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: εργαλεία SDK και εργαλεία πλατφόρμας Android. Τα εργαλεία SDK είναι ανεξάρτητα από την έκδοση Android για την οποία προορίζεται η εφαρμογή, ενώ τα εργαλεία πλατφόρμας προσαρμόζονται ώστε να υποστηρίζουν τα χαρακτηριστικά του κάθε API Level που χρησιμοποιείται [23].

Τα εργαλεία SDK

Η χρήση των εργαλείων SDK είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη εφαρμογών Android στο περιβάλλον Eclipse, τα πιο σημαντικά εργαλεία περιγράφονται παρακάτω.

3.4.3.1 SDK Manager

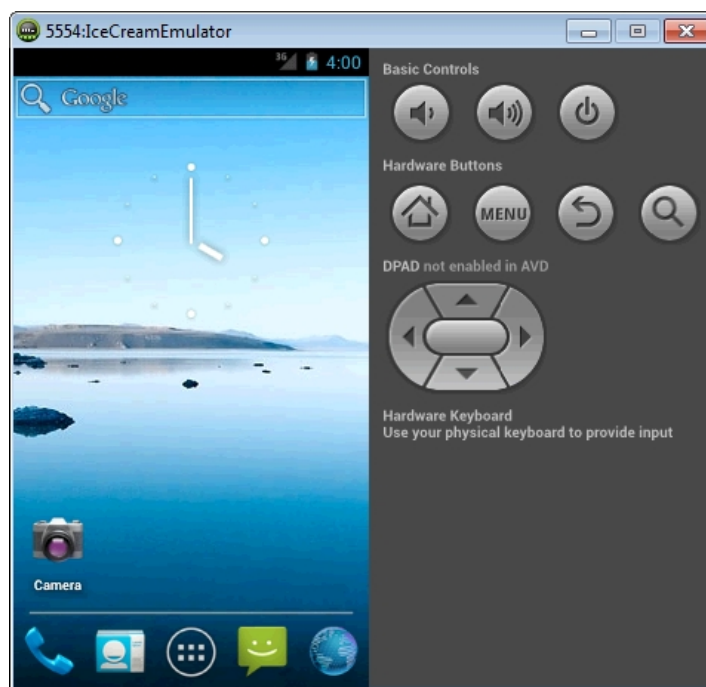
Ο SDK Manager, διαχειρίζεται το Android SDK χωρίζοντας τα εργαλεία και τις πλατφόρμες σε πακέτα και επιτρέπει στον χρήστη να κατεβάσει τα πακέτα που του είναι απαραίτητα. Ο SDK Manager εμφανίζει τα πακέτα SDK που είναι διαθέσιμα, όσα έχουν ήδη εγκατασταθεί αλλά και αυτά για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμες ενημερώσεις όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.10 [23].



Σχήμα 3.10 Στιγμιότυπο του SDK Manager.

3.4.3.2 Προσομοιωτής κινητής συσκευής (Android Emulator)

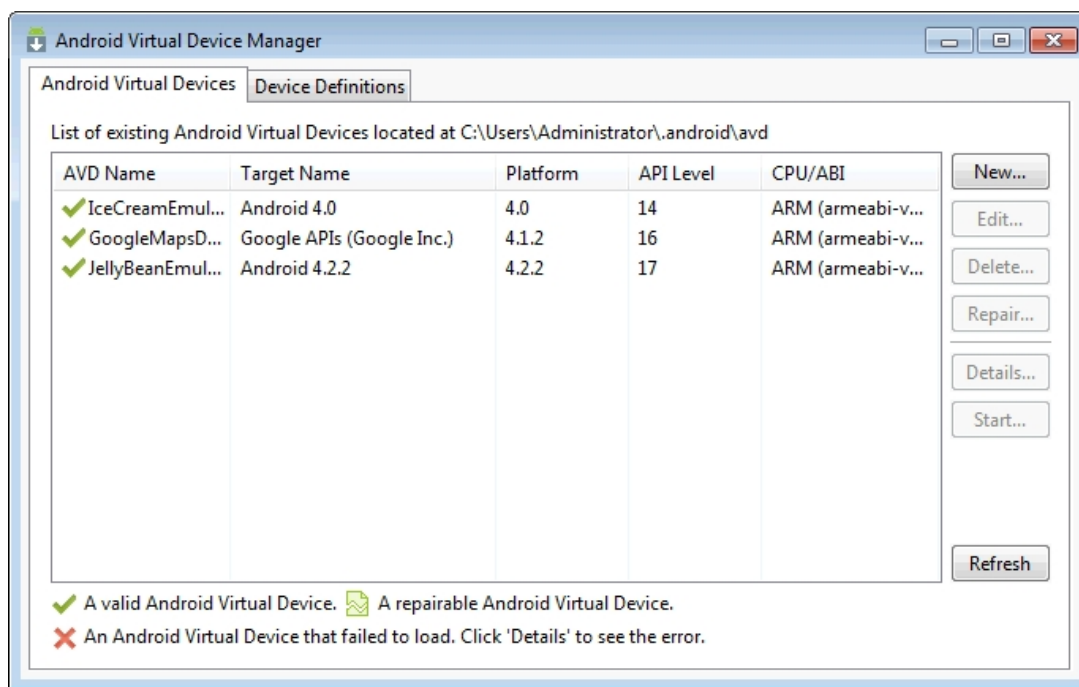
Το Android SDK περιλαμβάνει έναν προσομοιωτή κινητής συσκευής, ο οποίος τρέχει στον υπολογιστή του χρήστη και του επιτρέπει να αναπτύσσει και να δοκιμάζει εφαρμογές Android χωρίς τη χρήση φυσικής συσκευής [23].



Σχήμα 3.11 Στιγμιότυπο του Android Emulator

3.4.3.3 AVD Manager

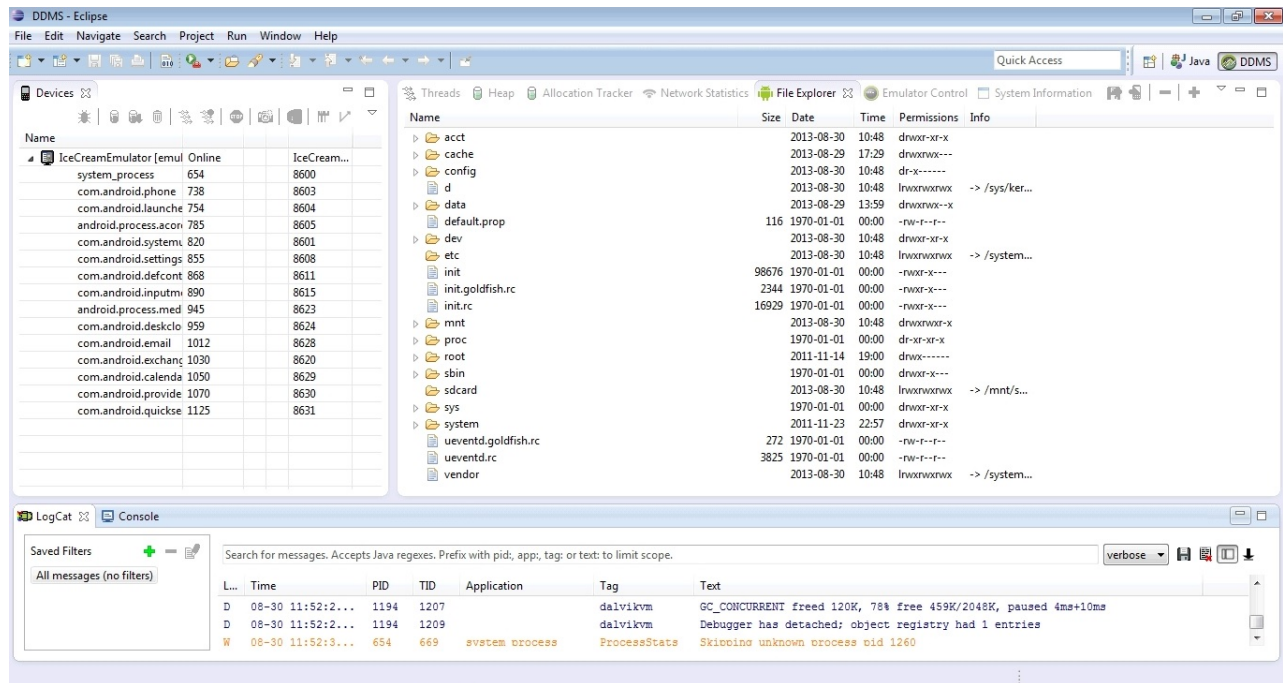
Ο AVD (Android Virtual Device) Manager αποτελεί ένα γραφικό περιβάλλον για τη διαχείριση των ρυθμίσεων των εικονικών συσκευών Android. Μια συσκευή AVD ορίζει τις ρυθμίσεις διαμόρφωσης του προσομοιωτή συσκευής Android επιτρέποντας την αναπαράσταση διαφορετικών συσκευών που τρέχουν λειτουργικό σύστημα Android. Ο AVD Manager, επιτρέπει τη δημιουργία, τη διαγραφή και την επισκευή των AVD αλλά και την εμφάνιση των ρυθμίσεων για κάθε συσκευή [23].



Σχήμα 3.12 Στιγμιότυπο του AVD Manager.

3.4.3.4 DDMS (Dalvik Debug Monitor Server)

Το DDMS είναι ένα εργαλείο για debugging το οποίο περιλαμβάνεται στο Android SDK και τρέχει είτε στον emulator είτε σε φυσική κινητή συσκευή. Παρέχει υπηρεσίες port-forwarding και καταγραφής συμβάντων (logcat), καταγράφει στιγμιότυπα της οθόνης της συσκευής, εμφανίζει πληροφορίες για τα νήματα και τον σωρό της συσκευής ενώ προσομοιώνει εισερχόμενες κλήσεις, SMS και λήψη σήματος GPS[23].



Σχήμα 3.13 Στιγμιότυπο του DDMS.

Τα εργαλεία πλατφόρμας Android

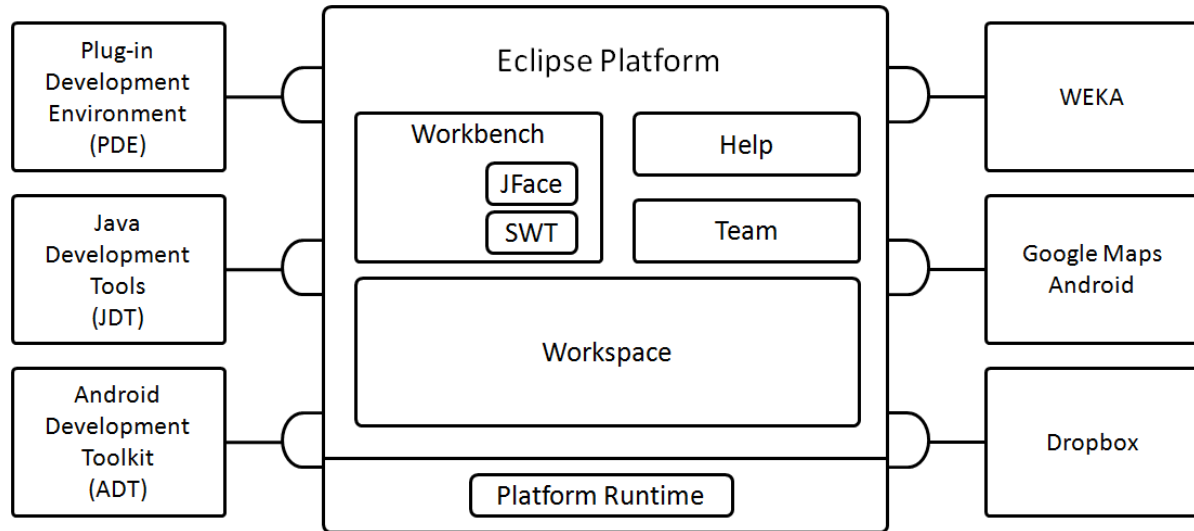
3.4.3.5 ADB (Android Debug Bridge)

Το ADB είναι ένα εργαλείο γραμμής εντολών το οποίο επιτρέπει το debugging του Android κώδικα μέσω του Eclipse. Το DDMS και το ADT χρησιμοποιούν το ADB για να διευκολύνουν την επικοινωνία του περιβάλλοντος ανάπτυξης και της συσκευής. Ακόμα, το ADB χρησιμοποιείται για την πρόσβαση στο σύστημα αρχείων της συσκευής, την χειροκίνητη εγκατάσταση και την απεγκατάσταση εφαρμογών Android στη συσκευή και την εκτέλεση εντολών φλοιού [23].

3.5 Αρχιτεκτονική Εργαλείων

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής της παρούσας πτυχιακής εργασίας, χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον προγραμματισμού Eclipse IDE for Java Developers (Version: Juno Service Release 2) με τα πρόσθετα εργαλεία Android (ADT). Ακόμα, όπως περιγράφηκε παραπάνω έγινε χρήση του προγράμματος WEKA (Version 3.7) ώστε να πραγματοποιηθούν οι διαδικασίες εξόρυξης δεδομένων της εφαρμογής, η απεικόνιση της κίνησης του χρήστη υλοποιήθηκε με τους χάρτες της Google για Android (Version 2) και για την κεντρική συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκε

το Dropbox API. Το Σχήμα 3.14 απεικονίζει την αρχιτεκτονική του περιβάλλοντος Eclipse με τα πρόσθετα εργαλεία ανάπτυξης και την υλοποίησης της εφαρμογής που χρησιμοποιήθηκαν.



Σχήμα 3.14 Η αρχιτεκτονική των εργαλείων.

Κεφάλαιο 4

Υλοποίηση

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η υλοποίηση της εφαρμογής GPSTracker για λειτουργικό σύστημα Android, η οποία αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Όπως περιγράφηκε παραπάνω, η εφαρμογή έχει ως στόχο την συλλογή δεδομένων κίνησης και την κατηγοριοποίηση τους με στόχο την αναγνώριση δραστηριότητας. Στη συνέχεια του κεφαλαίου, παρατίθενται αναλυτικά οι λεπτομέρειες υλοποίησης των λειτουργιών καταγραφής και κατηγοριοποίησης δεδομένων, απεικόνισης της δραστηριότητας του χρήστη σε χάρτη και της κεντρικής συλλογής των καταγεγραμμένων δεδομένων.

