



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ANDROID ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΧΡΥΣΟΒΕΡΓΗ

Επιβλέπων: Σταματία Μπιμπί

Καθηγήτρια

ΚΟΖΑΝΗ/ΙΟΥΝΙΟΣ/2023



**HELLENIC DEMOCRACY
UNIVERSITY OF WESTERN
MACEDONIA**

**FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL &
COMPUTER ENGINEERING**



QUALITY CONTROL OF ANDROID APPLICATIONS

THESIS

KONSTANTINOS CHRISOVERGIS

SUPERVISOR: Stamatia BiBi

Professor

KOZANI/JUNE/2023



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

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ

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

Copyright (C) Κωνσταντίνος Χρυσοβέργης, Σταματία Μπιμπή, 2023, Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή: _____

Περίληψη

Στις μέρες μας, τα smartphones αποτελούν πλέον σημείο αναφοράς των καθημερινών μας δραστηριοτήτων, συμβάλλοντας στην ταχύτερη επίλυση των εργασιών μας, βελτιστοποιώντας συνεχώς τις υπηρεσίες που προσφέρουν. Η πλειοψηφία των χρηστών smartphones κάνει χρήση κινητών συσκευών που έχουν εγκατεστημένο το Android ως λειτουργικό σύστημα, αξιοποιώντας πληθώρα εφαρμογών διαφόρων κατηγοριών.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως βασικό της στόχο την αξιολόγηση της ποιότητας 30 εφαρμογών Android, κατόπιν μελέτης των ακόλουθων τεσσάρων παραγόντων ποιότητας: α) κατανάλωση ενέργειας, β) συντηρησιμότητα, γ) ασφάλεια και δ) ευχρηστία. Επίσης, κατά την εργασία γίνεται έλεγχος της συσχέτισης των αποτελεσμάτων στους παραπάνω τέσσερις παράγοντες ποιότητας με συγκεκριμένα δημογραφικά στοιχεία των συμμετεχόντων (φύλο, ηλικία και επίπεδο εκπαίδευσης).

Από την ανάλυση των δεδομένων – μετρήσεων καταλήξαμε σε μια σειρά από ευρήματα, με σημαντικότερα τα εξής: α) οι εφαρμογές που έχουν μικρότερο αριθμό σφαλμάτων έχουν και μικρότερο δείκτη – ανάγκη συντηρησιμότητας, β) δεν παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των εφαρμογών στην κατάσταση background, όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας, γ) οι γυναίκες χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να εκτελέσουν τις εφαρμογές σε σχέση με τους άνδρες, ενώ δήλωσαν μεγαλύτερη ικανοποίηση από την εκτέλεση διαφορετικών εφαρμογών σε σχέση με τους άνδρες. Επιπρόσθετα, τα άτομα ηλικίας μεγαλύτερης των 30 ετών χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να εκτελέσουν τις εφαρμογές σε σχέση με όσους ήταν έως 30 ετών.

Λέξεις Κλειδιά: Smartphones, Αξιολόγηση, Android εφαρμογές, Μετρικές ποιότητας λογισμικού, SonarQube, Trepn.

Abstract

Nowadays, smartphones have become the benchmark of our daily activities, helping us to solve our tasks faster, constantly optimising the services they offer. The majority of smartphone users make use of mobile devices that have Android installed as their operating system, utilizing a plethora of applications of various categories.

The main objective of this thesis is to evaluate the quality of 30 Android applications by studying the following four quality factors: a) power consumption, b) maintainability, c) security and d) usability. In addition, the paper also tests the correlation of the results on the above four quality factors with specific demographics of the participants (gender, age and education level).

From the analysis of the data - measurements we came up with a number of findings, the most important of which are: a) applications that have a lower number of errors have a lower index - need for maintainability, b) there are no large deviations between applications in the background state, in terms of energy consumption, c) women took more time to run the applications than men, and they reported higher satisfaction with running different applications than men. In addition, people older than 30 years of age took longer to run the applications than those up to 30 years of age.

Keywords: Smartphones, Evaluation, Android apps, Software quality metrics, SonarQube, Trepn.

Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία, ολοκληρώνεται η φοίτησή μου στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.

Για την ολοκλήρωση της φοίτησής μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια, κ. Σταματία Μπιμπί, για την υποστήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας καθώς και για την επίλυση των αποριών και δυσκολιών που προέκυψαν.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στους διδάσκοντες του Τμήματος ΗΜΜΥ, οι οποίοι τόσο με τις γνώσεις όσο και με την στάση τους με βοήθησαν ουσιαστικά ώστε να αναπτύξω πολύπλευρα ενδιαφέροντα.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ ανήκει στους γονείς μου για την φροντίδα και την στήριξη που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	- 1 -
ABSTRACT	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	11
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής	13
1.2 Οργάνωση της εργασίας	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΙΑ ΤΟ ANDROID	15
2.1 Ιστορικά Στοιχεία	15
2.2 Λογισμικό Android	15
2.3 Δομή του Android	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	18
3.1 Εισαγωγή	18
3.2 Κατανάλωση Ενέργειας	18
3.2.1 Μέθοδοι Μέτρησης της Κατανάλωσης Ενέργειας	18
3.2.2 Ανάλυση της Κατανάλωσης Ενέργειας	19
3.2.3 Τα Βασικά Στοιχεία των Μπαταριών στα Android Smartphones	20
3.3 Συντηρησιμότητα	21
3.3.1 Γενικά Στοιχεία Περί Συντηρησιμότητας	21
3.3.2 Μετρικές	21

3.4	Ασφάλεια	23
3.4.1	Δικαιώματα	23
3.4.2	Sandboxing	24
3.4.3	Ασφάλεια Κατάτμησης Συστήματος	24
3.4.4	Google Play Store και Ασφάλεια	25
3.4.5	Άλλοι Παράγοντες Ασφαλείας	25
3.4.6	Θέματα Ασφαλείας στο Android	25
3.4.6.1	Πρόβλημα Ενημέρωσης	25
3.4.6.2	Τύποι απειλών	26
3.4.6.3	Κακόβουλα λογισμικά	26
3.5	Ευχρηστία	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ		29
4.1	Προετοιμασία των Εφαρμογών Προς Ανάλυση	29
4.2	Αξιολόγηση του Παράγοντα «Κατανάλωση Ενέργειας»	30
4.3	Αξιολόγηση του Παράγοντα «Συντηρησιμότητα»	30
4.4	Αξιολόγηση του Παράγοντα «Ασφάλεια»	30
4.5	Αξιολόγηση του Παράγοντα «Ευχρηστία»	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΝΤΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ		32
5.1	Κατανάλωση Ενέργειας	32
5.1.1	TREPN	32
5.2.	Εργαλεία Συντηρησιμότητας	33
5.2.1.	SonarQube	33
5.2.2.	MetricsReloaded	33
5.3.	Εργαλεία Ασφάλειας	34
5.4.	Εργαλεία Ευχρηστίας	34
5.4.1.	Το εργαλείο Morae	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΈΡΕΥΝΑΣ		35
6.1	Σκοπός της Έρευνας	35
6.2	Ερευνητικά Ερωτήματα	35
6.3	Συλλογή και Ανάλυση των Δεδομένων	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ		37
7.1	Συμμετέχοντες και Δημογραφικά Στοιχεία	37
7.2	Συντηρησιμότητα	39

7.3 Κατανάλωση Ενέργειας	43
7.4 Ασφάλεια	47
7.5 Ευχρηστία	48
7.5.1 Αξιολόγηση ευχρηστίας ανά συμμετέχοντα	48
7.5.2 Ευχρηστία και Χρόνος	49
7.5.3 Ευχρηστία και Ποσοστό Επιτυχίας	51
7.5.4 Ευχρηστία και Σφάλματα	53
7.5.5 Ευχρηστία και Βαθμός Ικανοποίησης	55
7.5.6 Ευχρηστία: Έλεγχος διαφοροποιήσεων	56
7.5.6.1 Διαφοροποιήσεις Λόγω Φύλου	57
7.5.6.2 Διαφοροποιήσεις Λόγω Ηλικίας	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΤΕΣΤ ΕΥΧΡΗΣΤΙΑΣ ΑΝΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΑ	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ - ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ - ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	86
ΑΠΟΔΟΣΗ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΩΝ ΌΡΩΝ	87

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1: Αρχιτεκτονική Android (Πηγή: https://ieeexplore.ieee.org/document/6999911)	16
Γράφημα 2: Φύλο συμμετεχόντων	38
Γράφημα 3: Ηλικιακή ομάδα συμμετεχόντων	38
Γράφημα 4: Επίπεδο εκπαίδευσης συμμετεχόντων.....	39
Γράφημα 5: Πλήθος Σφαλμάτων ανά Εφαρμογή.....	41
Γράφημα 6: Σφάλματα Εφαρμογών	41
Γράφημα 7: Δείκτης Συντηρησιμότητας ανά Εφαρμογή.....	42
Γράφημα 8: Ανάγκη Συντηρησιμότητας Εφαρμογών	42
Γράφημα 9: Κατανάλωση Ενέργειας ανά Εφαρμογή (Foreground)	45
Γράφημα 10: Βαθμός Κατανάλωσης Ενέργειας Εφαρμογών (Foreground)	45
Γράφημα 11: Κατανάλωση Ενέργειας ανά Εφαρμογή (Background).....	46
Γράφημα 12: Βαθμός Κατανάλωσης Ενέργειας Εφαρμογών (Background).....	46
Γράφημα 13: Μέσοι όροι χρόνων των εφαρμογών	51
Γράφημα 14: Αριθμός σφαλμάτων εφαρμογών (Μέσος όρος).....	54
Γράφημα 15: Βαθμός ικανοποίησης χρηστών από τις εφαρμογές.....	56