4.1 Καταγραφή Δεδομένων Κίνησης

4.1.1 Δεδομένα Κίνησης

Τα δεδομένα κίνησης που καταγράφονται από την εφαρμογή έχουν ως στόχο να περιγράψουν τα χαρακτηριστικά της κίνησης του χρήστη σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ώστε να μπορεί να ανιχνευτεί το είδος της δραστηριότητας του και αποθηκεύονται στη μνήμη της συσκευής σε αρχεία μορφής *arff*. Η καταγραφή της κίνησης του χρήστη είναι χρονική, δηλαδή δημιουργείται μια εγγραφή δεδομένων ανά συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (30 s) και είναι ανεξάρτητη από τη μεταβολή της τοποθεσίας που βρίσκεται ο χρήστης.

Η θέση του χρήστη αναφέρεται με βάση τις γεωγραφικές συντεταγμένες, οι οποίες ορίζονται από την υπηρεσία GPS της κινητής συσκευής του χρήστη. Ακόμα, ένα στιγμιότυπο κίνησης του χρήστη συνοδεύεται από το *timestamp* (χρονοσφραγίδα) της καταγραφής του, από την ταχύτητα του χρήστη τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή και από το κατηγορικό γνώρισμα *isGpsFixed* το οποίο έχει την τιμή *yes* εάν υπάρχει σήμα GPS τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή και *no* εάν

το σήμα έχει χαθεί. Ο τύπος της κίνησης του χρήστη περιγράφεται με το κατηγορικό γνώρισμα *MoveType*, το οποίο περιέχει επτά κλάσεις κινήσεων: Walking, Running, Biking, Driving, Metro, Bus, Motionless. Όμως, κατά τη διαδικασία καταγραφής των δεδομένων κίνησης, το πεδίο *MoveType* συμπληρώνεται με ερωτηματικό, καθώς η κίνηση του χρήστη είναι άγνωστη και θα πρέπει να ανιχνευθεί με τη διαδικασία της κατηγοριοποίησης. Στο Σχήμα 4.1 φαίνεται ένα δείγμα δεδομένων κίνησης σε μορφή αρχείου arff, όπως καταγράφεται από την εφαρμογή GPSTracker, ενώ ο χρήστης κινείται. Ωστόσο, στην υλοποίηση της εφαρμογής η κατηγοριοποίηση γίνεται σε πραγματικό χρόνο και στο αρχείο που καταγράφεται η κίνηση τα ερωτηματικά παίρνουν μία από τις τιμές του γνωρίσματος *MoveType*.

```
@relation gps_tracking

@attribute Longitude numeric
@attribute Latitude numeric
@attribute CurrentSpeed numeric
@attribute Timestamp date "yyyy-MM-dd HH:mm:ss"
@attribute MoveType {Walking,Running,Biking,Driving,Metro,Bus,Motionless}
@attribute IsGpsFixed {yes,no}

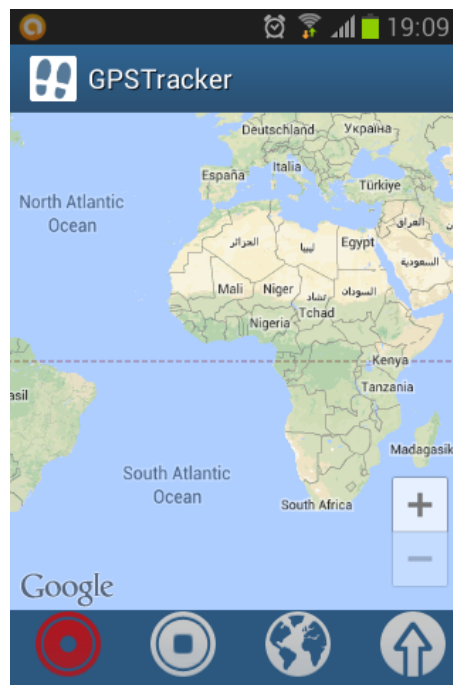
@data
38.01372305,23.73524654,2.0014278411865236,"2013-9-14 12:49:38",?,no
38.01411122,23.73523717,1.7144907633463542,"2013-9-14 12:50:9",?,yes
38.01497346,23.73528213,2.207129414876302,"2013-9-14 12:50:39",?,yes
38.01519141,23.73534935,1.8596986134847004,"2013-9-14 12:51:9",?,yes
38.0162284,23.73525919,2.251724853515625,"2013-9-14 12:51:39",?,yes
```

Σχήμα 4.1 Δείγμα καταγραφής δεδομένων κατά τη διάρκεια κίνησης του χρήστη.

4.1.2 Διαδικασία Καταγραφής Δεδομένων

Η καταγραφή της δραστηριότητας του χρήστη κατά την διάρκεια της ημέρας, απαιτεί από την εφαρμογή να λειτουργεί συνεχώς στην συσκευή τηλεφώνου του χρήστη και να αποθηκεύει τα δεδομένα κίνησης του. Ωστόσο, ο χρήστης ταυτόχρονα με την εφαρμογή καταγραφής δεδομένων χρησιμοποιεί και άλλες εφαρμογές, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν τη διακοπή της καταγραφής των δεδομένων χωρίς ο χρήστης να μπορεί απαραίτητα να το προβλέψει. Για παράδειγμα, ενώ ο χρήστης κινείται και η εφαρμογή τρέχει και αποθηκεύει δεδομένα, αν δεχτεί μια εισερχόμενη κλήση η τρέχουσα εφαρμογή θα διακοπεί και θα ανοίξει η εφαρμογή του Android για την διαχείριση των κλήσεων και η καταγραφή των δεδομένων θα πρέπει να γίνει από την αρχή.

Για αυτό τον λόγο, η διαδικασία της καταγραφής των δεδομένων κίνησης υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ένα Service, το οποίο λειτουργεί στο παρασκήνιο (background) κατά τη διάρκεια λειτουργίας της εφαρμογής. Συνεπώς, ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί διάφορες εφαρμογές, ενώ ταυτόχρονα καταγράφονται τα δεδομένα κίνησης του από το Service που τρέχει συνεχώς χωρίς να διακόπτεται από τις ενέργειες του χρήστη. Η καταγραφή των δεδομένων αρχίζει πατώντας το κουμπί εγγραφής στην αρχική οθόνη της εφαρμογής GPSTracker, το οποίο ξεκινά την εκτέλεση του Service και σταματά με το αντίστοιχο κουμπί διακοπής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2 Η αρχική οθόνη της εφαρμογής GPSTracker.

Το LocationService που υλοποιήθηκε, κάνει χρήση της κλάσης LocationManager του Android, η οποία έχει πρόσβαση στην υπηρεσία GPS της κινητής συσκευής και δέχεται ενημερώσεις για την γεωγραφική τοποθεσία της συσκευής. Ακόμα, για την χρονική καταγραφή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Runnable interface, με το οποίο εκτελείται συνεχώς η καταγραφή της τρέχουσας τοποθεσίας του χρήστη και των υπόλοιπων γνωρισμάτων της κίνησης και η κλάση Handler, η οποία προγραμματίζει τον κώδικα καταγραφής να εκτελείται με χρονική διαφορά τριάντα δευτερολέπτων (30 s).

Ακόμα, σε κάθε στιγμιότυπο δεδομένων καταγράφεται η τρέχουσα ταχύτητα του χρήστη. Η ταχύτητα αναφέρεται σε m/s και υπολογίζεται από την απόσταση που έχει διανύσει ο χρήστης

σε σχέση με την προηγούμενη θέση του και το χρονικό διάστημα που έχει παρέλθει από εκείνη τη στιγμή.

Όσον αφορά στο γνώρισμα *isGPSTFixed*, έχει ενδιαφέρον να αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο προσδιορίζεται αν την τρέχουσα στιγμή υπάρχει ή όχι σήμα GPS, καθώς το Android δεν διαθέτει κάποια υλοποιημένη υπηρεσία με την οποία να μπορεί να ελέγχει την κατάσταση του GPS σήματος.

Το Service χρησιμοποιεί έναν GpsStatus Listener, ο οποίος λαμβάνει ειδοποιήσεις κάθε φορά που η κατάσταση του GPS σήματος αλλάζει και καλείται η μέθοδος που παρατίθεται παρακάτω. Ταυτόχρονα, χρησιμοποιεί έναν Location Listener, με τον οποίο όταν αλλάξει η τρέχουσα θέση καλείται η μέθοδος *onLocationChanged*, η οποία εκχωρεί στην global μεταβλητή *mLastLocationMillis* την τρέχουσα ώρα του συστήματος, οπότε πάντοτε είναι γνωστή η τελευταία χρονική στιγμή που ελήφθη σήμα GPS.

```

1 public void onGpsStatusChanged(int event) {
2     switch (event) {
3         case GpsStatus.GPS_EVENT_SATELLITE_STATUS:
4             if (mLastLocation != null)
5                 GPSTfixed = (SystemClock.elapsedRealtime() - mLastLocationMillis) < 5000;
6             if (GPSTfixed) // A fix has been acquired.
7                 isGpsFix = "yes";
8             else // The fix has been lost.
9                 isGpsFix = "no";
10            break;
11        case GpsStatus.GPS_EVENT_FIRST_FIX:
12            isGpsFix = "yes"; // First fix has been acquired.
13            break;
14    }
15 }
```

Στη μέθοδο *onGpsStatusChanged* η global μεταβλητή *isGPSTFix* έχει αρχικοποιηθεί ως *no*, οπότε όταν ληφθεί για πρώτη φορά σήμα GPS, η μέθοδος δέχεται το αντίστοιχο event και η μεταβλητή *isGPSTFix* αλλάζει σε *yes*. Στην περίπτωση που η κατάσταση του σήματος αλλάξει, θα υπολογιστεί πόσος χρόνος έχει περάσει από την τελευταία χρονική στιγμή που ελήφθη σήμα GPS (*mLastLocationMillis*). Αν η διαφορά χρόνου είναι μεγαλύτερη από 5 δευτερόλεπτα θα θεωρήσει ότι το σήμα έχει χαθεί καθώς ο LocationManager λαμβάνει ενημερώσεις από το GPS ανά δευτερόλεπτο. Στην αντίθετη περίπτωση, όπου ο χρόνος που έχει περάσει είναι μικρότερος από 5 δευτερόλεπτα, θα θεωρήσει ότι υπάρχει σήμα και θα εκχωρήσει *yes* στην μεταβλητή.

Συνεπώς, κατά τη διάρκεια καταγραφής των δεδομένων κίνησης, η κατάσταση του σήματος GPS είναι γνωστή από τη μεταβλητή `isGPSTFix`, η οποία καταγράφεται σε κάθε στιγμιότυπο για να δηλώσει αν στη συγκεκριμένη τοποθεσία, υπάρχει σήμα GPS ή όχι.

Το γνώρισμα `isGPSTFixed` έχει ως στόχο την αναγνώριση της κίνησης του χρήστη στο μετρό, καθώς στην περίπτωση που το σήμα χαθεί για κάποιο χρονικό διάστημα και την επόμενη χρονική στιγμή που βρεθεί ο χρήστης βρίσκεται πολύ μακριά, μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα ότι ο χρήστης βρίσκεται στο μετρό. Όμως, αυτή η προσέγγιση δεν έχει αποτέλεσμα σε επίπεδο κατηγοριοποίησης στιγμιότυπου κίνησης, καθώς απαιτεί την μελέτη της τροχιάς κίνησης του χρήστη.

4.2 Κατηγοριοποίηση Κίνησης

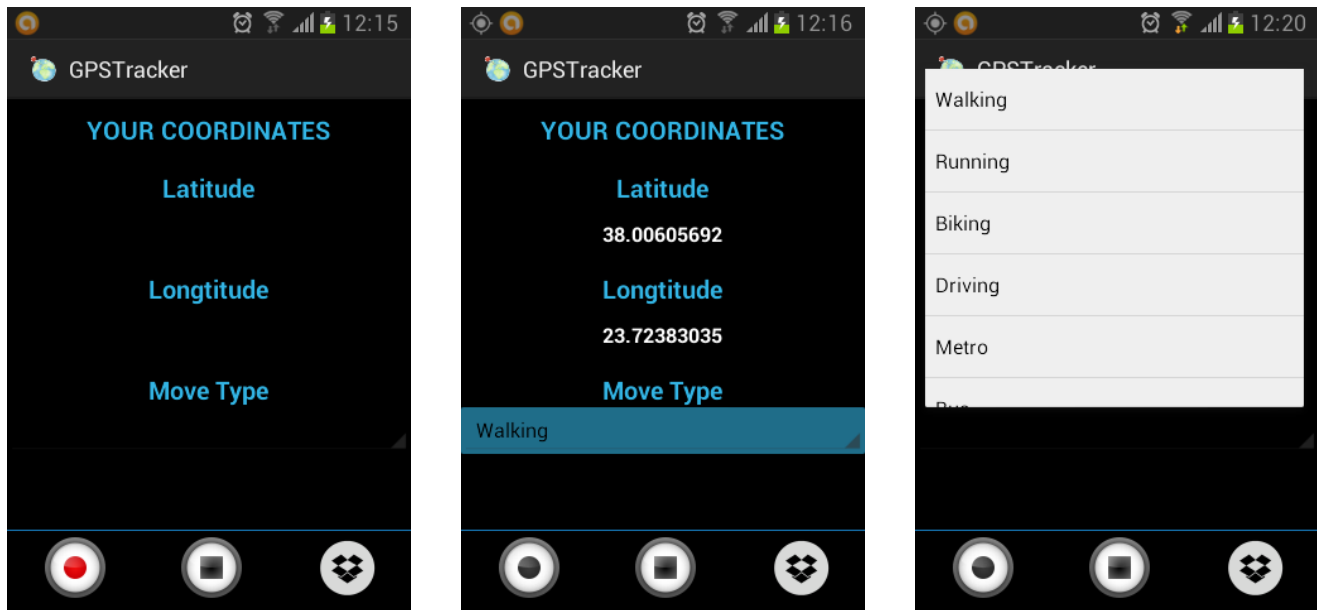
Η ανίχνευση της δραστηριότητας του χρήστη υλοποιήθηκε κάνοντας χρήση τεχνικών εξόρυξης δεδομένων και πιο συγκεκριμένα με την τεχνική της κατηγοριοποίησης. Η κατηγοριοποίηση έχει ως στόχο την δημιουργία ενός μοντέλου το οποίο χρησιμοποιείται για να αντιστοιχεί μη-κατηγοριοποιημένα δεδομένα σε κατηγορίες κίνησης. Για την εκπαίδευση του μοντέλου εφαρμόζεται ένα σύνολο κατηγοριοποιημένων δεδομένων (εκπαίδευσης) για όλες τις κινήσεις που έχουν οριστεί. Στη συνέχεια, θα περιγραφεί ο τρόπος συλλογής των δεδομένων εκπαίδευσης και η υλοποίηση της διαδικασίας κατηγοριοποίησης των κινήσεων στην εφαρμογή.

4.2.1 Συλλογή Δεδομένων Εκπαίδευσης

Η πρώτη ενέργεια για την συλλογή δεδομένων εκπαίδευσης, ήταν ο ορισμός των κατηγοριών της κίνησης που θα είναι σε θέση να αναγνωρίζει η εφαρμογή. Έτσι, ορίστηκαν οι πιο συχνές καθημερινές δραστηριότητες ενός χρήστη: Περπάτημα, Τρέξιμο, Λεωφορείο, Μετρό, Ποδήλατο, Αυτοκίνητο και Ακίνητος, ως κλάσεις του κατηγορικού γνωρίσματος `MoveType`.

Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε μια αρχική εφαρμογή για την καταγραφή δεδομένων εκπαίδευσης όλων των κινήσεων. Η εφαρμογή αυτή καταγράφει δεδομένα με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και η τελική εφαρμογή `GPSTracker`, με τη διαφορά ότι συμπληρώνει το πεδίο `MoveType` με την τρέχουσα κίνηση του χρήστη. Στο Σχήμα 4.3 παρουσιάζονται τρία στιγμιότυπα χρήσης της αρχικής εφαρμογής. Αρχικά, φαίνεται η αρχική οθόνη της εφαρμογής και έπειτα αφού η καταγραφή ξεκινήσει, εμφανίζονται οι συντεταγμένες της τρέχουσας θέσης. Ακόμα, το πεδίο `Move Type` διαθέτει ένα `Spinner` του `Android`, όπου εμφανίζονται οι επτά κλάσεις κίνησης και ενώ ο χρήστης κινείται επιλέγει την κίνηση του τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ώστε να

καταγράφεται στα δεδομένα.



Σχήμα 4.3 Στιγμιότυπα χρήσης της εφαρμογής καταγραφής δεδομένων εκπαίδευσης.

Η καταγραφή των δεδομένων εκπαίδευσης υλοποιήθηκε με Service όπως και στην εφαρμογή GPSTracker. Ωστόσο, στην συγκεκριμένη εφαρμογή, απαιτείται συνεχής επικοινωνία του Service που καταγράφει δεδομένα και πιθανώς λειτουργεί στο παρασκήνιο με την Main Activity της εφαρμογής, ώστε να είναι δυνατό να αποθηκεύεται το είδος κίνησης που είναι επιλεγμένο. Για να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ του Service και της δραστηριότητας, χρησιμοποιείται η κλάση Message του Android αφού πρώτα πραγματοποιηθεί σύνδεση μεταξύ τους.

Πιο συγκεκριμένα, κάθε φορά που το Service καταγράφει ένα στιγμιότυπο δεδομένων στέλνει το μήνυμα *get_move_type*, όπως φαίνεται παρακάτω, στην Main Activity και περιμένει ως απάντηση την τρέχουσα δραστηριότητα του χρήστη.

```
1 // Location Service Message
2 Bundle bundle = new Bundle();
3 bundle.putString("str", "get_move_type");
4 Message msg = Message.obtain(null, MSG_SET_STRING_VALUE);
5 msg.setData(bundle);
6 messenger.send(msg);
```

Όταν η Main Activity λάβει το μήνυμα του Service, ελέγχει την κίνηση που είναι επιλεγμένη στο Spinner και στέλνει ως μήνυμα απάντησης έναν ακέραιο αριθμό που αντιστοιχεί στο τρέχον

είδος κίνησης.

```
1 //Main Activity Message
2 String str = msg.getData().getString("str");
3 if (str.equals("get_move_type")){
4     sendMessageToService(intToSend(spinner.getSelectedItem().toString()));
5 }
```

Με αυτό τον τρόπο, ακόμα και αν η εφαρμογή τρέχει στο παρασκήνιο, το Service συνεχίζει να ενημερώνεται για το είδος δραστηριότητας του χρήστη και μπορεί να καταγράψει για μεγάλο χρονικό διάστημα δεδομένα εκπαίδευσης. Στο Σχήμα 4.4 φαίνεται ένα δείγμα δεδομένων εκπαίδευσης όπως καταγράφονται από την αρχική εφαρμογή που περιγράφηκε.

```
@relation gps_tracking

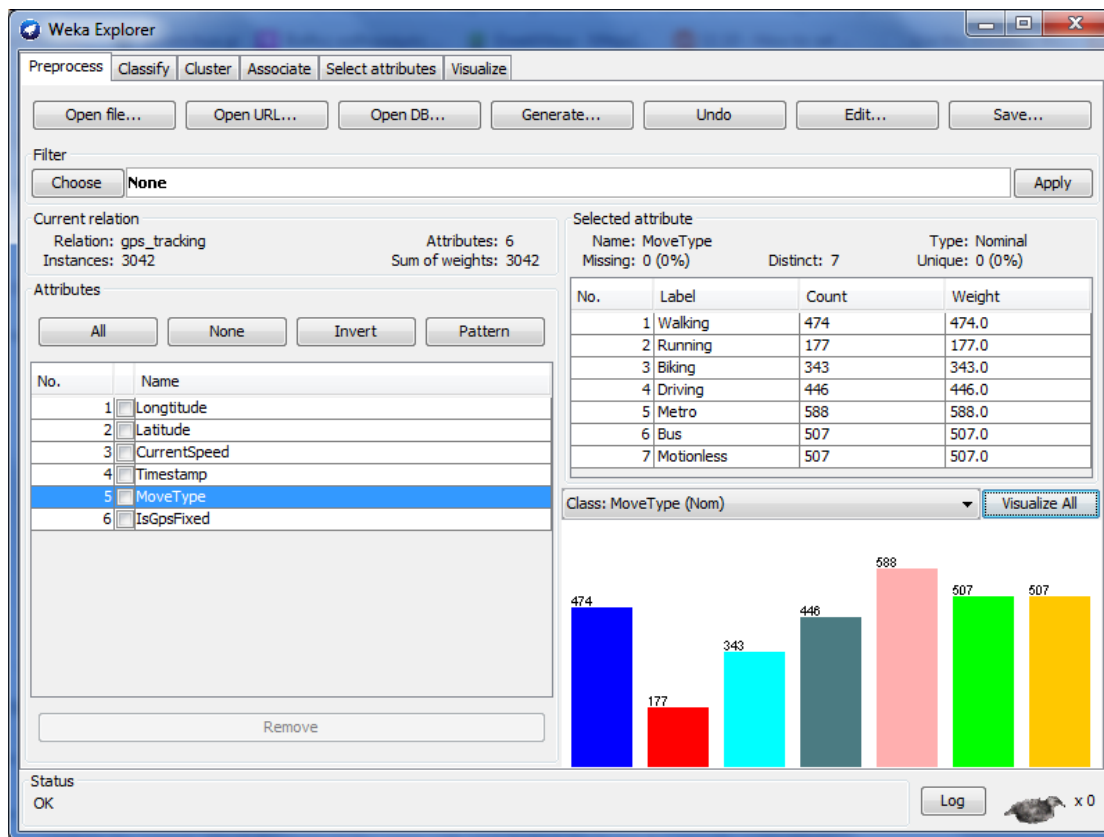
@attribute Longitude numeric
@attribute Latitude numeric
@attribute CurrentSpeed numeric
@attribute Timestamp date "yyyy-MM-dd HH:mm:ss"
@attribute MoveType {Walking,Running,Biking,Driving,Metro,Bus,Motionless}
@attribute IsGpsFixed {yes,no}

@data
38.7693705,22.89579554,8.337412889781318,"2013-8-5 15:25:33",Driving,yes
38.77333076,22.89657442,8.01990681406557,"2013-8-5 15:26:18",Driving,yes
38.77519924,22.89664697,7.620766744126368,"2013-8-5 15:26:56",Driving,yes
38.77573533,22.89804129,7.458771491133218,"2013-8-5 15:27:28",Driving,yes
38.77611682,22.89868706,7.20444046823602,"2013-8-5 15:27:58",Driving,yes
38.75873541,22.85245263,0.972543443952288,"2013-8-7 12:31:55",Walking,yes
38.75848683,22.85318384,1.2933641560872395,"2013-8-7 12:32:35",Walking,yes
```

Σχήμα 4.4 Δείγμα καταγραφής δεδομένων εκπαίδευσης.

4.2.2 Επιλογή Αλγορίθμου Κατηγοριοποίησης

Τα δεδομένα εκπαίδευσης που συλλέχθηκαν συνολικά για την υλοποίηση της εφαρμογής GPSTracker, αποτελούνται από 3042 στιγμιότυπα και η κατανομή των δεδομένων στις κατηγορίες κίνησης φαίνεται στο Σχήμα 4.5 όπου παρουσιάζονται μέσω του παράθυρου προεπεξεργασίας του προγράμματος WEKA.



Σχήμα 4.5 Η κατανομή των δεδομένων εκπαίδευσης στις επτά κατηγορίες κινήσεων.

Στη συνέχεια, για την επιλογή του αλγορίθμου κατηγοριοποίησης που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή, εκτελέστηκαν οι αλγόριθμοι Δέντρων Απόφασης που περιλαμβάνει το πρόγραμμα WEKA στα δεδομένα εκπαίδευσης και παρατηρήθηκε το ποσοστό επιτυχίας τους (accuracy). Η εκτέλεση των αλγορίθμων περιορίστηκε στους αλγόριθμους Δέντρων Απόφασης, δεδομένου ότι η δημιουργία του μοντέλου εκπαίδευσης από αυτή την κατηγορία αλγορίθμων απαιτεί μικρή επεξεργαστική ισχύ. Κατά συνέπεια, ένας αλγόριθμος Δέντρου Απόφασης μπορεί να εκτελεστεί σε μια κινητή συσκευή και να δημιουργήσει το μοντέλο κατηγοριοποίησης σε ελάχιστο χρόνο.

Στον Πίνακα 4.1, παρουσιάζονται τα ποσοστά επιτυχίας των αλγορίθμων που εκτελέστηκαν χρησιμοποιώντας την μέθοδο αξιολόγησης 10-fold cross validation. Όπως προκύπτει από την αξιολόγηση των αλγορίθμων, ο αλγόριθμος RandomForest παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας (92.57%) στα συγκεκριμένα δεδομένα εκπαίδευσης. Κατά συνέπεια, η κατηγοριοποίηση της κίνησης στην εφαρμογή GPSTracker υλοποιήθηκε με τον αλγόριθμο RandomForest.

Πίνακας 4.1 Ποσοστά επιτυχίας αλγορίθμων κατηγοριοποίησης.

Αλγόριθμος	Accuracy (%)
J48	89.15
LMT	79.88
RandomForest	92.57
RandomTree	91.05
REPTree	86.78

4.2.3 Διαδικασία Κατηγοριοποίησης Δεδομένων Κίνησης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η διαδικασία της κατηγοριοποίησης υλοποιήθηκε κάνοντας χρήση των αλγορίθμων του προγράμματος WEKA. Για την χρήση των αλγορίθμων αυτών, προστέθηκε στην εφαρμογή το αρχείο jar του WEKA από το οποίο όμως έχουν αφαιρεθεί τα γραφικά συστατικά του προγράμματος ώστε να είναι δυνατό να τρέχει σε μια εφαρμογή Android, χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα έλλειψης μνήμης.

Η κατηγοριοποίηση της κίνησης του χρήστη εφαρμόζεται στα δεδομένα κίνησης σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή είναι μια διαδικασία που συμβαίνει παράλληλα με την καταγραφή των δεδομένων. Με άλλα λόγια, ενώ ο χρήστης κινείται για κάθε στιγμιότυπο κίνησης που καταγράφεται, κατηγοριοποιείται ώστε να ανιχνευτεί η κίνηση του και στη συνέχεια αποθηκεύεται. Για αυτόν τον λόγο, η διαδικασία της κατηγοριοποίησης της κίνησης υλοποιήθηκε στο LocationService όπως και η καταγραφή των δεδομένων, καθώς και οι δυο διαδικασίες πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να εκτελούνται ακόμα και όταν ο χρήστης χρησιμοποιεί κάποια άλλη εφαρμογή της συσκευής του και η παρούσα εφαρμογή βρίσκεται στο background.

Όταν ξεκινήσει η εκτέλεση του LocationService, αρχικά γίνεται η εκπαίδευση του μοντέλου κατηγοριοποίησης με τον αλγόριθμο Random Forest. Η εκπαίδευση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας τα δεδομένα εκπαίδευσης που βρίσκονται αποθηκευμένα στον φάκελο *assets* της εφαρμογής, αφού πρώτα οριστεί ως class attribute το γνώρισμα MoveType όπως φαίνεται στον κώδικα που παρατίθεται παρακάτω.

```

1 //load training data
2 reader = new BufferedReader(new InputStreamReader(getResources().getAssets().open("training_data.arff")));
3 data = new Instances(reader);
4 reader.close();
5 data.setClassIndex(data.numAttributes() - 2); //set class attribute
6 classifier = new RandomForest(); //create instance of RandomForest tree
7 classifier.buildClassifier(data); //build classification

```

Για κάθε στιγμιότυπο δεδομένων κίνησης που καταγράφεται καλείται η μέθοδος `classifyInstance`, η οποία δημιουργεί ένα προσωρινό αρχείο `arff` στο οποίο καταχωρείται το μη-κατηγοριοποιημένο στιγμιότυπο. Στη συνέχεια, το προσωρινό αρχείο διαβάζεται και φορτώνεται η μη-κατηγοριοποιημένη εγγραφή και κατηγοριοποιείται κάνοντας χρήση του ήδη εκπαιδευμένου μοντέλου κατηγοριοποίησης. Έπειτα, αφού αναγνωριστεί ο τύπος κίνησης του χρήστη, επιστρέφεται η τιμή (`type`) του κατηγοριοποιημένου γνωρίσματος στην αντίστοιχη μέθοδο και το `Service` αποθηκεύει στο αρχείο της διαδρομής το κατηγοριοποιημένο στιγμιότυπο κίνησης.

```

1 // load unlabeled data
2 Instances unlabeled = new Instances(new BufferedReader(new
    FileReader("/data/data/com.example.gpstracker/tmp.arff")));
3 // set class attribute
4 unlabeled.setClassIndex(unlabeled.numAttributes() - 2);
5 // label instances
6 double clsLabel = classifier.classifyInstance(unlabeled.instance(0));
7 type = unlabeled.classAttribute().value((int) clsLabel);
8 return type;

```

Με την διαδικασία που περιγράφηκε, επιτεύχθηκε η αναγνώριση της κίνησης του χρήστη σε πραγματικό χρόνο κάνοντας χρήση της τεχνικής της κατηγοριοποίησης. Κατόπιν θα γίνει αναφορά στον τρόπο απεικόνισης της αναγνωρισμένης κίνησης στον χάρτη, καθώς η παρούσα εφαρμογή έχει ως στόχο να πληροφορήσει τον χρήστη για την δραστηριότητα του και όχι απλώς να την καταγράψει.