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Δημογραφικά χαρακτηριστικά δείγματος (N = 8).....	37
Πίνακας 2: Συντηρησιμότητα: bugs και maintainability	39
Πίνακας 3: Κατανάλωση ενέργειας: foreground και background.....	43
Πίνακας 4: Ασφάλεια εφαρμογών.....	47
Πίνακας 5: Μέσοι όροι χρόνων των εφαρμογών.....	50
Πίνακας 6: Ποσοστό επιτυχίας εκτέλεσης εφαρμογών	52
Πίνακας 7: Αριθμός σφαλμάτων εφαρμογών (Μέσος όρος).....	53
Πίνακας 8: Βαθμός ικανοποίησης χρηστών από τις εφαρμογές	55
Πίνακας 9: Αποτελέσματα ελέγχου Mann-Whitney: Φύλο – Ευχρηστία: Χρόνος εκτέλεσης εφαρμογών (Test Statistics).....	57
Πίνακας 10: Αποτελέσματα ελέγχου Mann-Whitney: Φύλο – Ευχρηστία: Χρόνος εκτέλεσης εφαρμογών (Ranks).....	58
Πίνακας 11: Αποτελέσματα ελέγχου Mann-Whitney: Φύλο – Ευχρηστία: Βαθμός ικανοποίησης χρηστών από τις εφαρμογές (Test Statistics)	61
Πίνακας 12: Αποτελέσματα ελέγχου Mann-Whitney: Φύλο – Ευχρηστία: Βαθμός ικανοποίησης χρηστών από τις εφαρμογές (Ranks)	62
Πίνακας 13: Αποτελέσματα ελέγχου Kruskal - Wallis: Ηλικιακή ομάδα – Ευχρηστία: Χρόνος εκτέλεσης εφαρμογών(Test Statistics).....	66
Πίνακας 14: Αποτελέσματα ελέγχου Kruskal - Wallis: Ηλικιακή ομάδα – Ευχρηστία: Χρόνος εκτέλεσης εφαρμογών (Ranks).....	67
Πίνακας 15: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 1) ..	73
Πίνακας 16: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 2) ..	74
Πίνακας 17: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 3) ..	76
Πίνακας 18: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 4) ..	77
Πίνακας 19: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 5) ..	78
Πίνακας 20: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 6) ..	80
Πίνακας 21: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 7) ..	81
Πίνακας 22: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 8) ..	82

Πρόλογος

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από μετρήσεις οι οποίες έλαβαν χώρα στο εργαστήριο του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Σήμερα, τα λεγόμενα έξυπνα κινητά τηλέφωνα (smartphones) συνιστούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας μας, κάτι που οδηγεί πολλούς να τα χαρακτηρίζουν ως προέκταση του χεριού μας. Τα smartphones αναπτύχθηκαν, σε αρχικό στάδιο, προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες των μεγάλων επιχειρήσεων. Ωστόσο, πολύ γρήγορα εισήλθαν δυναμικά στις αγορές και κατάφεραν να ενταχθούν στην καθημερινότητα των καταναλωτών. Βασικό τους προτέρημα είναι το γεγονός πως προσφέρουν ένα μεγάλο εύρος και ποικιλία υπηρεσιών και δυνατοτήτων, καλύπτοντας με αυτό τον τρόπο έτσι ένα μεγάλο ποσοστό των αναγκών των καταναλωτών. Ως τέτοιες μπορούμε να αναφέρουμε την επικοινωνία, την ενημέρωση, την διασκέδαση, αλλά και την διευκόλυνσή τους κατά τις επαγγελματικές τους υποχρεώσεις.

Για τη λειτουργία των smartphones, γίνεται χρήση διαφόρων λειτουργικών συστημάτων με το πιο δημοφιλές να είναι το λογισμικό Android, το οποίο αναπτύχθηκε από την εταιρία Google και παρουσιάστηκε στο κοινό το 2007. Το πλήθος των εφαρμογών που ο κάθε χρήστης μπορεί να εγκαταστήσει στην συσκευή του, ολοένα και αυξάνεται. Οι εφαρμογές αυτές αναπτύσσονται σε διάφορες πλατφόρμες, με τον κάθε πολίτη να μπορεί να αναπτύξει τη δική του, προωθώντας την στην αγορά μέσω του διαδικτύου. Κάτι τέτοιο, ωστόσο, ενέχει κινδύνους όπως είναι η εμφάνιση μη ποιοτικών εφαρμογών, κάτι που θα δημιουργήσει προβλήματα στους χρήστες. Έτσι, προκύπτουν εφαρμογές που εμφανίζουν σημαντικά προβλήματα σε τομείς όπως είναι η αξιοπιστία, η ασφάλεια, η συντηρησιμότητα, η ευχρηστία και η κατανάλωση ενέργειας. Επομένως, γίνεται επιτακτική η ανάγκη εύρεσης τρόπων αξιολόγησης των Android εφαρμογών, με απώτερο σκοπό την ανάπτυξη περισσότερο ποιοτικών εφαρμογών οι οποίες και θα προσφέρουν μια καλύτερη εμπειρία χρήσης στους πολίτες.

Έχοντας κατά νου όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα διπλωματική εργασία έρχεται να στοχεύσει στην διερεύνηση των ακόλουθων τεσσάρων παραγόντων ποιότητας: α) κατανάλωση ενέργειας, β) συντηρησιμότητα, γ) ασφάλεια και δ) ευχρηστία για 30 Android εφαρμογές. Επίσης, κατά την εργασία γίνεται έλεγχος της συσχέτισης των αποτελεσμάτων στους παραπάνω τέσσερις παράγοντες ποιότητας με συγκεκριμένα δημογραφικά στοιχεία των συμμετεχόντων (φύλο, ηλικία και επίπεδο εκπαίδευσης).

1.2 Οργάνωση της εργασίας

Η εργασία αποτελείται από δύο μέρη, όπου το πρώτο μέρος περιλαμβάνει, κυρίως, το θεωρητικό κομμάτι ενώ το δεύτερο το πρακτικό και το ερευνητικό. Αρχικά, στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο σχετικά με τις Android εφαρμογές, δίνοντας ιστορικά στοιχεία τους, καθώς και τη δομή και τη λειτουργία των Android εφαρμογών. Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται οι μετρικές ποιότητας και ειδικότερα: α) η κατανάλωση ενέργειας, β) η συντηρησιμότητα, γ) η ασφάλεια και δ) η ευχρηστία, οι οποίες και μας απασχόλησαν κατά την διενέργεια των πειραμάτων. Στο επόμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 4) γίνεται η ανάλυση της μεθοδολογίας της αξιολόγησης, ενώ στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα εργαλεία και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις μετρήσεις στο χώρο του εργαστηρίου.

Ακολούθως, στο Κεφάλαιο 6 έχουμε τη μεθοδολογία της έρευνας, όπου παρουσιάζεται ο σκοπός και τα ερευνητικά ερωτήματα, καθώς και ο τρόπος συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων. Από την άλλη, στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των εφαρμογών για τις μετρικές ποιότητας που μας απασχόλησαν νωρίτερα, ενώ στο Κεφάλαιο 8 γίνεται η παρουσίαση των σημαντικότερων αποτελεσμάτων και συζήτηση αυτών των ευρημάτων. Τέλος, στο Παράρτημα Α έχουμε τα αποτελέσματα των τεστ ευχρηστίας ανά συμμετέχοντα, ενώ η εργασία ολοκληρώνεται με τη βιβλιογραφία, τις συντομογραφίες και την απόδοση των ξενόγλωσσων όρων.

Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό Υπόβαθρο για το Android

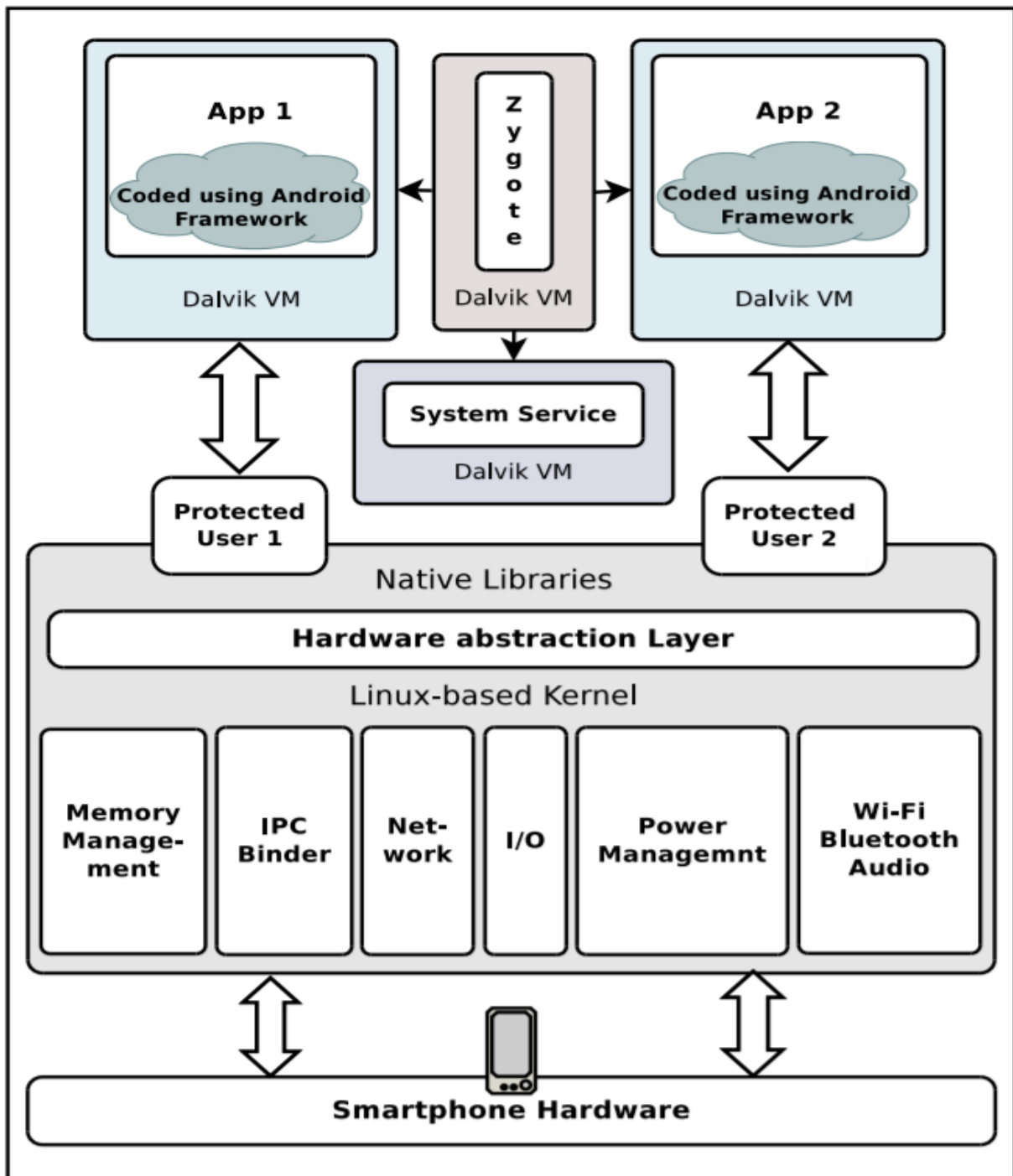
2.1 Ιστορικά Στοιχεία

Τα έξυπνα κινητά κινητά (smartphones) εμφανίστηκαν το 2007, με πρωτοπόρο την Apple, η οποία κατασκεύασε smartphones που απευθύνονται σε απλούς πολίτες, εξυπηρετώντας τις καθημερινές τους ανάγκες. Την ίδια χρονιά κάνει την εμφάνισή του και το λειτουργικό σύστημα της Google με την ονομασία Android Operating System. Πλέον, μέσω των smartphones παρέχεται η δυνατότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο (internet), η αποστολή και λήψη μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (emails), η επικοινωνία μέσω μηνυμάτων, βίντεο και ήχου. Στις ημέρες μας τα smartphones έχουν αντικαταστήσει, σε μεγάλο βαθμό, τα tablets αλλά και τους υπολογιστές, μέσω του σχεδιασμού και ενσωμάτωσης καλύτερων και ποιοτικότερων οθονών, με την κατασκευή και ενσωμάτωση επεξεργαστών μεγαλύτερης ισχύος, με τη βελτίωση και την αύξηση της διάρκειας ζωής των μπαταριών αλλά και με τη βελτιστοποίηση των λειτουργικών συστημάτων, τα οποία προσφέρουν μια πληθώρα εργαλείων και εφαρμογών.

2.2 Λογισμικό Android

Αναφορικά με την αρχιτεκτονική που χαρακτηρίζει το λειτουργικό σύστημα Android, αυτό αποτελείται από τμήματα τα οποία βρίσκονται σε διάφορα επίπεδα. Στο υψηλότερο επίπεδο συναντάμε το επίπεδο εφαρμογών, ενώ στο χαμηλότερο έχουμε τον πυρήνα (Linux Kernel). Το λειτουργικό σύστημα Android περιλαμβάνει μια ποικιλία εφαρμογών, οι οποίες έχουν γραφτεί στην γλώσσα προγραμματισμού Java. Ο σχεδιασμός του Android βασίζεται στη φιλοσοφία της δυνατότητας για επαναχρησιμοποίηση των στοιχείων που συνθέτουν το πρόγραμμα, με αποτέλεσμα οι δυνατότητες που δύναται να παρέχει μία εφαρμογή να μπορούν να αξιοποιηθούν και από άλλες εφαρμογές. Σχετικά με τις βιβλιοθήκες που χρησιμοποιούνται από το Android, σε αυτές περιλαμβάνονται ένα σύνολο βιβλιοθηκών των γλωσσών C/C++, οι οποίες και χρησιμοποιούνται από διάφορα τμήματα του λειτουργικού συστήματος. Κάθε εφαρμογή Android λειτουργεί σε δική της διεργασία, αυτόνομα, στο Dalvik virtual machine, το οποίο επιτρέπει ώστε μία συσκευή να τρέχει πολλά VMs με τρόπο αποδοτικό και ταυτόχρονα αποτελεσματικό. Το λειτουργικό σύστημα Android για την υποστήριξη των λειτουργιών του πυρήνα του συστήματος, στις οποίες συγκαταλέγονται η ασφάλεια, η διαχείριση της μνήμης, η στοίβα δικτύου και τα μοντέλα των drivers, βασίζεται στην έκδοση 2.6 του Linux. Επιπρόσθετα, το Android επιτελεί το ρόλο του ενδιάμεσου μεταξύ του υλικού

και του λογισμικού. Στο ακόλουθο σχήμα περιγράφονται διαγραμματικά όσα αναφέραμε προηγουμένως [10] (Γράφημα 1).



Γράφημα 1: Αρχιτεκτονική Android (Πηγή: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6999911>)

2.3 Δομή του Android

Οι εφαρμογές που αναπτύσσονται για το Android διακρίνονται από μία συγκεκριμένη δομή. Πιο συγκεκριμένα, οι εφαρμογές δεν διαθέτουν συνάρτηση main(). Αντίθετα, οι προγραμματιστές οφείλουν να σχεδιάσουν την εφαρμογή τους με τέτοιο τρόπο που ακολουθεί την λογική των ακόλουθων τεσσάρων συστατικών [4].

Τα συστατικά αυτά είναι τα εξής:

A) Υπηρεσίες (Services), οι οποίες χρησιμοποιούνται για διεργασίες του παρασκηνίου. Για παράδειγμα, όταν μια δραστηριότητα χρειάζεται να εκτελέσει κάποια ενέργεια η οποία θα πρέπει να συνεχιστεί, τότε ξεκινά να εκτελείται μια ειδικά σχεδιασμένη υπηρεσία για την συγκεκριμένη ενέργεια.

B) Πάροχοι περιεχομένου (Content Providers), οι οποίοι έχουν ως αρμοδιότητα την διαχείριση της πρόσβασης στα δεδομένα. Κάθε πάροχος περιεχομένου διακρίνεται από μια "αρχή" η οποία και περιγράφει το περιεχόμενό του. Συνήθως, οι πάροχοι περιεχομένου αποθηκεύουν τιμές σε αρχεία τύπου βάσης δεδομένων.

Γ) Δραστηριότητες (Activities), όπως για παράδειγμα οι οθόνες τις οποίες διαχειρίζεται ο χρήστης. Συνήθως, ο προγραμματιστής ορίζει μία δραστηριότητα ανά "οθόνη". Οι δραστηριότητες εκκινούν η μία μετά την άλλη, μέσω αποστολής και λήψης τιμών. Θα πρέπει να τονιστεί ότι μία μόνο δραστηριότητα στο σύστημα έχει στη διάθεσή της πληκτρολόγιο και δυνατότητα επεξεργασίας, με τις υπόλοιπες να βρίσκονται σε κατάσταση αναστολής.

Δ) Δέκτες εκπομπής (Broadcast Receivers), οι οποίοι χρησιμοποιούνται είτε από το σύστημα είτε από τα γεγονότα των εφαρμογών. Οι δέκτης εκπομπής αποτελούν τις λεγόμενες «αποθήκες» μηνυμάτων. Συνήθως, μέσω του κώδικα εφαρμογής μεταδίδονται μηνύματα. Οι δέκτες εκπομπής κάνουν εγγραφή στους προορισμούς προκειμένου να μπορούν να λαμβάνουν τα μηνύματα που τους αφορούν.

Οι Δραστηριότητες αποτελούν το πλέον συνηθισμένο τμήμα των Android εφαρμογών, μιας και οι εφαρμογές συνιστούν ένα σύνολο δραστηριοτήτων που συνεχώς εναλλάσσονται σύμφωνα με την είσοδο που δίνεται κάθε φορά από τον χρήστη. Οι δραστηριότητες διέρχονται από διάφορες καταστάσεις, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις γίνεται επανάκλησή τους. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στα αντικείμενα της Διεπαφής Χρήσης - Graphical User Interface (GUI).

Κεφάλαιο 3: Μετρικές Ποιότητας

3.1 Εισαγωγή

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως παρόλο που σε ζητήματα που αφορούν την μηχανική λογισμικού έχει επέλθει μεγάλη πρόοδος και έχουν αναπτυχθεί διαδικασίες και τεχνολογίες βελτίωσης των χαρακτηριστικών ποιότητας, οι περισσότερες εταιρείες λογισμικού δεν δείχνουν έντονο ενδιαφέρον για τη βελτίωση της ποιότητας του λογισμικού τους, ενώ δεν προσφέρουν κίνητρα στους προγραμματιστές τους ώστε να παράγουν λογισμικά υψηλής ποιότητας. Παρατηρείται, λοιπόν, το φαινόμενο ο έλεγχος ποιότητας να γίνεται από τρίτους φορείς οι οποίοι έχουν την ευθύνη εύρεσης και διόρθωσης των όποιων προβλημάτων[10].