4.3 Απεικόνιση Δραστηριότητας σε Χάρτη

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας κατηγοριοποίησης, υλοποιήθηκε η αποτύπωση της αναγνωρισμένης δραστηριότητας του χρήστη στον χάρτη, ώστε να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης και να διευκολύνουν τον χρήστη να αποκτήσει εικόνα της δραστηριότητάς του. Η απεικόνιση της κατηγοριοποιημένης κίνησης στον χάρτη πραγματοποιείται με δυο τρόπους. Αρχικά, η κατηγοριοποιημένη κίνηση παρουσιάζεται στον χρήστη σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή κατά τη διάρκεια της κίνησης του, μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας κατηγοριοποίησης. Ενώ είναι δυνατή και η απεικόνιση παλαιότερων διαδρομών, φορτώνοντας τα

αποθηκευμένα αρχεία arff. Η διαδικασία που ακολουθείται και στις δυο περιπτώσεις είναι όμοια και περιγράφεται παρακάτω.

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, η απεικόνιση εφαρμόστηκε στους χάρτες της Google κάνοντας χρήση του Google Maps Android API, Έκδοση 2.0. Για την χρήση των χαρτών στην εφαρμογή, ήταν απαραίτητη η καταχώρηση της εφαρμογής στην υπηρεσία και η προσθήκη του API KEY στο αρχείο AndroidManifest.xml του Android Project όπως φαίνεται παρακάτω.

```
1 //AndroidManifest.xml
2 <meta-data
3     android:name="com.google.android.maps.v2.API_KEY"
4     android:value="AlzaSyD8DUCJ4GoRM2m3gyCXz_Pf7ycjJSbPu1k" />
```

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε ένα αντικείμενο χάρτη SupportMapFragment στο οποίο αποτυπώνονται οι τοποθεσίες της κίνησης του χρήστη. Έπειτα, για κάθε στιγμιότυπο κίνησης δημιουργείται ένα σημείο στον χάρτη το οποίο απεικονίζεται με διαφορετικό εικονίδιο που χαρακτηρίζει τον τύπο της κίνησης. Για παράδειγμα, παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας που δημιουργεί ένα σημείο στο χάρτη το οποίο αντιστοιχεί σε μια εγγραφή κατά την οποία ο χρήστης περπατάει, όπου *mMap* είναι το αντικείμενο του χάρτη. Επίσης, προστίθεται και ένα attribute *title* που περιέχει τον τύπο της κίνησης και την ώρα της εγγραφής, το οποίο δημιουργεί ένα παράθυρο με αυτές τις πληροφορίες κάθε φορά που ο χρήστης πατάει το συγκεκριμένο σημείο στον χάρτη.

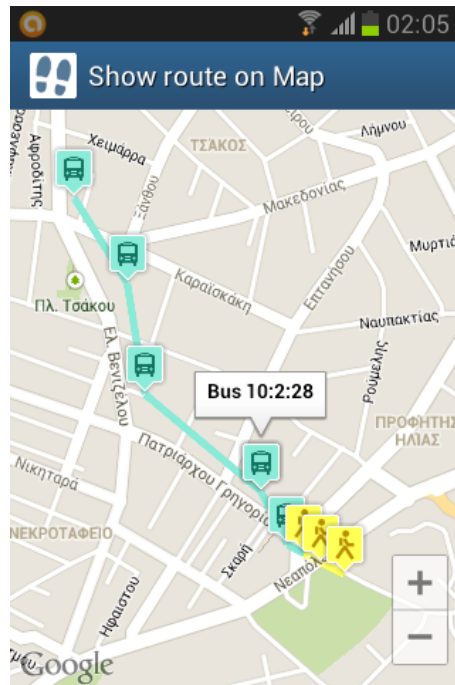
```
1 //add Walking point to mMap
2 mMap.addMarker(new MarkerOptions().position(new LatLng(lat,
3     lon)).icon(BitmapDescriptorFactory.fromResource(R.drawable.walking)).title("Walking\n" + time));
```

Ακόμα, κάθε φορά που προστίθεται ένα σημείο στον χάρτη ταυτόχρονα δημιουργείται μια γραμμή (κλάση Polyline) στον χάρτη που το συνδέει με το προηγούμενο σημείο της διαδρομής χρησιμοποιώντας διαφορετικό χρώμα για κάθε είδος κίνησης.

```
1 //create polyline between two points
2 mMap.addPolyline(new PolylineOptions()
3     .add(new LatLng(prevLat, prevLon), new LatLng(curLat, curLon))
4     .color(lineColor)
5     .width(5))
```

6 .geodesic(true));

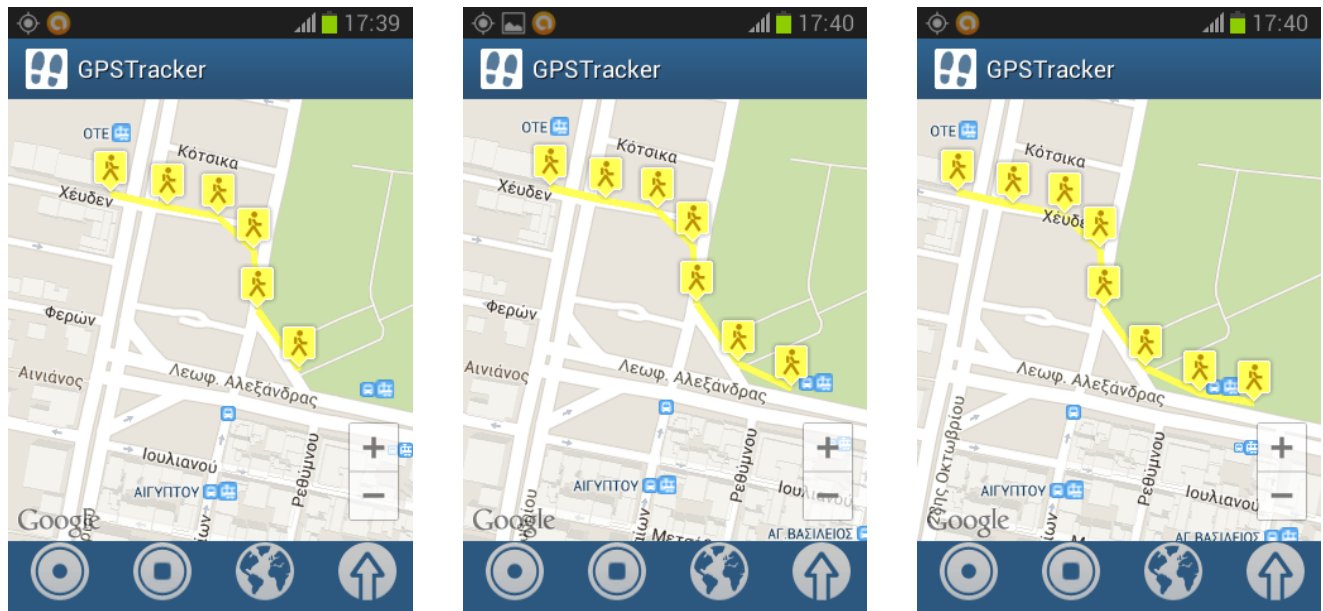
Στο Σχήμα 4.6, παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της απεικόνισης που υλοποιήθηκε στην εφαρμογή, σε ένα στιγμιότυπο της δραστηριότητας MapsActivity.



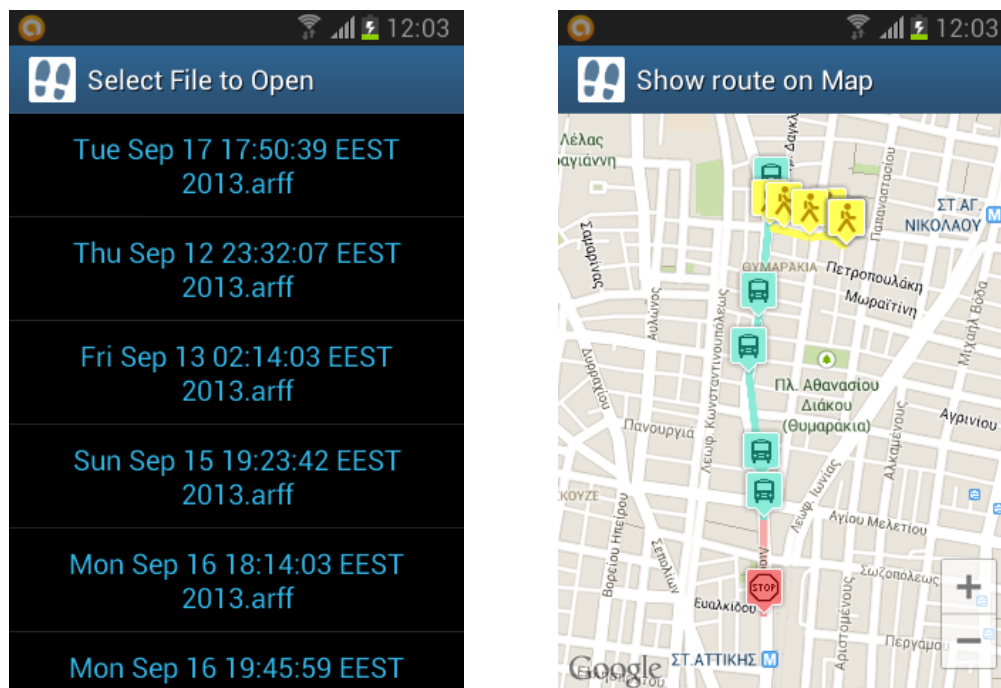
Σχήμα 4.6 Η απεικόνιση της δραστηριότητας του χρήστη στην εφαρμογή GPSTracker.

Η απεικόνιση της διαδρομής του χρήστη χρησιμοποιείται σε δυο διαδικασίες της εφαρμογής GPSTracker. Αρχικά, η διαδικασία καταγραφής και κατηγοριοποίησης της κίνησης, παρουσιάζεται στον χρήστη αποτυπωμένη στον χάρτη σε πραγματικό χρόνο. Για να επιτευχθεί αυτό, το LocationService επικοινωνεί με την MainActivity χρησιμοποιώντας Messages. Έτσι, κάθε φορά που καταγράφεται ένα στιγμιότυπο κίνησης και κατηγοριοποιείται, αποστέλλεται με Message στην δραστηριότητα MainActivity και απεικονίζεται στο αντικείμενο χάρτη που διαθέτει. Στο Σχήμα 4.7 φαίνεται η απεικόνιση της δραστηριότητας του χρήστη καθώς κινείται σε τρία συνεχόμενα στιγμιότυπα, όπως υλοποιήθηκε στην δραστηριότητα MainActivity.

Τέλος, υλοποιήθηκε η απεικόνιση των ήδη αποθηκευμένων διαδρομών στην δραστηριότητα MapsActivity, στην οποία ο χρήστης επιλέγει από μια λίστα το αρχείο που θέλει να ανοίξει και η διαδρομή διαβάζεται από το αρχείο και εμφανίζεται στον χάρτη της δραστηριότητας. Στο Σχήμα 4.8 παρουσιάζεται με στιγμιότυπα, η λειτουργία επιλογής και απεικόνισης μιας αποθηκευμένης διαδρομής.



Σχήμα 4.7 Στιγμιότυπα απεικόνισης της δραστηριότητας του χρήστη ενώ κινείται.



Σχήμα 4.8 Στιγμιότυπα χρήσης της απεικόνισης αποθηκευμένης διαδρομής.

4.4 Συλλογή Δεδομένων σε Κεντρικό Αποθετήριο

Όσον αφορά στον στόχο της εφαρμογής για κεντρική συλλογή των δεδομένων κίνησης που καταγράφονται από την εφαρμογή, στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας υλοποιήθηκε η διαδικασία συλλογής των διαδρομών του χρήστη χρησιμοποιώντας τον χώρο αποθήκευσης που διαθέτει στον Dropbox λογαριασμό του.

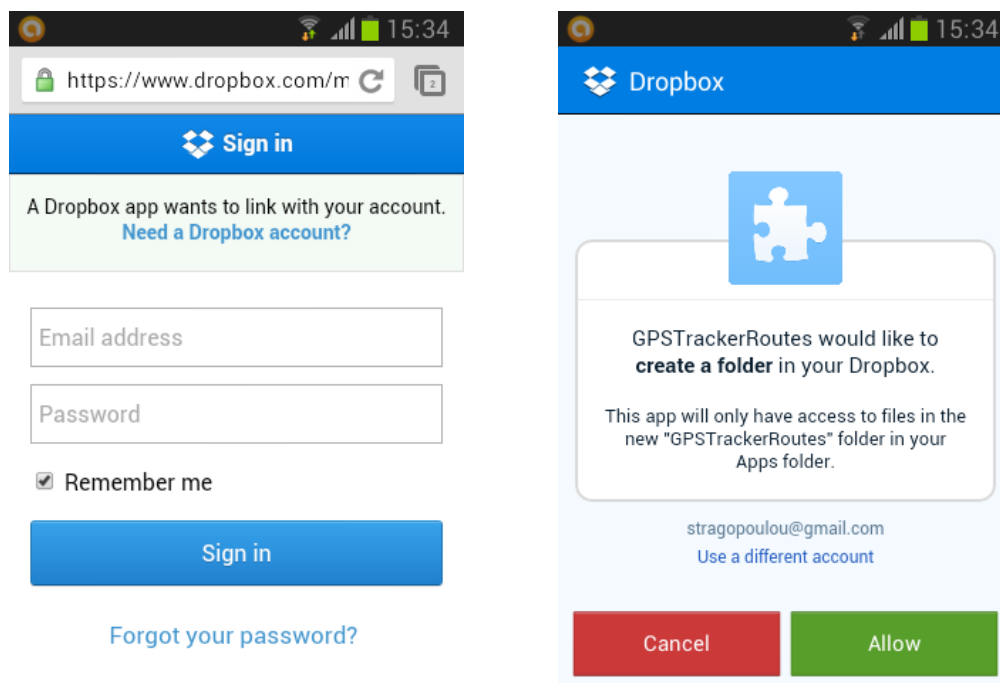
Για την υλοποίηση της διαδικασίας μεταφόρτωσης αρχείων στον αποθηκευτικό χώρο του Dropbox, χρησιμοποιήθηκε το Core API του Dropbox, το οποίο βασίζεται σε HTTP και OAuth και παρέχει χαμηλού επιπέδου κλήσεις για πρόσβαση στον λογαριασμό του χρήστη. Για αυτό τον λόγο προστέθηκε στο project της εφαρμογής το Dropbox SDK για Android, το οποίο παρέχει όλες τις βιβλιοθήκες του Dropbox. Για την χρήση του Dropbox API, απαιτείται η καταχώρηση της εφαρμογής που θα το χρησιμοποιήσει και παρέχονται δυο κλειδιά απαραίτητα για την ταυτοποίηση της. Τα δυο αυτά κλειδιά προστέθηκαν στην δραστηριότητα DropboxUpload, η οποία υλοποιεί την αυθεντικοποίηση της εφαρμογής με την μέθοδο *buildSession* που παρατίθεται παρακάτω.

```
1 final static private String APP_KEY = "emtrbi0haqed9yv";
2 final static private String APP_SECRET = "puqchaj3e3ucr9m";
3
4 private AndroidAuthSession buildSession() {
5
6     AppKeyPair appKeyPair = new AppKeyPair(APP_KEY, APP_SECRET);
7     AndroidAuthSession session;
8     String[] stored = getKeys();
9     if (stored != null) {
10         AccessTokenPair accessToken = new AccessTokenPair(stored[0],stored[1]);
11         session = new AndroidAuthSession(appKeyPair, ACCESS_TYPE,accessToken);
12     } else {
13         session = new AndroidAuthSession(appKeyPair, ACCESS_TYPE);
14     }
15     return session;
16 }
```

Ακόμα, στην δραστηριότητα DropboxUpload υλοποιήθηκε η αυθεντικοποίηση του χρήστη, η οποία είναι απαραίτητη για την μεταφόρτωση αρχείων στον λογαριασμό του. Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν είναι συνδεδεμένος στο Dropbox, ξεκινά η δραστηριότητα ταυτοποίησης του χρήστη την οποία παρέχει το Dropbox API, αφού πρώτα δημιουργηθεί το session του Dropbox API αντικειμένου.

```
1 //create Dropbox API session
2 AndroidAuthSession session = buildSession();
3 mApi = new DropboxAPI<AndroidAuthSession>(session);
4 //authenticate user activity
5 mApi.getSession().startAuthentication(DropboxUpload.this);
```

Στο Σχήμα 4.9 φαίνεται η δραστηριότητα ταυτοποίησης του χρήστη, ενώ αν είναι επιτυχής ζητάει την άδεια του χρήστη για να δημιουργήσει έναν φάκελο στον λογαριασμό του για να αποθηκεύονται τα αρχεία της εφαρμογής.



Σχήμα 4.9 Η δραστηριότητα ταυτοποίησης χρήστη που παρέχει το Dropbox API.

Ωστόσο, η μεταφόρτωση των αρχείων στο Dropbox δεν υλοποιήθηκε στην δραστηριότητα `DropboxUpload`, καθώς οι εκδόσεις 4.0 και μετά του Android δεν επιτρέπουν λειτουργίες δικτύου στην βασική διεργασία της εφαρμογής. Κατά συνέπεια, η μεταφόρτωση των αρχείων υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας την κλάση `AsyncTask` του Android, ώστε να λειτουργεί σε όλες τις εκδόσεις του Android. Η κλάση `AsyncTask` επιτρέπει την εκτέλεση λειτουργιών στο παρασκήνιο χωρίς να απαιτεί τον χειρισμό νημάτων, ενώ εμφανίζει ειδοποιήσεις στη βασική διεργασία.

Το Dropbox SDK παρέχει μια έτοιμη κλάση `AsyncTask` η οποία ονομάζεται `UploadPicture` και χρησιμοποιείται για την μεταφόρτωση μιας εικόνας στο Dropbox. Η κλάση `UploadPicture`

χρησιμοποιεί την μέθοδο `doInBackground` της `AsyncTask` για την διαδικασία μεταφόρτωσης της εικόνας και την μέθοδο `onProgressUpdate` για να ενημερώνει τον χρήστη για την πρόοδο της διαδικασίας μέσω ενός `ProgressDialog`. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία, ενημερώνει τον χρήστη με μήνυμα επιτυχίας ή σφάλματος με τη μέθοδο `onPostExecute`.

Για την χρήση της κλάσης `UploadPicture` στην εφαρμογή έγιναν μερικές τροποποιήσεις ώστε να είναι δυνατό να μεταφορτωθούν περισσότερα από ένα αρχεία. Παρακάτω παρατίθεται η τροποποιημένη διαδικασία μεταφόρτωσης της μεθόδου `doInBackground`.

```

1  for (int i = 0; i < mFilesToUpload.length; i++) {
2      File file = mFilesToUpload[i];
3      int bytes = (int) mFilesToUpload[i].length();
4      filename = mFilesToUpload[i].getName();
5      FileInputStream fis = new FileInputStream(file);
6      String path = mPath + file.getName();
7      //upload file
8      mRequest = mApi.putFileOverwriteRequest(path, fis, file.length(), new ProgressListener() {
9          @Override
10         public long progressInterval() {
11             return 100;
12         }
13         @Override
14         public void onProgress(long bytes, long total) {
15             if (isCancelled()) {
16                 // This will cancel the putFile operation
17                 mRequest.abort();
18             } else
19                 publishProgress(bytes);
20         });
21     mRequest.upload();
22 }

```

Η δραστηριότητα `DropboxUpload`, μετά την ταυτοποίηση της εφαρμογής και του χρήστη, δημιουργεί ένα αντικείμενο του `AsyncTask`, στο οποίο δίνει ως παραμέτρους το `session` που έχει δημιουργηθεί και ένα πίνακα αρχείων τα οποία έχει επιλέξει ο χρήστης να μεταφορτώσει.

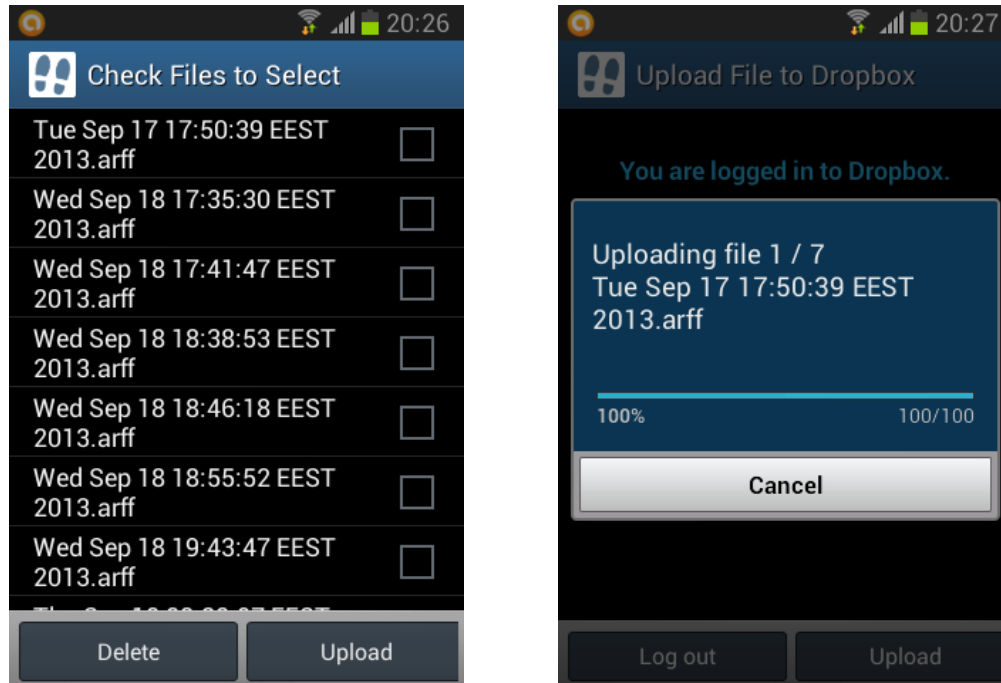
```

1  UploadTask upload = new UploadTask(DropboxUpload.this, mApi, "/", filesToUpload);
2  upload.execute();

```

Στη συνέχεια, εκτελείται η μέθοδος `doInBackground` η οποία μεταφορτώνει τα αρχεία στο

Dropbox ενώ ταυτόχρονα εμφανίζεται ένα ProgressDialog που δείχνει την πρόοδο της διαδικασίας. Στο Σχήμα 4.10 παρουσιάζεται η διαδικασία επιλογής των αρχείων προς μεταφόρτωση από τον χρήστη και το παράθυρο που εμφανίζεται στον χρήστη για να τον ενημερώσει για την πρόοδο της μεταφόρτωσης. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της μεταφόρτωσης του αρχείου, το αρχείο παραμένει και στη μνήμη της κινητής συσκευής και ο χρήστης έχει την επιλογή της διαγραφής του από την ίδια δραστηριότητα.



Σχήμα 4.10 Στιγμιότυπα χρήσης της διαδικασίας μεταφόρτωσης αρχείων στο Dropbox.

Κεφάλαιο 5

Αποτελέσματα

5.1 Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Εφαρμογής

Αφού ολοκληρώθηκε η υλοποίηση της εφαρμογής, πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση του αλγορίθμου RandomForest σε ένα σύνολο δεδομένων επαλήθευσης, ώστε να εξεταστούν τα αποτελέσματα της εφαρμογής σε σχέση με τον αρχικό στόχο.

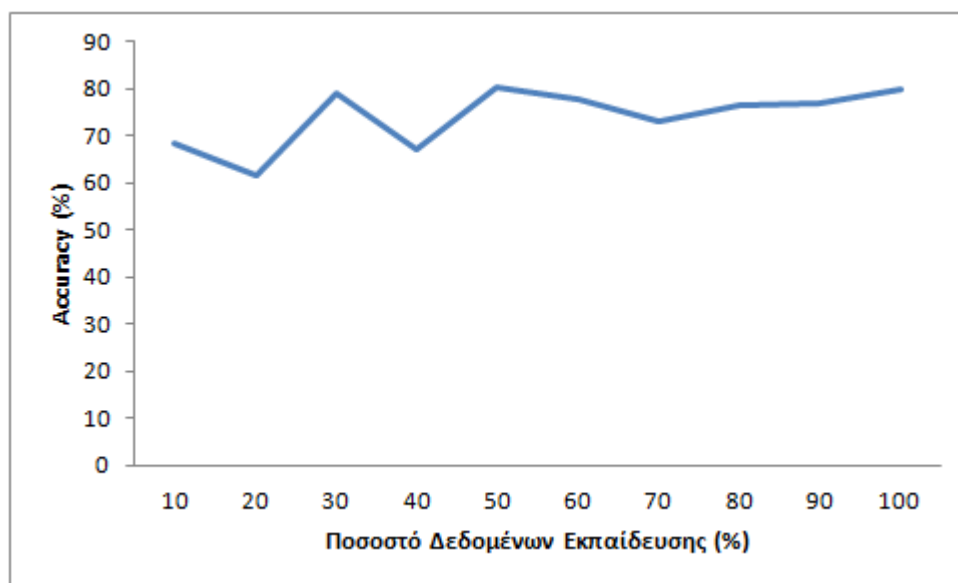
Η εκτίμηση της απόδοσης του μοντέλου της εφαρμογής πραγματοποιήθηκε με βάση το μέτρο ακρίβειας (accuracy) του αλγορίθμου RandomForest σε ένα σύνολο δεδομένων επαλήθευσης, δημιουργώντας το μοντέλο κατηγοριοποίησης με διαφορετικό υποσύνολο των δεδομένων εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα, από το σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης προέκυψαν δέκα υποσύνολα δεδομένων τα οποία αντιστοιχούν στα ποσοστά : 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 % του αρχείου εκπαίδευσης. Η διάσπαση των αρχείων πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τα φίλτρα προεπεξεργασίας του προγράμματος WEKA, *Randomize* και *RemovePercentage*, με τα οποία τα δεδομένα αρχικά ανακατεύτηκαν τυχαία και έπειτα διασπάστηκαν σε υποσύνολα με βάση το ποσοστό που αντιστοιχεί στο σύνολο των δεδομένων.

Τα αποτελέσματα του πειράματος που διεξήχθη στον αλγόριθμο RandomForest χρησιμοποιώντας δεδομένα επαλήθευσης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1 για τα διαφορετικά υποσύνολα δεδομένων εκπαίδευσης. Παράλληλα, για να γίνουν πιο κατανοητά τα αποτελέσματα της αξιολόγησης, δημιουργήθηκε η καμπύλη μάθησης του αλγορίθμου όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1.

Πίνακας 5.1 Ποσοστά επιτυχίας αλγορίθμου σε διαφορετικά υποσύνολα δεδομένων εκπαίδευσης.

Ποσοστό (%) δεδομένων εκπαίδευσης	Accuracy (%)
10	68.62
20	61.43
30	79.08
40	67.32
50	80.39
60	77.77
70	73.20
80	76.47
90	77.12
100	79.73

Η καμπύλη μάθησης απεικονίζει την μεταβολή της ακρίβειας του αλγορίθμου με την αύξηση του μεγέθους του δείγματος. Κατά συνέπεια, μέχρι το ποσοστό των 70% των δεδομένων εκπαίδευσης παρατηρούνται συνεχείς αυξομειώσεις της ακρίβειας του αλγορίθμου, ενώ από το ποσοστό του 70% και πάνω παρατηρείται μια πιο σταθερή αύξηση της ακρίβειας.



Σχήμα 5.1 Η καμπύλη μάθησης του αλγορίθμου RandomForest.