Για την αξιολόγηση ενός λειτουργικού συστήματος και γενικότερα ενός λογισμικού, μετράμε την ποιότητα μιας σειράς χαρακτηριστικών όπως είναι: α) η αξιοπιστία, β) η ευχρηστία, γ) η συντηρησιμότητα, δ) η ασφάλεια, ε) η διαθεσιμότητα και στ) η επεκτασιμότητα.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας εξετάστηκαν τα τρία πρώτα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά, ενώ μελετήθηκε και το ζήτημα της κατανάλωσης ενέργειας που συνιστά έναν σημαντικότατο παράγοντα στις κινητές συσκευές που τρέχουν το λειτουργικό σύστημα Android. Επομένως, τα κριτήρια με τα οποία θα ασχοληθούμε είναι τα εξής:

- Κατανάλωση ενέργειας
- Συντηρησιμότητα
- Ασφάλεια
- Ευχρηστία

3.2 Κατανάλωση Ενέργειας

3.2.1 Μέθοδοι Μέτρησης της Κατανάλωσης Ενέργειας

Ένα μεγάλο πρόβλημα το οποίο κυριαρχεί στον χώρο των φορητών ηλεκτρικών συσκευών είναι η κατανάλωση ενέργειας. Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια που οι έξυπνες συσκευές έχουν γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής των ανθρώπων. Όσο εξελίσσεται η τεχνολογία, τόσο περισσότερες καινούριες λειτουργίες προστίθενται στα κινητά τηλέφωνα. Για παράδειγμα, στην αρχή ο χρήστης μπορούσε μόνο να τηλεφωνήσει, πλέον ο κάτοχος μιας έξυπνης συσκευής έχει πολλές δυνατότητες. Μπορεί να συνδεθεί στο διαδίκτυο να ανταλλάξει δεδομένα με οποιοδήποτε και να τρέξει μία μεγάλη γκάμα εφαρμογών. Εύκολα όμως αντιλαμβάνεται κανείς πως για να γίνουν όλα τα παραπάνω η συσκευή χρειάζεται αρκετή υπολογιστική ισχύ. Το κυρίαρχο πρόβλημα είναι η χωρητικότητα της μπαταρίας και το πώς οι δημιουργοί των εφαρμογών ελέγχουν την κατανάλωση ενέργειας από τη συσκευή. Τα τελευταία χρόνια διαπιστώνεται ότι οι εταιρείες δεν δίνουν ιδιαίτερη σημασία στο

πρόβλημα της κατανάλωσης ενέργειας και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πολύ χρήστες να διαγράφουν τις εφαρμογές τους ως ασύμφορες.

Για κάθε εφαρμογή υπάρχουν δύο τρόποι – μέθοδοι μέτρησης της ενέργειας που απαιτείται. Κάποιος δημιουργός μιας εφαρμογής προκειμένου να μάθει πόση ενέργεια ξοδεύει η εφαρμογή έχει δύο διαφορετικούς μεθόδους. Η πρώτη μέθοδος αφορά την χρησιμοποίηση εξωτερικών εργαλείων – υλικών (hardware) ενώ η δεύτερη αφορά το λογισμικό (software). Κατά κανόνα με την πρώτη μέθοδο έχουμε την δυνατότητα μέτρησης των διακυμάνσεων της τάσης του ρεύματος κατά την λειτουργία της εφαρμογής. Όμως με αυτόν τον τρόπο ο δημιουργός της εφαρμογής δεν εξάγονται σωστά συμπεράσματα γιατί ουσιαστικά οι μετρήσεις αυτοί που προκύπτουν είναι ενδεικτικές γενικά της λειτουργίας της συσκευής και όχι αποκλειστικά της εφαρμογής. Αν λάβουμε υπόψιν ότι κάθε υλικό της συσκευής διαφέρει ως προς την κατανάλωση ισχύος είναι φυσιολογικό να συμβαίνει κάτι τέτοιο. Έτσι λοιπόν θα πρέπει να αναλύσουμε όλες τις κατασκευαστικές παραμέτρους της συσκευής που διαθέτη όπως για παράδειγμα η RAM, η οποία διαφέρει από συσκευή σε συσκευή, οπότε έχει διαφορετικές συχνότητες και διαφορετικές τιμές ισχύος. Η δεύτερη μέθοδος που αφορά το λογισμικό υπολογισμού της κατανάλωσης ενέργειας χρησιμοποιεί διάφορα μαθηματικά μοντέλα. Τα μαθηματικά αυτά μοντέλα έχουν δημιουργηθεί με βάση κάποιες μετρικές εξισώσεις οι οποίες ελέγχουν άλλες παραμέτρους όπως είναι για παράδειγμα η χρήση διαφόρων αισθητήρων κατά την λειτουργία της εφαρμογής [10].

3.2.2 Ανάλυση της Κατανάλωσης Ενέργειας

Τα smartphones και τα tablets προσφέρουν τη δυνατότητα στους πολίτες να διαθέτουν σε μία τόσο μικρή συσκευή, μεγάλη υπολογιστική ισχύ, περισσότερη σε αρκετές περιπτώσεις, από ότι διαθέτουν οι υπολογιστές. Ωστόσο, η χρησιμότητα των συσκευών αυτών καθορίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την κατανάλωση ενέργειας των εφαρμογών που «τρέχουν» στο σύστημα. Υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί παράγοντες που οδηγούν ένα smartphone να καταναλώνει υψηλά επίπεδα ενέργειας, μεταξύ των οποίων είναι ο επεξεργαστής και η οθόνη [1].

Στις περιπτώσεις που ένας προγραμματιστής επιθυμεί να πληροφορηθεί για την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνει η εφαρμογή του, ένας τρόπος είναι μέσω της προμήθειας μετρητών ρεύματος και τάσης. Ωστόσο, κάτι τέτοιο συνοδεύεται από αρκετά μειονεκτήματα, όπως είναι η ακρίβεια των μετρήσεων αφού οι τιμές που προκύπτουν δεν αντικατοπτρίζουν πλήρως τη χρήση μιας εφαρμογής, αλλά τη χρήση όλης της συσκευής.

Είναι γνωστό πως τα διαφορετικά τμήματα υλικού (hardware) έχουν διαφορετικό αντίκτυπο στην κατανάλωση ενέργειας της κάθε κινητής συσκευής. Συνεπώς, ένα μοντέλο κατανάλωσης ενέργειας χρειάζεται να εξετάσει, εκτός από τα κύρια συστατικά του υλικού της συσκευής, και τα επιμέρους χαρακτηριστικά της. Για παράδειγμα, όσον αφορά τον επεξεργαστή, διάφορα smartphones ενδέχεται να χρησιμοποιούν διαφορετικές αρχιτεκτονικές για τον επεξεργαστή (διαφορετικοί πυρήνες σε πλήθος και αρχιτεκτονική, διαφορετικές συχνότητες, κ.ά.).

Το λειτουργικό σύστημα Android έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει υποστήριξη σε μια πληθώρα διαφορετικών συσκευών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ένα μοντέλο κατανάλωσης ενέργειας για Android να πρέπει να εξετάσει τόσο τα βασικά τμήματα του υλικού όσο και τις διάφορες καταστάσεις που το διακρίνουν (π.χ. συχνότητα επεξεργαστή, ποσοστό χρήσης, κ.ά.) [7].

Μια από τις πιο δημοφιλείς εφαρμογές λήψης μετρήσεων αναφορικά με την κατανάλωση ενέργειας των εφαρμογών Android είναι το λογισμικό PowerTutor, το οποίο δύναται να λάβει μετρήσεις από πέντε διαφορετικά συστατικά μια κινητής συσκευής, και ειδικότερα από: α) τον επεξεργαστή, β) την οθόνη, γ) το GPS, δ) το WiFi, ε) το 4G/5G και στ) τον Ήχο [2].

- CPU (επεξεργαστής): Η κατανάλωση ενέργειας από τον επεξεργαστή επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό τόσο από τη χρήση του όσο και από την συχνότητα λειτουργίας του. Ο επεξεργαστής δύναται να λειτουργεί σε διαφορετικές συχνότητες αναλόγως τις απαιτήσεις, με το ποσοστό χρήσης να κυμαίνεται μεταξύ 1% - 100%, ενώ υπάρχει διαφορετικός συντελεστής κατανάλωσης για την κάθε διαθέσιμη συχνότητα. Η κατανάλωση υπολογίζεται αφού πολλαπλασιάσουμε τον συντελεστή που σχετίζεται με τη συχνότητα χρήσης με το ποσοστό χρήσης.
- Οθόνη: Υποθέτουμε πως ο μοναδικός παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση οθόνης είναι η φωτεινότητα. Υπάρχει ένας συντελεστής ο οποίος πολλαπλασιάζεται με το επίπεδο φωτεινότητας (διακρίνονται 10 διαφορετικά επίπεδα).
- GPS: Εξαρτάται από τη λειτουργία του στοιχείου αυτού, δηλαδή να είναι ενεργό, σε sleep mode ή απενεργοποιημένο. Τόσο το πλήθος των διαθέσιμων δορυφόρων όσο και η ισχύς του σήματος σχετίζονται σε μικρό βαθμό με την κατανάλωση ρεύματος. Συνεπώς, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως αυτό που επιδρά είναι το mode λειτουργίας (ενεργοποιημένο GPS και GPS σε sleep mode).
- WiFi: Διακρίνεται από τις εξής τέσσερις καταστάσεις: α) χαμηλής ισχύος, β) υψηλής ισχύος, γ) χαμηλής μετάδοσης και δ) υψηλής μετάδοσης. Στην πρώτη περίπτωση η κατανάλωση ενέργειας είναι σταθερή, ενώ στην περίπτωση υψηλής ισχύος, η κατανάλωση ρεύματος εξαρτάται λαμβάνοντας υπόψη τους εξής παράγοντες: α) τον αριθμό των μεταδιδόμενων πακέτων, β) την αναλογία δεδομένων και το γ) ρυθμό καναλιού ανερχόμενης ζεύξης.
- 4G/5G: Εξαρτάται από την κατάσταση λειτουργίας, όπως είδαμε και με το WiFi. Οι δυνατές καταστάσεις είναι οι ακόλουθες: CELL DCH, CELL FACH και IDLE. Η μετάβαση από τη μια κατάσταση στην άλλη εξαρτάται από: α) τα προς μετάδοση δεδομένα και β) το χρόνο αδράνειας.
- Ήχος: Το εάν χρησιμοποιείται ή όχι η διεπαφή ήχου επηρεάζει την κατανάλωση, ενώ η ένταση δεν παίζει κάποιο ρόλο.
- NFC: Εξαρτάται από τη λειτουργία του στοιχείου αυτού, δηλαδή να είναι ενεργό ή απενεργοποιημένο.