Μια πιθανή ερμηνεία αυτής της συμπεριφοράς του αλγορίθμου είναι ότι τα δεδομένα μέχρι

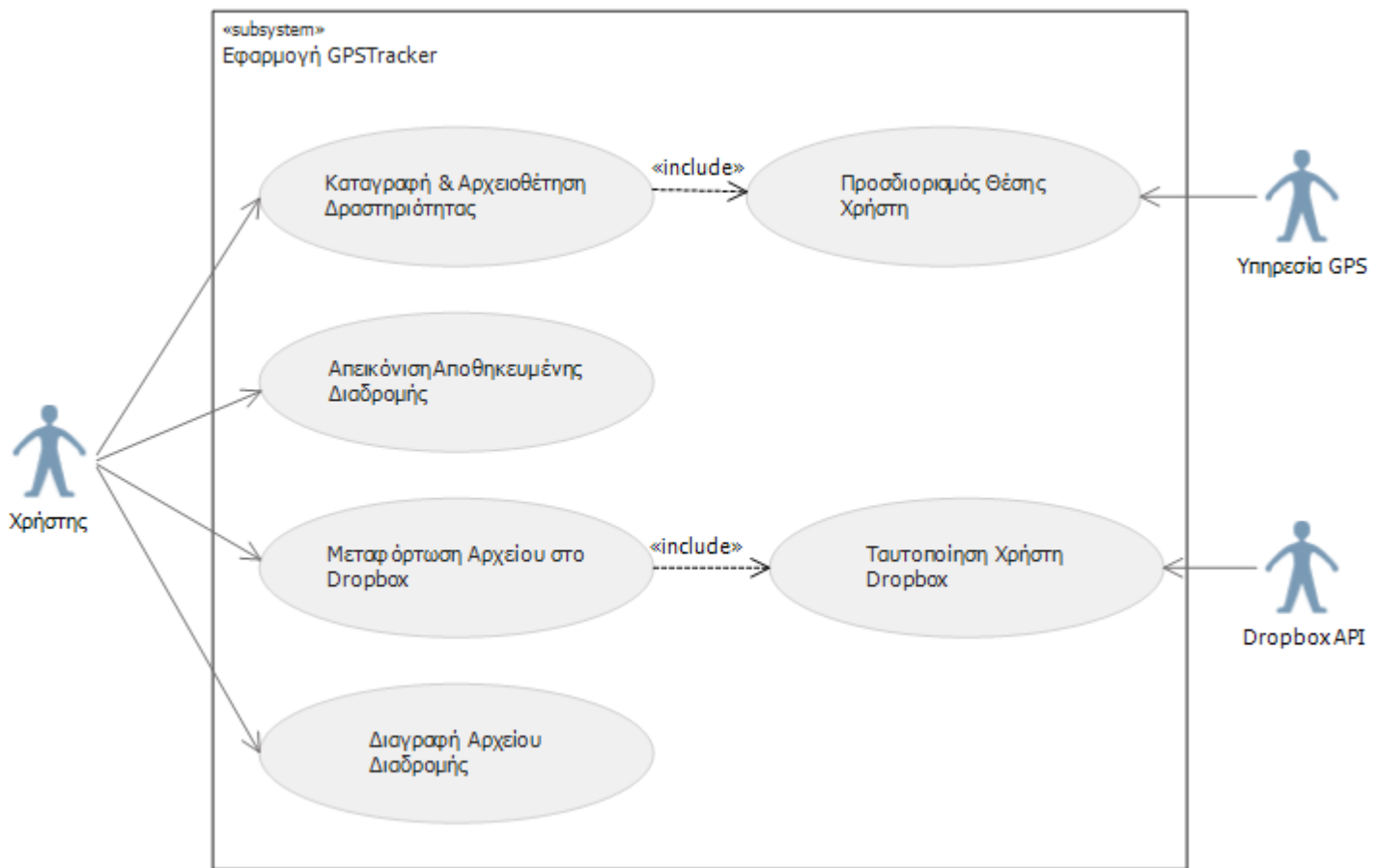
αυτό το σημείο είναι ανεπαρκή σε αριθμό και οι αυξομειώσεις οφείλονται στον βαθμό ομοιότητας των δεδομένων επαλήθευσης σε σχέση με τα δεδομένα εκπαίδευσης. Από αυτό το σημείο και πάνω το μοντέλο που δημιουργείται είναι πιο σταθερό και παρατηρείται αύξηση μέχρι το σημείο που χρησιμοποιείται το σύνολο των δεδομένων εκπαίδευσης.

Το ποσοστό επιτυχίας του αλγορίθμου RandomForest, το οποίο παρατηρήθηκε στα συνολικά δεδομένα εκπαίδευσης στην παρούσα αξιολόγηση είναι 79.73%, μικρότερο από την αρχική εκτίμηση με 10-fold-cross validation που προσέγγιζε το 93%. Προφανώς μια τέτοια απόκλιση από την αρχική εκτίμηση είναι φυσιολογική και το ποσοστό επιτυχίας του αλγορίθμου στα δεδομένα επαλήθευσης αποτελεί ένα αρκετά ικανοποιητικό ποσοστό για την συγκεκριμένη τεχνική αναγνώρισης κίνησης.

5.2 Περιπτώσεις Χρήσης Εφαρμογής

Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται οι περιπτώσεις χρήσης της εφαρμογής GPSTracker που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Αρχικά, παρατίθενται το διάγραμμα μοντελοποίησης και η τεκμηρίωση των περιπτώσεων χρήσης και στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα πιθανό σενάριο χρήσης της εφαρμογής με στιγμιότυπα (screenshots) των δραστηριοτήτων.

Στο Σχήμα 5.2 παρουσιάζεται το διάγραμμα μοντελοποίησης των περιπτώσεων χρήσης της εφαρμογής (Use Cases Diagram). Όπως φαίνεται, η εφαρμογή αλληλεπιδρά με τρεις ρόλους χρηστών (actors), τον βασικό χρήστη και τα εξωτερικά συστήματα της υπηρεσίας GPS και του Dropbox API. Στη συνέχεια, θα γίνει η τεκμηρίωση των περιπτώσεων χρήσης της εφαρμογής από τον χρήστη.



Σχήμα 5.2 Διάγραμμα Σεναρίων Χρήσης Εφαρμογής.

5.2.1 Περίπτωση Χρήσης: Καταγραφή και Αρχειοθέτηση Δραστηριότητας

Προϋποθέσεις: Ο χρήστης έχει ενεργοποιήσει το GPS της συσκευής.

Βασική Ροή: Ο χρήστης ξεκινά την καταγραφή της δραστηριότητας του πατώντας το κουμπί *rec* της αρχικής οθόνης. Η θέση του χρήστη προσδιορίζεται μέσω της υπηρεσίας GPS και αφού ανιχνευτεί ο τύπος κίνησης του, απεικονίζεται στον χάρτη της αρχικής οθόνης, ενώ ταυτόχρονα αποθηκεύεται σε αρχείο. Η καταγραφή σταματά όταν ο χρήστης πατήσει το κουμπί *stop* της αρχικής οθόνης.

Εναλλακτικές Ροές: Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν έχει ενεργοποιημένο το GPS, εμφανίζεται παράθυρο κατά την εκκίνηση της εφαρμογής, το οποίο τον ενημερώνει ότι απαιτείται η ενεργοποίηση του για την χρήση της εφαρμογής. Αν ο χρήστης επιλέξει την επιλογή *GPS*, τον ανακατευθύνει στις ρυθμίσεις της συσκευής για να το ενεργοποιήσει. Αν επιλέξει την επιλογή *Exit*, η εκτέλεση της εφαρμογής σταματά.

5.2.2 Περίπτωση Χρήσης: Απεικόνιση Αποθηκευμένης Διαδρομής

Προϋποθέσεις: Δεν υπάρχουν.

Βασική Ροή: Ο χρήστης ξεκινά τη διαδικασία της απεικόνισης στον χάρτη μιας αποθηκευμένης διαδρομής πατώντας το κουμπί *maps* της αρχικής οθόνης της εφαρμογής. Στη συνέχεια, εμφανίζεται στον χρήστη μια λίστα με τα αποθηκευμένα αρχεία διαδρομών που υπάρχουν στη μνήμη της συσκευής. Ο χρήστης επιλέγει το αρχείο που θέλει να ανοίξει πατώντας πάνω στο όνομα του και το επιλεγμένο αρχείο φορτώνεται στον χάρτη.

Εναλλακτικές Ροές: Δεν προβλέπονται πιθανά σφάλματα.

5.2.3 Περίπτωση Χρήσης: Μεταφόρτωση Αρχείου στο Dropbox

Προϋποθέσεις: Η ταυτοποίηση του λογαριασμού του χρήστη στο Dropbox.

Βασική Ροή: Ο χρήστης πατάει το κουμπί μεταφόρτωσης στην αρχική οθόνη της εφαρμογής και εμφανίζεται η λίστα των αποθηκευμένων αρχείων διαδρομών. Ο χρήστης επιλέγει τα αρχεία που θέλει να ανεβάσει στο Dropbox και πατάει το κουμπί *Upload*. Έπειτα, αν ο χρήστης είναι ήδη συνδεδεμένος στο Dropbox, η εφαρμογή τον ενημερώνει ότι για να συνεχίσει με την μεταφόρτωση των αρχείων πρέπει να πατήσει το κουμπί *Upload* και η διαδικασία μεταφόρτωσης ολοκληρώνεται.

Εναλλακτικές Ροές: Στην περίπτωση που ο χρήστης δεν είναι συνδεδεμένος, αφού πατήσει το κουμπί *Upload*, η εφαρμογή τον ενημερώνει ότι είναι απαραίτητο να συνδεθεί πατώντας το κουμπί *Log in*.

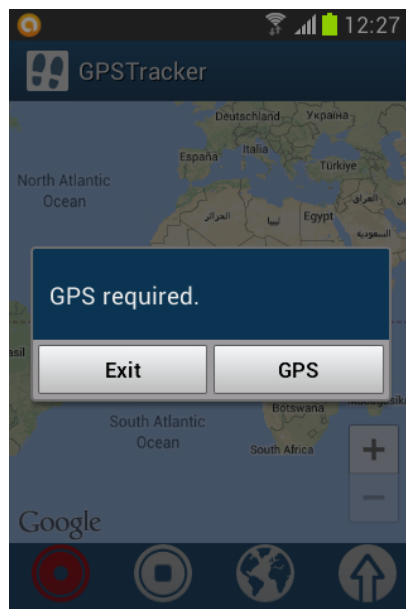
5.2.4 Περίπτωση Χρήσης: Διαγραφή Αρχείου Διαδρομής

Προϋποθέσεις: Δεν υπάρχουν.

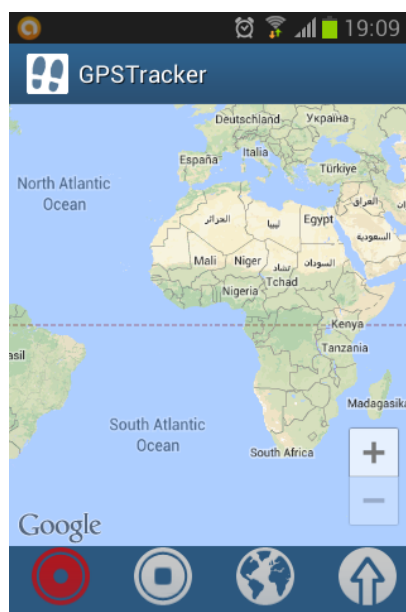
Βασική Ροή: Ο χρήστης πατάει το κουμπί μεταφόρτωσης στην αρχική οθόνη της εφαρμογής και εμφανίζεται η λίστα των αποθηκευμένων αρχείων διαδρομών, παρόμοια με τη διαδικασία μεταφόρτωσης. Ο χρήστης επιλέγει τα αρχεία που θέλει να διαγράψει και πατάει το κουμπί *Delete*. Έπειτα, εμφανίζεται ένα παράθυρο που τον ρωτάει αν θέλει να διαγράψει τα επιλεγμένα αρχεία. Ο χρήστης πατάει την επιλογή *Delete* και η διαδικασία διαγραφής ολοκληρώνεται.

Εναλλακτικές Ροές: Αν ο χρήστης επιλέξει το κουμπί *Cancel* του παραθύρου, η εφαρμογή επιστρέφει στην λίστα των αρχείων και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

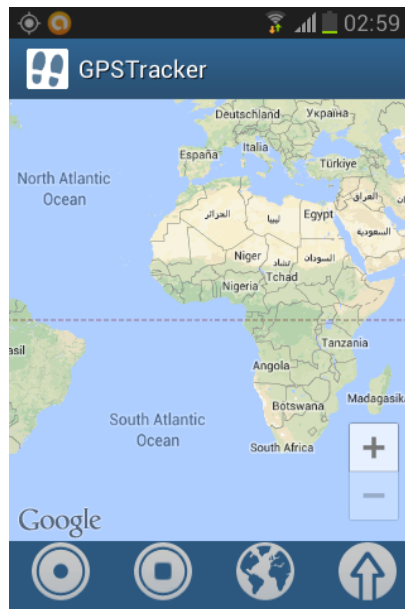
5.2.5 Σενάριο Χρήσης Εφαρμογής με Στιγμιότυπα



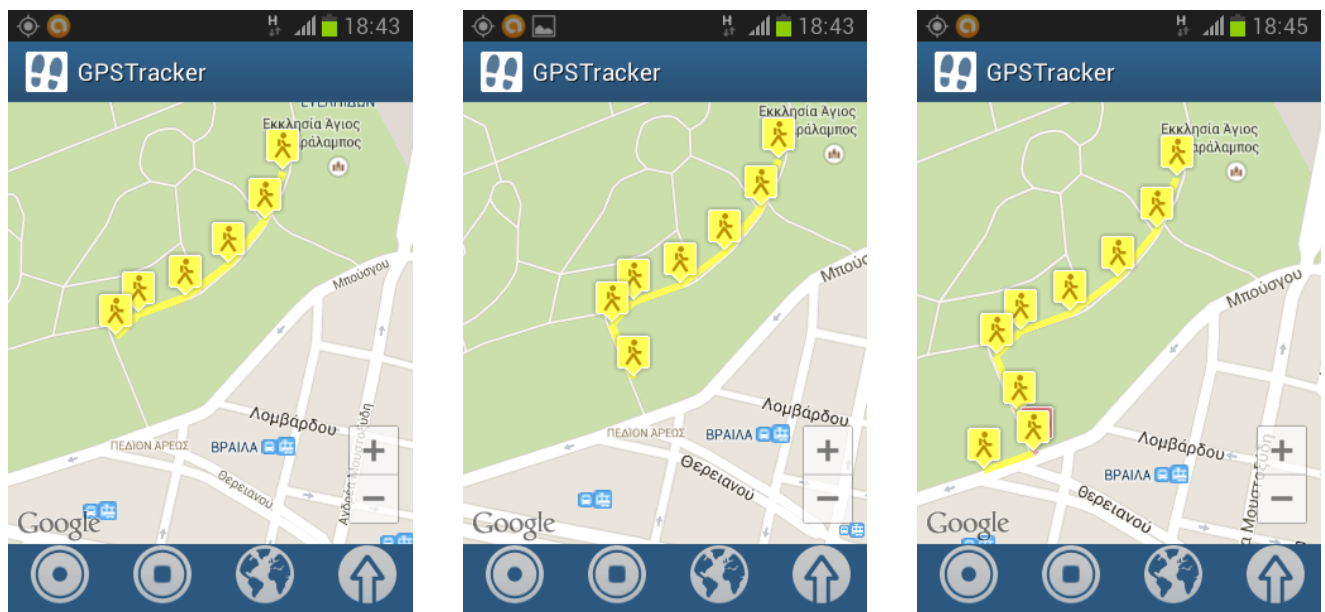
Σχήμα 5.3 Ο χρήστης ανοίγει την εφαρμογή χωρίς να έχει ενεργοποιήσει το GPS της συσκευής.