3.2.3 Τα Βασικά Στοιχεία των Μπαταριών στα Android Smartphones

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι αρκετά δημοφιλείς εξαιτίας της υψηλής αναλογίας των δεικτών της ενέργειας ως προς τους δείκτες: α) του βάρους, β) των ωρών λειτουργίας και γ) των ρευμάτων αυτό-αποφόρτισης. Κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης, η τάση μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου αλλάζει, επιτρέποντας έτσι να εκτιμήσουμε την ταχύτητα εξάντλησης ενέργειας (κατανάλωση ενέργειας) βασιζόμενοι στις αλλαγές που παρατηρούνται στην τάση. Η κατάσταση αποφόρτισης (SOD) είναι το ποσοστό της ονομαστικής ενέργειας της μπαταρίας που έχει εκφορτιστεί. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί πως τόσο η ενεργειακή ικανότητα όσο και η καμπύλη εκφόρτισης αλλάζουν αναλόγως του ρεύματος αποφόρτισης, της θερμοκρασίας και της ηλικίας της μπαταρίας [18].

3.3 Συντηρησιμότητα

3.3.1 Γενικά Στοιχεία Περί Συντηρησιμότητας

Οι εφαρμογές Android διακρίνονται από συνεχείς ενημερώσεις, κάτι που πρέπει να λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τους οι προγραμματιστές ώστε να μπορούν να συμβαδίσουν με τις συχνές αλλαγές που συμβαίνουν, διασφαλίζοντας ότι οι εφαρμογές τους θα εξακολουθήσουν να είναι ανταγωνιστικές σε μια διαρκώς αναπτυσσόμενη και μεταβαλλόμενη αγορά, όπως είναι η αγορά των Android εφαρμογών.

Ως συντηρησιμότητα καλείται εκείνο το χαρακτηριστικό του σχεδιασμού και της εγκατάστασης που καθορίζει την πιθανότητα ένα προβληματικό σύστημα να επανέλθει στην κανονική κατάσταση λειτουργίας μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ο βαθμός συντηρησιμότητας μπορεί να καθορίσει το κατά πόσο η εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, δεδομένου ότι οι ανάγκες του πελάτη ενδεχομένως να τροποποιηθούν. Έτσι, κάθε εφαρμογή θα πρέπει να μπορεί να επισκευαστεί προκειμένου να υπάρχει η δυνατότητα προσαρμογής σε μελλοντικές αλλαγές. Ωστόσο, εντοπίζονται μια πληθώρα προβλημάτων και περιορισμών που μπορεί να συναντήσει ο προγραμματιστής. Ως τέτοιους περιορισμούς έχουμε: α) το κόστος, β) την κατάρτιση του συντηρητή και γ) τα εγχειρίδια συντήρησης. Από τα προηγούμενα γίνεται εύκολα αντιληπτό πως απαιτείται ο προγραμματιστής να διαθέτει εμπειρία και να είναι σε θέση να κατασκευάζει ένα λογισμικό το οποίο να διακρίνεται από συντηρησιμότητα.

3.3.2 Μετρικές

Εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις αναφορικά με την συντηρησιμότητα, είναι το MetricsReloaded το οποίο διατίθεται χωρίς χρέωση. Το MetricsReloaded λειτουργεί ως plugin (πρόσθετο) μέσα από το Android Studio. Στη συνέχεια περιγράφονται οι μετρικές του συγκεκριμένου εργαλείου:

A) Μετρικές Πολυπλοκότητας

- Cyclomatic Complexity (Κυκλική Πολυπλοκότητα): Υπολογίζει το μέγεθος της λογικής απόφασης σε μια ενιαία ενότητα λογισμικού, παρέχοντας τον αριθμό των συνιστώμενων δοκιμών για το λογισμικό. Από την άλλη, γίνεται χρήση της σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής του λογισμικού, προκειμένου αυτό να είναι αξιόπιστο και διαχειρίσιμο.
- Essential Cyclomatic Complexity (Βασική Κυκλική Πολυπλοκότητα): Η βασική πολυπλοκότητα υπολογίζεται αφαιρώντας πρώτα τα δομημένα αρχέτυπα προγραμματισμού από το γράφημα ροής ελέγχου της ενότητας έως ότου το γράφημα να μην μπορεί να μειωθεί άλλο.
- Design Complexity (Πολυπλοκότητα Σχεδιασμού): Ορίζεται η κυκλική πολυπλοκότητα του μειωμένου γραφήματος μετά την εκτέλεση της μείωσης του σχεδιασμού. Η τεχνική μείωσης σχεδιασμού συμβάλλει στον εντοπισμό των αποτελεσμάτων απόφασης.
- Average Operation Complexity (Μέση πολυπλοκότητα λειτουργίας): Υπολογίζει τη μέση κυκλική πολυπλοκότητα των μη αφηρημένων μεθόδων σε κάθε κατηγορία.
- Weight Method Complexity (Πολυπλοκότητα Βάρους): Η μέτρηση αυτή αποτελεί το άθροισμα των πολυπλοκότητας όλων των μεθόδων της κλάσης. Συνιστά έναν δείκτη της απαιτούμενης προσπάθειας για την ανάπτυξη και διατήρηση μιας συγκεκριμένης κλάσης.

- Average Cyclomatic Complexity (Μέση Κυκλική Πολυπλοκότητα): Η μέτρηση αυτή υπολογίζει τη μέση πολυπλοκότητα όλων των μη αφηρημένων μεθόδων [9].
- Total cyclomatic complexity (Συνολική Κυκλική Πολυπλοκότητα): Υπολογίζει την συνολική πολυπλοκότητα των μη αφηρημένων μεθόδων.

B) Μετρικές γραμμών κώδικα

- Γραμμές Groovy: Υπολογίζει τον αριθμό των γραμμών Groovy. Γραμμές HTML: Υπολογίζει τον αριθμό των γραμμών HTML.
- Γραμμές JAVA: Υπολογίζει τον αριθμό των γραμμών JAVA.
- Γραμμές XML: Υπολογίζει τον αριθμό των γραμμών XML.
- Γραμμές προϊόντος κώδικα: Υπολογίζει τον αριθμό των γραμμών προϊόντος κώδικα.
- Γραμμές δοκιμαστικού κώδικα: Υπολογίζει τον αριθμό των γραμμών δοκιμαστικού κώδικα.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις τα σχόλια υπολογίζονται για τους σκοπούς των μετρήσεων, χωρίς όμως να υπολογίζεται το κενό διάστημα.

- Γραμμές κώδικα: Υπολογίζει το πλήθος των γραμμών κώδικα σε όλο το project (έργο). Οι γραμμές λευκού χώρου αγνοούνται.
- Γραμμές κώδικα χωρίς σχόλια: Υπολογίζει το πλήθος των γραμμών κώδικα χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα σχόλια.
- Γραμμές προϊόντος κώδικα χωρίς σχόλια: Υπολογίζει το πλήθος των γραμμών προϊόντος κώδικα χωρίς τα σχόλια.
- Γραμμές δοκιμαστικού κώδικα χωρίς σχόλια: Υπολογίζει το πλήθος των γραμμών δοκιμαστικού κώδικα χωρίς τα σχόλια.

Γ) Μετρικές αρχείων

- Files: Το συνολικό πλήθος των αρχείων του project.
- Groovy: Το πλήθος των αρχείων Groovy του project.
- Java: Το πλήθος των αρχείων Java του project.
- XML: Το πλήθος των αρχείων XML του project.
- HTML: Το πλήθος των αρχείων HTML του project.

Δ) Μετρικές κλάσεων

- Αριθμός κλάσεων: Το συνολικό πλήθος των κλάσεων.
- Αριθμός κλάσεων προϊόντος: Το συνολικό πλήθος των κλάσεων προϊόντος.
- Αριθμός κλάσεων ελέγχου: Το συνολικό πλήθος των κλάσεων ελέγχου.

3.4 Ασφάλεια

Το Android έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε η ασφάλεια να συνιστά βασικό παράγοντα προκειμένου να υπάρχει προστασία δεδομένων, εφαρμογών, της συσκευής αλλά και του δικτύου. Ωστόσο, η ασφάλεια σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό τόσο από την προθυμία όσο και την ικανότητα των προγραμματιστών να κάνουν χρήση βέλτιστων πρακτικών. Επίσης, είναι σημαντικό ο χρήστης να γνωρίζει τι μπορεί να προκαλέσει η κάθε εφαρμογή (αφότου έχει εγκατασταθεί), τόσο στα δεδομένα όσο και στην ασφάλεια της συσκευής. Οι λύσεις που υπάρχουν ενάντια στα κακόβουλα λογισμικά μέσω εφαρμογών ή άλλων λογισμικών στο Android είναι περιορισμένες [3].

Σαφώς και οι κακόβουλες εφαρμογές αποτελούν τη μεγαλύτερη απειλή για την ασφάλεια των Android συστημάτων. Οπότε, για να αποτραπεί το φαινόμενο τέτοιες εφαρμογές να προκαλέσουν ζημιά στα smartphones, το λειτουργικό σύστημα Android εφαρμόζει τους εξής μηχανισμούς ελέγχου ασφαλείας: α) τα δικαιώματα (permissions) και β) το sandboxing.