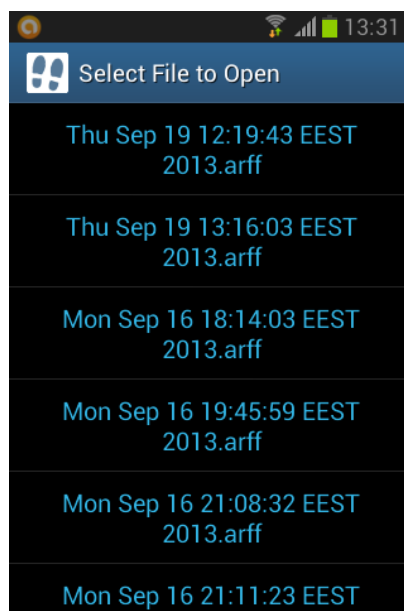
Σχήμα 5.4 Μετά την ενεργοποίηση του GPS του εμφανίζεται η αρχική οθόνη της εφαρμογής.



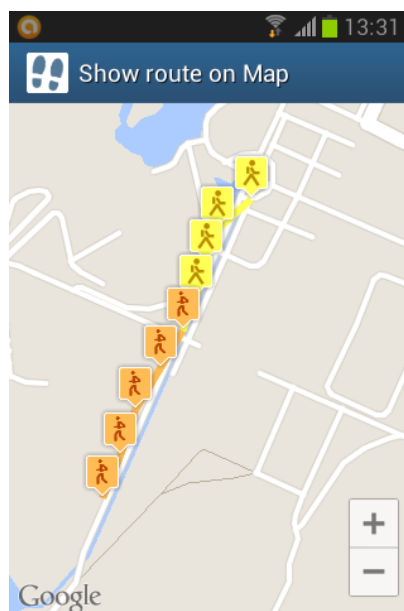
Σχήμα 5.5 Η καταγραφή της δραστηριότητας του χρήστη ξεκινά πατώντας το κουμπί *rec*.



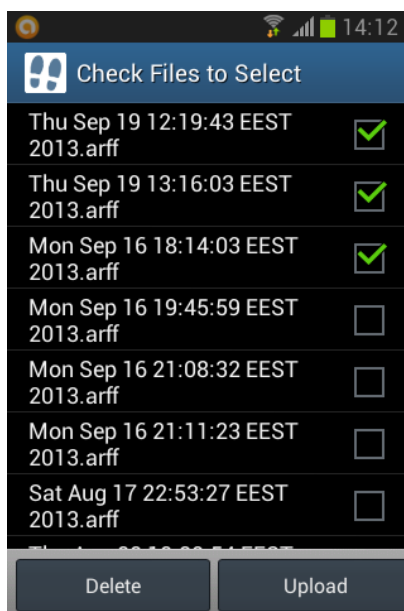
Σχήμα 5.6 Η δραστηριότητα του χρήστη καταγράφεται και απεικονίζεται στον χάρτη ενώ κινείται.



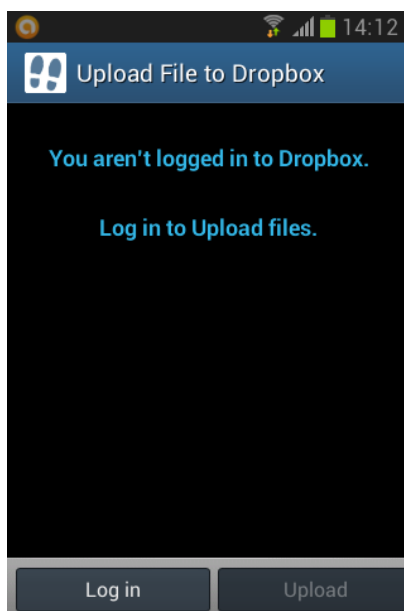
Σχήμα 5.7 Αφού σταματήσει η καταγραφή, ο χρήστης πατάει το κουμπί *maps* και εμφανίζεται η λίστα των αποθηκευμένων αρχείων.



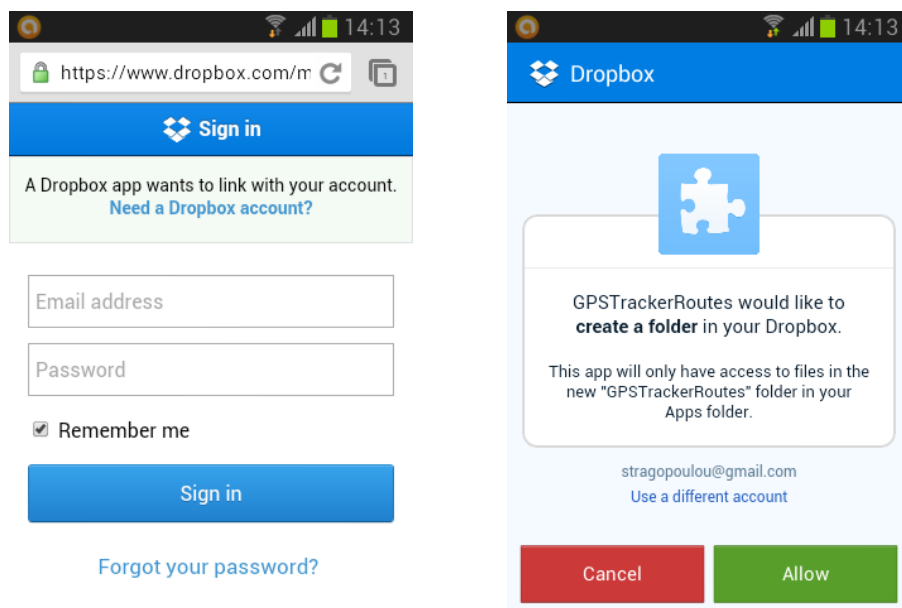
Σχήμα 5.8 Ο χρήστης επιλέγει ένα αρχείο και απεικονίζεται στον χάρτη η αποθηκευμένη διαδρομή.



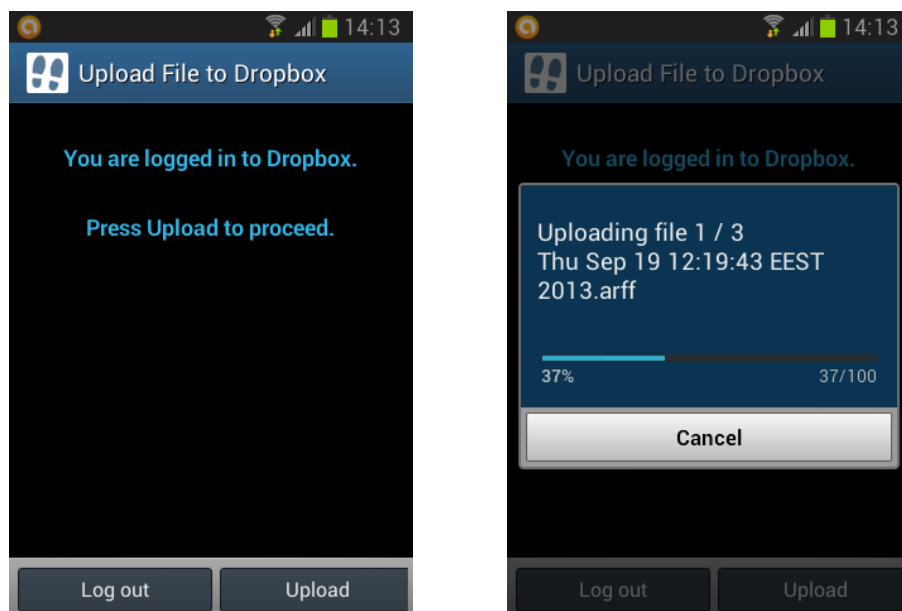
Σχήμα 5.9 Ο χρήστης πατάει το κουμπί *upload* και επιλέγει τρία αρχεία προς μεταφόρτωση.



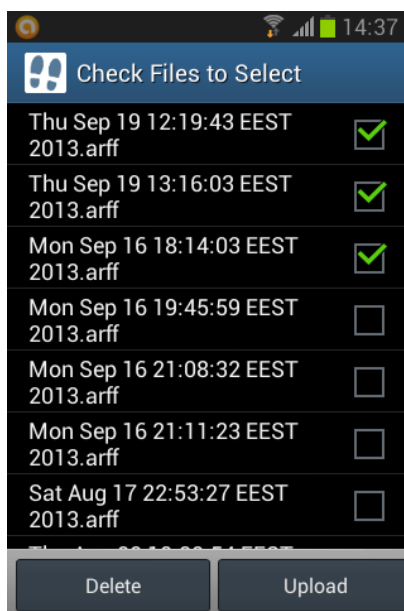
Σχήμα 5.10 Η εφαρμογή ενημερώνει τον χρήστη ότι πρέπει πρώτα να συνδεθεί για να ολοκληρωθεί η μεταφόρτωση.



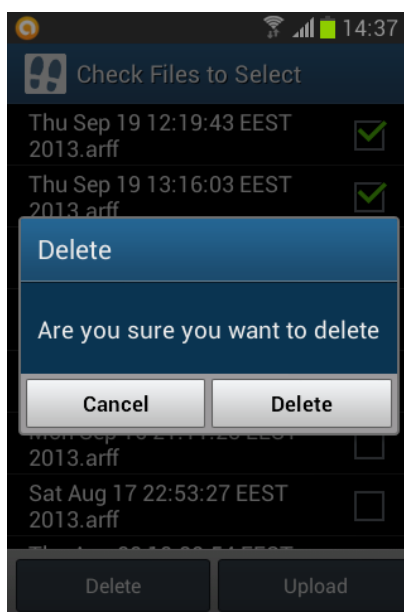
Σχήμα 5.11 Ο χρήστης πατάει το κουμπί *Log in* και ξεκινά η διαδικασία σύνδεσης του στο Dropbox.



Σχήμα 5.12 Η διαδικασία σύνδεσης ολοκληρώνεται και ο χρήστης πατάει το κουμπί *upload* για να πραγματοποιηθεί η μεταφόρτωση.



Σχήμα 5.13 Ο χρήστης επιλέγει τα μεταφορτωμένα αρχεία προς διαγραφή και πατάει το κουμπί *delete*.



Σχήμα 5.14 Επιβεβαιώνει την διαγραφή τους πατώντας το κουμπί *delete* και η διαδικασία ολοκληρώνεται.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

6.1 Συμπεράσματα

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, αναπτύχθηκε μια εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα και πιο συγκεκριμένα για το λειτουργικό σύστημα Android, η οποία στοχεύει στην ανίχνευση και την καταγραφή της δραστηριότητας του χρήστη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η αναγνώριση της κίνησης του χρήστη υλοποιήθηκε με τεχνικές εξόρυξης γνώσης από δεδομένα κίνησης και ειδικότερα με την τεχνική της κατηγοριοποίησης σε συγκεκριμένα είδη δραστηριότητας.

Η διαδικασία κατηγοριοποίησης υλοποιήθηκε στην κινητή συσκευή και για αυτό τον λόγο έπρεπε να ληφθεί υπόψη η περιορισμένη υπολογιστική ισχύς που διαθέτει μια κινητή συσκευή σε σχέση με ένα μηχάνημα υπολογιστή. Για αυτό τον λόγο, η δημιουργία του μοντέλου κατηγοριοποίησης πραγματοποιήθηκε με τον αλγόριθμο RandomForest, ο οποίος κάνει χρήση δέντρων απόφασης και έχει χαμηλές απαιτήσεις επεξεργαστικής ισχύος και μνήμης.

Η συγκεκριμένη τεχνική αναγνώρισης κίνησης πραγματοποιεί κατηγοριοποίηση σε επίπεδο στιγμιότυπου κίνησης και το ποσοστό επιτυχίας που παρουσιάζει σύμφωνα με τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του αλγορίθμου προσεγγίζει το 80%. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη την καμπύλη μάθησης του αλγορίθμου, όπως προέκυψε από δοκιμές σε δεδομένα επαλήθευσης, δεν φαίνεται να υπάρχει overfitting. Αντίθετα, ενδεχομένως παρουσιάζεται το φαινόμενο του underfitting του αλγορίθμου λόγω μικρού αριθμού στιγμιότυπων ή γνωρισμάτων. Συνεπώς, το ποσοστό επιτυχίας της εφαρμογής μπορεί εύκολα να αυξηθεί, εκπαιδεύοντας το μοντέλο με περισσότερα δεδομένα εκπαίδευσης από τα ήδη υπάρχοντα. Ακόμα, θα ήταν καλύτερο να υπάρχει ζυγισμένος αριθμός δειγμάτων για κάθε κατηγορία κίνησης και για μια αποτελεσματικότερη έκδοση της υπάρχουσας εφαρμογής θα ήταν καλό να χρησιμοποιηθούν περισσότερα και ισοκατανεμημένα

δείγματα εκπαίδευσης.

Ταυτόχρονα, ένα επιπλέον γνώρισμα που θα έπρεπε να προστεθεί στην καταγραφή των δεδομένων είναι το υψόμετρο και κυρίως η υψομετρική διαφορά μεταξύ των στιγμιότυπων. Αποτελεί μια πολύ χρήσιμη πληροφορία η οποία προσδίδει επιπλέον γνώση για μερικές κατηγορίες κινήσεων (π.χ τρέξιμο, ποδήλατο), ενώ η καταγραφή του γίνεται χρησιμοποιώντας το GPS της συσκευής χωρίς να απαιτεί χρήση άλλης τεχνολογίας.

Όσον αφορά στην ανάπτυξη της εφαρμογής, υπήρξαν τεχνικοί περιορισμοί του προσομοιωτή κινητής συσκευής (Android Emulator) που διαθέτει το ADT που κατέστησαν δύσκολη τη διαδικασία ανάπτυξης και δοκιμής της εφαρμογής. Το πρόβλημα εντοπίστηκε στα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της εφαρμογής, δηλαδή το πρόγραμμα WEKA, το Dropbox API και το Google Maps for Android Έκδοση 2.0, τα οποία δεν ήταν δυνατό να εκτελεστούν στον προσομοιωτή κινητής συσκευής. Για αυτό τον λόγο, χρησιμοποιήθηκε φυσική συσκευή κινητού τηλεφώνου για την δοκιμή και την ανίχνευση λαθών κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής.

Ωστόσο, η εφαρμογή GPSTracker που αναπτύχθηκε ανταποκρίνεται στους στόχους της παρούσας πτυχιακής εργασίας, καθώς υλοποιεί την καταγραφή και την αναγνώριση της κίνησης του χρήστη κατά τη διάρκεια της ημέρας με αρκετά μεγάλο ποσοστό επιτυχίας. Παράλληλα, οπτικοποιεί τα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης απεικονίζοντας στον χάρτη την δραστηριότητα του χρήστη, ενώ του επιτρέπει να συλλέγει τις διαδρομές του στον λογαριασμό Dropbox του.

Κατά συνέπεια, η τρέχουσα εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή της δραστηριότητας χρηστών κατά τη διάρκεια της ημέρας. Παράλληλα, με τη συλλογή των καταγεγραμμένων διαδρομών από διάφορους χρήστες μπορεί να δημιουργηθεί ένα σύνολο δεδομένων, από το οποίο με τις κατάλληλες τεχνικές μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τη δραστηριότητα αλλά και με τις προτιμήσεις ή τα σημεία ενδιαφέροντος των χρηστών.

6.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Η αναγνώριση κίνησης μέσω κινητών συσκευών είναι ένας τομέας που παρουσιάζει ενδιαφέρον στην ερευνητική κοινότητα και έχει διεξαχθεί πλήθος ερευνών που αφορούν στις διαφορετικές τεχνικές ανίχνευσης δραστηριότητας και την αποτελεσματικότητά τους. Ωστόσο, οι υπάρχουσες εφαρμογές για Android που χρησιμοποιούν δεδομένα κίνησης δεν υλοποιούν αναγνώριση κίνησης, αναδεικνύοντας την εφαρμογή GPSTracker ως μια πρωτοποριακή εφαρμογή δεδομένων κίνησης. Παρόλα αυτά, η παρούσα έκδοση της εφαρμογής έχει πολλά περιθώρια βελτίωσης της τρέχουσας τεχνικής αλλά και αρκετές προοπτικές επέκτασης της υπάρχουσας

λειτουργικότητας.

Όσον αφορά στην προσέγγιση της εφαρμογής, μια πρώτη βελτίωση που θα μπορούσε να γίνει θα ήταν να αποφευχθεί η υλοποίηση της διαδικασίας κατηγοριοποίησης εξ ολοκλήρου στην κινητή συσκευή. Για παράδειγμα, θα ήταν δυνατό η εκπαίδευση του μοντέλου κατηγοριοποίησης να πραγματοποιηθεί σε ένα μηχάνημα υπολογιστή και στη συνέχεια η εφαρμογή να φορτώνει κατευθείαν το εκπαιδευμένο μοντέλο χωρίς να απαιτείται επεξεργαστική ισχύς και μνήμη από την πλευρά της συσκευής. Με αυτόν τον τρόπο, η επιλογή του αλγορίθμου δεν θα περιοριζόταν στα Δέντρα Απόφασης αλλά θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί ο καλύτερος αλγόριθμος κατηγοριοποίησης ανεξάρτητα από τους πόρους και τον χρόνο εκτέλεσης που απαιτεί.

Παράλληλα, η τεχνική αναγνώρισης κίνησης που χρησιμοποιείται από την εφαρμογή έχει πολλά περιθώρια βελτίωσης. Αρχικά, εφόσον ανιχνεύεται η δραστηριότητα ενός χρήστη, η οποία δεν αντιστοιχεί σε στιγμιαία κίνηση αλλά στην κίνηση του για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, θα ήταν αποδοτικότερο να εξετάζεται όχι μόνο το στιγμιότυπο της κίνησης αλλά και η τροχιά κίνησης του χρήστη. Η πιο δημοφιλής τεχνική για την αναγνώριση δραστηριότητας με βάση την τροχιά κίνησης είναι η συσταδοποίηση (clustering) των τροχιών. Ωστόσο, η υλοποίηση μιας τέτοιας τεχνικής σε μια κινητή συσκευή θα απαιτούσε πολύ περισσότερο χρόνο και πόρους χωρίς πιθανόν να έχει αποτέλεσμα σε πραγματικό χρόνο όπως η υπάρχουσα τεχνική. Ακόμα, μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση αποτελεί η χρήση ιεραρχικών μοντέλων CRF για την εξαγωγή σημαντικών τοποθεσιών σε συνδυασμό με την τεχνική της κατηγοριοποίησης για την αναγνώριση της κίνησης, την οποία παρουσιάζουν οι Liao et al.[14], η οποία είναι πιθανώς πιο αποτελεσματική από την ήδη υπάρχουσα τεχνική χωρίς να έχει τις απαιτήσεις πόρων της συσταδοποίησης.

Ταυτόχρονα, μια πολύ σημαντική επέκταση της εφαρμογής είναι η χρήση δεδομένων συγκοινωνιακού δικτύου σε συνδυασμό με τα δεδομένα κίνησης του χρήστη. Με αυτόν τον τρόπο, θα υπάρχει επιπλέον γνώση ορίζοντας ως σημεία ενδιαφέροντος τις στάσεις και τους σταθμούς των μέσων μαζικής μεταφοράς. Κατά συνέπεια, η αναγνώριση της δραστηριότητας του χρήστη θα διευκολύνεται όταν βρίσκεται εντός του συγκοινωνιακού δικτύου καθώς η θέση του θα χαρακτηρίζεται επιπλέον και από την απόσταση του από τα σημεία ενδιαφέροντος.

Τέλος, η λειτουργία μεταφόρτωσης αρχείων στο Dropbox που διαθέτει η εφαρμογή αντιστοιχεί στον αρχικό στόχο της εφαρμογής που αποσκοπεί στην δημιουργία κεντρικού αποθετηρίου δεδομένων κίνησης με απώτερο σκοπό την περαιτέρω ανάλυση τους και την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά των χρηστών. Η μελλοντική κατεύθυνση αυτής την προσέγγισης είναι η πιθανή εξατομίκευση των χρηστών με σκοπό την παροχή υπηρεσιών μέσω της εφαρμογής που βασίζονται στη συμπεριφορά, τις προτιμήσεις και τις συνήθειες του.

Βιβλιογραφία

- [1] Μαρία Χαλκίδη Μιχάλης Βαζιργιάννης. *Εξόρυξη Γνώσης από Βάσεις Δεδομένων και του Παγκόσμιο Ιστό*. ΤΥΠΩΘΗΤΩ - Γιώργος Δαρδάνος, 2005.
- [2] Hagen Höpfner. Smartphone Hardware Sensors. <http://www.uni-weimar.de/medien/wiki/images/Zeitmaschinen-smartphonesensors.pdf>. [Online; τελευταία προσπέλαση 11-Αυγούστου-2013].
- [3] Mohd Fikri Azli bin Abdullah, Ali Fahmi Perwira Negara, Md Shohel Sayeed, Deok-Jai Choi, and Kalaiarasi Sonai Muthu. Classification algorithms in human activity recognition using smartphones. In *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, volume 68. World Academy of Science, Engineering and Technology, 2012.
- [4] Ed Burnette. *Eclipse IDE Pocket Guide*. O'Reilly Media, Inc., 2005.
- [5] Onur Cinar. *Android Apps with Eclipse*. Apress, Berkely, CA, USA, 1st edition, 2012.
- [6] William Enck, Peter Gilbert, Byung-Gon Chun, Landon P. Cox, Jaeyeon Jung, Patrick McDaniel, and Anmol N. Sheth. Taintdroid: an information-flow tracking system for realtime privacy monitoring on smartphones. In *Proceedings of the 9th USENIX conference on Operating systems design and implementation*, OSDI'10, pages 1-6, Berkeley, CA, USA, 2010. USENIX Association.
- [7] Marko Gargenta. *Learning Android - Building Applications for the Android Market*. O'Reilly, 2011.
- [8] Fosca Giannotti, Mirco Nanni, Dino Pedreschi, Fabio Pinelli, Chiara Renso, Salvatore Rinzivillo, and Roberto Trasarti. Mobility data mining: discovering movement patterns

- from trajectory data. In *Proceedings of the Second International Workshop on Computational Transportation Science*, IWCTS '10, pages 7–10. ACM, 2010.
- [9] Gianni Giannotti, Fosca Giannotti, and Dino Pedreschi. *Mobility, data mining and privacy: Geographic knowledge discovery*. Springer, 2008.
- [10] Paolo Giudici and Silvia Fugini. *Applied Data Mining for Business and Industry*. Wiley Publishing, 2nd edition, 2009.
- [11] Mark Hall, Eibe Frank, Geoffrey Holmes, Bernhard Pfahringer, Peter Reutemann, and Ian H. Witten. The WEKA data mining software: an update. *SIGKDD Explor. Newsl.*, 11(1):10–18, 2009.
- [12] Jae-Gil Lee, Jiawei Han, and Kyu-Young Whang. Trajectory clustering: a partition-and-group framework. In *Proceedings of the 2007 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, SIGMOD '07, pages 593–604. ACM, 2007.
- [13] Wei-Meng Lee. *Beginning Android Application Development*. Wrox Press Ltd., Birmingham, UK, UK, 1st edition, 2011.
- [14] Lin Liao, Dieter Fox, and Henry Kautz. Extracting Places and Activities from GPS Traces Using Hierarchical Conditional Random Fields. *Int. J. Rob. Res.*, 26:119–134, 2007.
- [15] Gerasimos Marketos and Y Theodoridis. Mobility Data Warehousing and Mining. In *Proceedings of VLDB PhD Workshop*, 2009.
- [16] Matthias Steinbauer, Ismail Khalil, and Gabriele Kotsis. Reality Mining at the Convergence of Cloud Computing and Mobile Computing. *ERCIM News*, 2013.
- [17] Mei-po Kwan, Jiyeong Lee, In Michael, F. Goodchild, and Donald G. Janelle. Geovisualization of Human Activity Patterns Using 3D GIS: A Time-Geographic Approach. In *Spatially Integrated Social Science*, pages 48–66. University Press, 2004.
- [18] Sweta Pittie, Hillol Kargupta, and Byung-Hoon Park. Dependency detection in Mobimine: a systems perspective. *Inf. Sci. Inf. Comput. Sci.*, 155(3-4):227–243, 2003.
- [19] Cynthia Sung, Dan Feldman, and Daniela Rus. Trajectory clustering for motion prediction. In *IROS*, pages 1547–1552. IEEE, 2012.

- [20] Gabriel Svennerberg. *Beginning Google Maps API 3*. Apress, Berkely, CA, USA, 2nd edition, 2010.
- [21] Domenico Talia and Paolo Trunfio. *Mobile Data Mining on Small Devices through Web Services*, pages 264–276. John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- [22] Developers Android. Android Platform Versions Dashboard. <http://developer.android.com/about/dashboards/index.html>. [Online· τελευταία προσπέλαση 11-Αυγούστου-2013].
- [23] Developers Android. Android Tools. <http://developer.android.com/tools>. [Online· τελευταία προσπέλαση 30-Αυγούστου-2013].
- [24] Developers Google. Google Maps Android API v2. <https://developers.google.com/maps/documentation/android>. [Online· τελευταία προσπέλαση 07-Σεπτεμβρίου-2013].
- [25] Dropbox.com. Dropbox Info. <https://www.dropbox.com/news/company-info>. [Online· τελευταία προσπέλαση 13-Σεπτεμβρίου-2013].
- [26] Google. Google Announces Launch of Google Maps for Mobile With "My Location" Technology. http://googlepress.blogspot.in/2007/11/google-announces-launch-of-google-maps_28.html. [Online· τελευταία προσπέλαση 07-Σεπτεμβρίου-2013].
- [27] Wikipedia, The Free Encyclopedia. Accelerometer. <http://en.wikipedia.org/wiki/Accelerometer>. [Online· τελευταία προσπέλαση 11-Αυγούστου-2013].
- [28] Wikipedia, The Free Encyclopedia. Android(operating system). [http://en.wikipedia.org/wiki/Android_\(operating_system\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Android_(operating_system)). [Online· τελευταία προσπέλαση 11-Αυγούστου-2013].
- [29] Wikipedia, The Free Encyclopedia. Global Positioning System. http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System. [Online· τελευταία προσπέλαση 11-Αυγούστου-2013].
- [30] Wikipedia, The Free Encyclopedia. GPS navigation device. http://en.wikipedia.org/wiki/GPS_navigation_device#Mobile_phones_with_GPS_capability. [Online· τελευταία προσπέλαση 11-Αυγούστου-2013].

- [31] Wikipedia, The Free Encyclopedia. Magnetometer. <http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetometer>. [Online· τελευταία προσπέλαση 11-Αυγούστου-2013].
- [32] Wikipedia, The Free Encyclopedia. Smartphone. <http://en.wikipedia.org/wiki/Smartphone>. [Online· τελευταία προσπέλαση 11-Αυγούστου-2013].
- [33] The University of Waikato. Use WEKA in your Java code. <http://weka.wikispaces.com/Use+WEKA+in+your+Java+code>. [Online· τελευταία προσπέλαση 11-Αυγούστου-2013].