3.4.1 Δικαιώματα

Ο περιορισμός της πρόσβασης εκ μέρους κάθε εφαρμογής σε σημαντικές λειτουργίες του smartphone, όπως είναι οι επαφές, τα μηνύματα, η κάρτα μνήμης, κ.ά., επιτυγχάνεται μέσω της παροχής από το σύστημα Android ενός μοντέλου ασφάλειας βάσει δικαιωμάτων. Ως προεπιλογή έχουμε η εφαρμογή να μην έχει άδεια εκτέλεσης ενεργειών που ενδεχομένως να επηρέαζαν άλλες εφαρμογές. Έτσι, επιβάλλονται περιορισμοί, σε συγκεκριμένες λειτουργίες, που μπορεί να εκτελέσει μια εφαρμογή [4] [17].

Τα δικαιώματα Android κατηγοριοποιούνται σε επίπεδα ως εξής:

A) Normal (Κανονικά): Τα δικαιώματα αυτού του επιπέδου κρύβουν πολύ μικρό κίνδυνο τόσο για τη συσκευή, όσο και για το σύστημα και τους χρήστες. Τα δικαιώματα αυτά παρέχονται αυτόματα κατά την εγκατάσταση.

B) Dangerous (Επικίνδυνα): Τα δικαιώματα του δεύτερου επιπέδου διακρίνονται από υψηλότερο κίνδυνο και παρέχουν πρόσβαση σε προσωπικά δεδομένα και σε σημαντικά στοιχεία της συσκευής. Τα δικαιώματα αυτά θα πρέπει να δίνονται από τους χρήστες πριν από την εγκατάσταση.

Γ) Signature (Υπογραφή): Τα δικαιώματα αυτού του επιπέδου παραχωρούνται κατόπιν υπογραφής αίτησης και εφόσον γίνει η απαραίτητη πιστοποίηση. Τα συγκεκριμένα δικαιώματα παρέχονται αυτόματα κατά την εγκατάσταση.

Η Google δεν προχωρά σε έλεγχο και περιορισμό της λειτουργίας των Android εφαρμογών. Αντιθέτως, αξιοποιεί τα δικαιώματα προκειμένου να ειδοποιεί τους χρήστες αναφορικά με ζητήματα ασφάλειας των εφαρμογών. Όταν ο χρήστης εκκινεί τη διαδικασία εγκατάστασης μιας εφαρμογής, τότε εμφανίζεται μια λίστα με τα δικαιώματα που απαιτεί η εφαρμογή. Η λίστα αυτή με τα δικαιώματα καθορίζει όλους τους πόρους της κινητής συσκευής στους οποίους θα έχει πρόσβαση η συγκεκριμένη εφαρμογή από την στιγμή που θα γίνει η εγκατάστασή της. Συνεπώς, ο χρήστης οφείλει να ελέγξει την λίστα με τα δικαιώματα πρόσβασης εκ μέρους της εφαρμογής έτσι ώστε να αποφασίσει αν θα προχωρήσει στην εγκατάστασή της ή όχι. Θα πρέπει να τονιστεί πως τα δικαιώματα δεν εμφανίζονται ξανά στους χρήστες, εφόσον γίνει η εγκατάσταση της εφαρμογής [11].

Η ρύθμιση των δικαιωμάτων αφορά τον τρόπο με τον οποίο οι εφαρμογές θα έχουν πρόσβαση σε συγκεκριμένους πόρους του smartphone, όπως είναι τα προσωπικά δεδομένα (π.χ. φωτογραφίες, αρχεία) και οι διάφοροι αισθητήρες (π.χ. κάμερα, GPS, κ.λπ.) [3]. Το κύριο πρόβλημα της συγκεκριμένης προσέγγισης είναι το γεγονός πως ο χρήστης δεν είναι σε θέση να αποδεχθεί μόνο ένα μέρος των απαιτούμενων δικαιωμάτων. Έτσι, ακόμη κι αν δεν συμφωνεί ακόμη και με ένα

δικαίωμα, τότε η εγκατάσταση δεν θα προχωρήσει. Επιπρόσθετα, το μεγάλο πλήθος δικαιωμάτων εμποδίζει ακόμη και τους έμπειρους χρήστες από το να κατανοήσουν όλα όσα αναφέρονται, με συνέπεια αρκετοί χρήστες να προχωρούν στην εγκατάσταση εφαρμογών χωρίς να εξετάζουν τις πιθανές απειλές που ενδέχεται να προκύψουν και τα ζητήματα ασφάλειας.

Προκειμένου η Google να περιορίσει τα ζητήματα ασφαλείας, υιοθετεί την αρχή του «ελάχιστου προνομίου», σύμφωνα με την οποία η εφαρμογή ζητά μόνο τα απαραίτητα δικαιώματα για την σωστή λειτουργία της. Το σύστημα Android προειδοποιεί τους χρήστες σχετικά με τα δικαιώματα που απαιτούνται από την εκάστοτε εφαρμογή, έτσι ώστε αυτοί να λάβουν τη σωστή απόφαση [6].

Ειδικότερα, η Google αναφέρει [10]: *«Κατά την εγκατάσταση μιας εφαρμογής, οι χρήστες βλέπουν μια οθόνη που εξηγεί με σαφήνεια ποιες πληροφορίες και πόρους συστήματος ζητά άδεια να χρησιμοποιήσει η εφαρμογή, όπως η τοποθεσία GPS του τηλεφώνου. Οι χρήστες πρέπει να εγκρίνουν ρητά αυτήν την πρόσβαση για να συνεχίσουν την εγκατάσταση και μπορούν να απεγκαταστήσουν τις εφαρμογές ανά πάσα στιγμή. Μπορούν επίσης να συμβουλευτούν αξιολογήσεις και κριτικές για να αποφασίσουν ποιες εφαρμογές επιλέγουν να εγκαταστήσουν. Συμβουλεύουμε συνεχώς τους χρήστες να εγκαθιστούν μόνο εφαρμογές που εμπιστεύονται»*. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η πλειοψηφία των Android εφαρμογών απαιτούν πολλαπλά δικαιώματα εκτέλεσης. Αυτό οδηγεί σε επαναλαμβανόμενες προειδοποιήσεις οι οποίες χάνουν γρήγορα την αποτελεσματικότητά τους μιας και ο χρήστης τις περισσότερες φορές τις αγνοεί.

3.4.2 Sandboxing

Στο επίπεδο του πυρήνα, το Android αξιοποιεί τη δυνατότητα DAC (Control Discretionary Access) του Linux, αναθέτοντας σε κάθε εφαρμογή ένα μοναδικό Unique Identifier (UID). Με τον τρόπο αυτό μια εφαρμογή δεν μπορεί να παρεμβαίνει σε άλλες εφαρμογές ή υπηρεσίες του συστήματος. Επίσης, το Android προστατεύει την πρόσβαση στο δίκτυο, εφαρμόζοντας ένα χαρακτηριστικό με την ονομασία Paranoid Network Security, μέσω του οποίου οι υπηρεσίες WiFi, Bluetooth και άλλες υπηρεσίες πρόσβασης στο Internet εκτελούνται σε διαφορετικές ομάδες. Στην περίπτωση που κάποια εφαρμογή λάβει άδεια για πρόσβαση στο δίκτυο, η διαδικασία αντιστοιχίζεται σε μια συγκεκριμένη ομάδα. Έτσι, εκτός από τα UID, μια διαδικασία μπορεί να αποδοθεί σε ένα ή περισσότερα GID. Μια εφαρμογή πρέπει να περιέχει ένα πιστοποιητικό PKI υπογεγραμμένο από τον προγραμματιστή που το δημιούργησε. Η υπογραφή είναι το σημείο εμπιστοσύνης μεταξύ της Google και των προγραμματιστών, έτσι ώστε οι προγραμματιστές να είναι σίγουροι ότι οι εφαρμογές τους προσφέρονται στους χρήστες χωρίς να έχουν γίνει τροποποιήσεις. Αυτή η υπογραφή χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση μιας εφαρμογής στο Sandbox, αποδίδοντας μοναδικό UID. Εάν το πιστοποιητικό μιας εφαρμογής Α ταιριάζει με κάποια ήδη εγκατεστημένη εφαρμογή Β, το Android εκχωρεί το ίδιο UID και στις δύο εφαρμογές, επιτρέποντάς τους να μοιράζονται τα ιδιωτικά αρχεία και τα δικαιώματά τους. Για το λόγο αυτό, δεν προτείνεται ο προγραμματιστής να μοιράζεται το πιστοποιητικό του με άλλους προγραμματιστές [5].

3.4.3 Ασφάλεια Κατάτμησης Συστήματος

Η κατάτμηση του συστήματος (system partition) του smartphone περιέχει τον πυρήνα (kernel) του Android, τις βιβλιοθήκες συστημάτων, το χρόνο εκτέλεσης και τις εφαρμογές. Το Android ρυθμίζει την κατάτμηση του συστήματος ώστε να είναι μόνο για ανάγνωση, προκειμένου να υπάρχει προστασία απέναντι σε μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Επίσης, κάποιο μέρος του συστήματος αρχείων, όπως είναι για παράδειγμα η προσωρινή μνήμη εφαρμογών είναι ασφαλισμένο έτσι ώστε να αποτρέπεται η παραβίασή της κατά την σύνδεση της συσκευής μέσω USB με τον υπολογιστή.

3.4.4 Google Play Store και Ασφάλεια

Η Google αποθαρρύνει τους χρήστες να εγκαταστήσουν εφαρμογές από ξένες πηγές, προτρέποντας τη χρήση του Play Store για λόγους ασφαλείας. Πριν από τη διάθεση οποιασδήποτε εφαρμογής στους χρήστες της, η Google προχωρά σε ενδελεχή έλεγχο μέσω της υπηρεσίας Bouncer, η οποία συνιστά μια υπηρεσία δυναμικής ανάλυσης που εκτελεί μια εφαρμογή σε περιβάλλον "sandbox" και διακρίνεται από υψηλό βαθμό ασφαλείας. Επίσης, το σύστημα Android παρέχει μια υπηρεσία επαλήθευσης κατά τη στιγμή της εγκατάστασης για εφαρμογές που έχουν ληφθεί από εξωτερικές πηγές. Ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται η δυνατότητα του Google Play να προχωρήσει σε απομακρυσμένη απεγκατάσταση μιας εφαρμογής, στην περίπτωση που εντοπιστεί ότι είναι κακόβουλη.

3.4.5 Άλλοι Παράγοντες Ασφαλείας

Το SELinux το οποίο έχει ενσωματωθεί στο Android για μεγαλύτερη ασφάλεια της συσκευής, επιβάλλει Πολιτικές Υποχρεωτικού Ελέγχου Πρόσβασης (Mandatory Access Control - MAC) σε σχέση με τον παραδοσιακό Διακριτικό Έλεγχος Πρόσβασης (Discretionary Access Control - DAC). Στο DAC, αυτός που αποφασίζει ποιοι μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτόν, είναι ο ιδιοκτήτης του πόρου. Αντιθέτως, στο MAC, είναι το σύστημα (και όχι οι χρήστες) που εξουσιοδοτεί την πρόσβαση στον πόρο. Έτσι, η MAC έχει τη δυνατότητα να αποτρέψει οποιαδήποτε κακόβουλη δραστηριότητα, παρόλο που η πρόσβαση root ενδεχομένως να έχει παραβιαστεί. Το γεγονός αυτό μειώνει αισθητά την επίδραση των επιθέσεων κλιμάκωσης προνομίων σε επίπεδο πυρήνα.

Οι πληροφορίες στη συσκευή μπορούν επίσης να φιλτραριστούν εκ των υστέρων, συνδέοντας την συσκευή με έναν υπολογιστή μέσω USB, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα οδήγησης Android Debug Bridge (ADB). Το συγκεκριμένο πρόγραμμα οδήγησης δημιουργήθηκε κυρίως για τον εντοπισμό σφαλμάτων, να επιτρέψει την εγκατάσταση ή απεγκατάσταση εφαρμογών, το διάβασμα διαμερισμάτων του συστήματος κ.λπ., παρόλο που η συσκευή έχει κλειδωθεί. Για να αποτραπεί η μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, το Android επαληθεύει οποιαδήποτε σύνδεση ADB χρησιμοποιώντας το κλειδί σύνδεσης RSA. Επίσης, το Android ζητά από τον χρήστη να επιτρέψει την πρόσβαση στη συσκευή μέσω σύνδεσης ADB στην οθόνη της συσκευής. Οπότε αν η συσκευή είναι κλειδωμένη, τότε ο εισβολέας δεν θα μπορεί να έχει πρόσβαση στην συσκευή.

3.4.6 Θέματα Ασφαλείας στο Android

3.4.6.1 Πρόβλημα Ενημέρωσης

Το Android Open Source Project (AOSP) αναβαθμίζει και διατηρεί τον πηγαίο κώδικα Android. Ωστόσο, η διάθεση νέων εκδόσεων/ενημερώσεων στους τελικούς χρήστες παραμένει ευθύνη των κατασκευαστών αρχικού εξοπλισμού (Original Equipment Manufacturers - OEM). Οι μεμονωμένοι Κατασκευαστές Αρχικού Εξοπλισμού διανέμουν μια νεότερη έκδοση του Android και την προσαρμόζουν ανάλογα. Η διαδικασία ενημέρωσης διαρκεί μήνες πριν η έκδοση φτάσει στους τελικούς χρήστες. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό ως πρόβλημα κατακερματισμού, όπου διαφορετικές εκδόσεις του Android παραμένουν διάσπαρτες στους καταναλωτές.

Οι ενημερώσεις για το λειτουργικό σύστημα Android είναι φαινομενικά συχνές σε σύγκριση με τους υπολογιστές. Η αναβάθμιση νέας έκδοσης "Over The Air" (OTA) αλλάζει σημαντικά την υπάρχουσα έκδοση προσθέτοντας και τροποποιώντας μεγάλο αριθμό αρχείων σε όλη την πλατφόρμα Android, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των υφιστάμενων δεδομένων και εφαρμογών του χρήστη. Η ενημέρωση νέας έκδοσης διευκολύνεται μέσω μιας υπηρεσίας που ονομάζεται Σύστημα Διαχείρισης Πακέτων (Package Management System - PMS). Το πρόβλημα με αυτό το σύστημα είναι ότι μπορεί να εμφανιστούν προβλήματα εξαιτίας κακόβουλων λογισμικών μέσω των αναβαθμίσεων που γίνονται.

3.4.6.2 Τύποι απειλών

Παρόλο που το Android δεσμεύεται να παρέχει ένα ασφαλές λειτουργικό σύστημα για τα smartphones, ωστόσο είναι επιρρεπές σε επιθέσεις τύπου «κοινωνικής μηχανικής» (social-engineering). Στη συνέχεια, παρατίθεται μια σειρά από κακόβουλες δραστηριότητες που έχουν εντοπιστεί σε Android συστήματα.

A) Επιθέσεις που στοχεύουν σε τρωτά σημεία του πυρήνα ώστε να αποκτηθεί πρόσβαση στο root της συσκευής. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί μέσω της εκμετάλλευσης των ευπαθών σημείων μιας εφαρμογής στην οποία έχουν χορηγηθεί επικίνδυνες άδειες.

B) Διαρροή απορρήτου ή κλοπή προσωπικών πληροφοριών. Κάτι τέτοιο συμβαίνει όταν οι χρήστες παραχωρούν επικίνδυνες άδειες σε κακόβουλες εφαρμογές που διαβάζουν ευαίσθητα δεδομένα και τα φιλτράρουν χωρίς γνώση ή την συγκατάθεση των χρηστών.

Γ) Κατασκοπεία του χρήστη μέσω παρακολούθησης κλήσεων, μηνυμάτων, τραπεζικών συναλλαγών, εγγραφής ήχου και βίντεο χωρίς τη γνώση ή την συγκατάθεσή του.

Δ) Χρήση κακόβουλων εφαρμογών προκειμένου να αποσπαστούν χρήματα μέσω πραγματοποίησης κλήσεων ή αποστολής μηνυμάτων σε αριθμούς υψηλής χρέωσης, χωρίς τη γνώση ή την συγκατάθεση των χρηστών.

Ε) Εξαναγκασμός της smartphone συσκευής ώστε να λειτουργεί ως Bot και απομακρυσμένος έλεγχός της μέσω διακομιστή, αποστέλλοντας εντολές εκτέλεσης κακόβουλων ενεργειών.

ΣΤ) Επιθετικές διαφημιστικές καμπάνιες που στοχεύουν στην προσέλκυση του χρήστη έτσι ώστε να προχωρήσει στη λήψη κακόβουλων εφαρμογών.

Z) Επιθέσεις μέσω εγκατάστασης σε μια συσκευή ενός συνόλου εφαρμογών, που έχουν υπογραφεί με το ίδιο πιστοποιητικό. Με τον τρόπο αυτό, οι εφαρμογές αυτές στο σύνολό τους θα μπορούν να εκτελούν κακόβουλες δραστηριότητες, ενώ μεμονωμένα το πιθανότερο είναι να φαίνονται ως απολύτως φυσιολογικές.

H) Επιθέσεις που συμβαίνουν κατά τη φάση άρνησης παροχής υπηρεσίας (Denial of Service - DoS), η οποία συμβαίνει όταν εφαρμογές κάνουν έντονη χρήση στους ήδη περιορισμένους πόρων (π.χ. επεξεργαστή, μνήμη, μπαταρία, κ.λπ.), εμποδίζοντας τους χρήστες να χρησιμοποιούν τη συσκευή.

3.4.6.3 Κακόβουλα λογισμικά

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι κατηγορίες κακόβουλων λογισμικών που συναντώνται σε Android συστήματα.

- Trojan: Τα Trojans παρουσιάζονται να είναι «καλές και αθώες» εφαρμογές, ωστόσο εκτελούν επιβλαβείς δραστηριότητες χωρίς την συναίνεση των χρηστών. Τα Trojans μπορεί να διαρρεύσουν εμπιστευτικές πληροφορίες του χρήστη, ή μπορεί να τον ωθήσουν ώστε να παρέχει προσωπικές πληροφορίες (π.χ. κωδικοί πρόσβασης).
- Backdoor: Το Backdoor επιτρέπει την πρόσβαση στο σύστημα, παρακάμπτοντας τις όποιες διαδικασίες ασφαλείας, διευκολύνοντας έτσι την εγκατάσταση άλλων κακόβουλων εφαρμογών. Το Backdoor χρησιμοποιεί γενικά exploits επιπέδου root προκειμένου να αποκτήσει προνόμια τύπου superuser, κρυβόμενο από άλλες εφαρμογές ασφαλείας, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις προχωρά και στην απενεργοποίηση αυτών των εφαρμογών.

- **Worm:** Η εφαρμογή Worm δημιουργεί ακριβή ή παρόμοια αντίγραφα του εαυτού της και τα διανέμει μέσω του διαδικτύου, του δικτύου ή των αφαιρούμενων μέσων.
- **Botnet:** Αυτός ο τύπος εφαρμογών θέτει σε κίνδυνο τη συσκευή, μέσω της δημιουργίας ενός Bot, ώστε αυτή να ελέγχεται από έναν απομακρυσμένο διακομιστή. Το δίκτυο τέτοιων bots ονομάζεται Botnet. Οι εντολές που στέλνονται μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε επίθεση άρνησης εξυπηρέτησης (Denial of Service Attack). Το Bot μπορεί, επίσης, να στείλει εντολές για αυτόματη λήψη επιβλαβών payloads.
- **Spyware:** Το spyware συνιστά λογισμικό υποκλοπής το οποίο συνήθως παρουσιάζεται ως μια «καλή» λειτουργία, ωστόσο παρακολουθεί κρυφά τις επαφές, τα μηνύματα, την τοποθεσία και άλλες πληροφορίες του χρήστη με σκοπό την εκτέλεση παράνομων ενεργειών σε μεταγενέστερο χρόνο.
- **Επιθετικό Adware:** Το Android παρέχει υπηρεσίες αναγνώρισης της τοποθεσίας των χρηστών. Οι κακόβουλες εταιρείες διαφημίσεων λαμβάνουν τις πληροφορίες αυτές προκειμένου να βομβαρδίσουν τους χρήστες με εξατομικευμένες διαφημίσεις. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία συντομεύσεων στην αρχική οθόνη της smartphone συσκευής, στην προσθήκη σελιδοδεικτών, στην αλλαγή των προεπιλεγμένων ρυθμίσεων της μηχανής αναζήτησης και στην αποστολή περιττών ειδοποιήσεων κάτι που δυσκολεύει σε μεγάλο βαθμό τη χρήση της συσκευής από τον χρήστη.
- **Ransomware:** Ο συγκεκριμένος τύπος εφαρμογής κλειδώνει τη συσκευή και την καθιστά «άχρηστη» έως ότου πληρωθεί κάποιο ποσό μέσω διαδικτύου.

3.5 Ευχρηστία

Ο βαθμός ευχρηστίας ενός λογισμικού αποτελεί σημαντικό παράγοντα αξιολόγησης της ποιότητάς του. Κατά τη μέτρηση της ευχρηστίας, γίνεται προσπάθεια εκτίμησης της ελκυστικότητας, της κατανόησης και της καταλληλότητας του λογισμικού/εφαρμογής/συστήματος. Για να μετρήσουμε την ευχρηστία παρέχουμε έναν οδηγό εκμάθησης στους χρήστες και στη συνέχεια γίνεται αξιολόγηση των γνώσεων των χρηστών ώστε να καθοριστεί το επίπεδο κατανόησης της λειτουργικότητας (functionality), της λειτουργίας (operation) και της εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων. Επίσης, καλό θα είναι να αξιολογείται και ο χρόνος απόκρισης του χρήστη [15].

Ο όρος ευχρηστία αποδίδεται με διαφορετικούς τρόπους στη βιβλιογραφία. Γενικότερα, με τον όρο ευχρηστία εννοούμε το πόσο εύκολα κάποιος χρήστης μπορεί να μάθει να χρησιμοποιεί κάτι, είτε κάποιο αντικείμενο είτε κάποιο πρόγραμμα. Φυσικό είναι, λοιπόν, η μέτρηση της ευχρηστίας να παίζει καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα μιας εφαρμογής. Σύμφωνα με αυτό μπορεί να μετρηθεί το πόσο ελκυστική είναι μία εφαρμογή, εάν είναι κατάλληλη για χρήση και πόσο κατανοητή είναι στο χρήστη. Προκειμένου να μετρηθεί η ευχρηστία χρησιμοποιούμε έναν οδηγό αξιολόγησης. Για το λόγο αυτό θα πρέπει είτε να υπάρχει κάποιο πρόσωπο κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης είτε να γίνεται καταγραφή με κάποιο οπτικοακουστικό μέσο, ούτως ώστε ο επιβλέπων τη διαδικασία να καταγράφει την συμπεριφορά του ατόμου και να αξιολογεί τα δεδομένα που προκύπτουν.

Ενδεικτικά αναφέρουμε το μοντέλο αξιολόγησης ISO 25010, γνωστό ως “μοντέλο συστήματος ποιότητας και λογισμικού προκειμένου να έχουν αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα, ικανοποίηση αλλά και απαλλαγή κινδύνων για τον χρήστη”, όπου συμπεριλαμβάνονται τα παρακάτω χαρακτηριστικά: συντηρησιμότητα ή συντηρησιμότητα, αξιοπιστία, λειτουργικότητα και ευελιξία. Σύμφωνα με το πρότυπο ISO/IEC 9126, ως ευχρηστία ορίζεται “η ικανότητα του προϊόντος λογισμικού να κατανοείται, να μαθαίνεται, να χρησιμοποιείται και να είναι ελκυστικό για τον χρήστη

όταν χρησιμοποιείται υπό καθορισμένες συνθήκες". Το συγκεκριμένο πρότυπο καθορίζει και τα εξής χαρακτηριστικά ευχρηστίας: α) κατανόηση, β) λειτουργικότητα, γ) ελκυστικότητα και δ) προσαρμοστικότητα.

Η ικανότητα κατανόησης περιγράφει το πόσο εύκολο είναι για ένα χρήστη να μάθει να χρησιμοποιεί το λογισμικό. Για το λόγο αυτό το πρότυπο υπολογίζει το χρόνο που απαιτείται ώστε ο χρήστης να μάθει να εκτελεί μια εργασία, τον αριθμό των λειτουργιών που χρησιμοποιήθηκαν σωστά καθώς και τη χρησιμότητα της προσφερόμενης βοήθειας.

Από την άλλη, η λειτουργικότητα σχετίζεται με τη δυνατότητα ενός χρήστη να χρησιμοποιεί το λογισμικό για να πετύχει έναν συγκεκριμένο στόχο. Για να αξιολογηθεί η λειτουργικότητα απαιτείται η μέτρηση των εξής χαρακτηριστικών:

- Κατανόηση μηνυμάτων
- Διόρθωση σφαλμάτων
- Λειτουργικό σφάλμα ανάκτησης
- Χρόνος μεταξύ λειτουργίας ανθρώπινου σφάλματος
- Δυνατότητα αντικατάστασης
- Προσαρμοστικότητα
- Μείωση της διαδικασίας λειτουργίας
- Φυσική προσβασιμότητα

Η ελκυστικότητα αφορά την καλαισθησία του λογισμικού. Συνεπώς, η ελκυστικότητα μπορεί να χαρακτηριστεί ως το πλέον υποκειμενικό χαρακτηριστικό ευχρηστίας. Το πρότυπο ISO/IEC 9126 προκειμένου να μετρήσει την ελκυστικότητα ενός λογισμικού/εφαρμογής/συστήματος παρέχει στους χρήστες ένα ερωτηματολόγιο μέσω του οποίου αξιολογείται η διεπαφή (interface) με βάση ορισμένα κριτήρια, με την ανατροφοδότηση να βοηθά στη βελτίωση της εμφάνισης του λογισμικού.

Τέλος, η προσαρμοστικότητα μετρά το πόσο καλά μπορεί το λογισμικό να συμμορφωθεί σε εξωτερικούς και εσωτερικούς κανόνες ευχρηστίας. Προκειμένου να αξιολογηθεί το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, οι προγραμματιστές δημιουργούν έναν κατάλογο με τα απαιτούμενα πρότυπα/συμβάσεις/οδηγούς στυλ και κανονισμούς, επαληθεύοντας έτσι ποια πρότυπα πληρούνται.

Όσα αναφέραμε παραπάνω δείχνουν ξεκάθαρα πως η αξιολόγηση της ευχρηστίας συνιστά μια ιδιαίτερα χρονοβόρα, απαιτητική και συνεπώς δαπανηρή διαδικασία. Παρά το υψηλό κόστος, υπάρχει ο κίνδυνος να μην εντοπιστούν συγκεκριμένα ελαττώματα που έχουν να κάνουν με τον σχεδιασμό της εφαρμογής. Η μείωση του κόστους είναι δύσκολο να γίνει γιατί καθένα από τα βήματα που περιγράψαμε είναι απαραίτητο μιας και εντοπίζει συγκεκριμένα προβλήματα. Επίσης, ο καθορισμός αντικειμενικών προδιαγραφών για όλες τις παραπάνω μετρήσεις οδηγεί στην αύξηση του απαιτούμενου χρόνου για τον προσδιορισμό των απαιτήσεων.

Κεφάλαιο 4: Ανάλυση Μεθοδολογίας Αξιολόγησης

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε εξέταση και μελέτη των ακόλουθων τεσσάρων παραγόντων ποιότητας:

- Κατανάλωση ενέργειας
- Συντηρησιμότητα
- Ασφάλεια
- Ευχρηστία

Στη συνέχεια, περιγράφεται η μεθοδολογία λήψης των μετρικών για καθέναν από τους τέσσερις εξεταζόμενους παράγοντες ποιότητας. Επιπλέον, γίνεται παρουσίαση και περιγραφή των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν για τη λήψη των μετρικών αυτών καθώς και μιας σειράς δευτερευόντων βοηθητικών εργαλείων και τεχνολογιών.

4.1 Προετοιμασία των Εφαρμογών Προς Ανάλυση

Η λήψη κάθε εφαρμογής που μελετήθηκε έγινε από το επίσημο market της Google, γνωστό ως Play store. Όταν ένα χρήστης «κατεβάζει» μία εφαρμογή από το Play store, τότε αυτή εγκαθίσταται απευθείας στην συσκευή του, με το χρήστη να μην έχει καμία επαφή με το .apk της εφαρμογής. Η εγκατάσταση γίνεται αυτόματα χωρίς την παρέμβαση του χρήστη κάτι που θα γινόταν στην περίπτωση των Windows. Συνεπώς, για να έχουμε στην διάθεση μας τα .apk των εφαρμογών χρησιμοποιήσαμε μία διαδικτυακή εφαρμογή που ονομάζεται Evozi <https://apps.evozi.com/apk-downloader>. Η λειτουργία του συγκεκριμένου εργαλείου είναι αρκετά απλή, με την κάθε εφαρμογή στο Play Store να διαθέτει ένα μοναδικό id. Το μόνο που έχει να κάνει ο χρήστης είναι να αντιγράψει αυτό το id και να επικολλήσει στο πλαίσιο που υπάρχει στο περιβάλλον του Evozi.

Από την στιγμή που γίνει λήψη του .apk, πρέπει να το «ξεπακετάρουμε». Αυτό γίνεται με τη μέθοδο της αντίστροφης μηχανικής (reverse engineering). Για την συγκεκριμένη διαδικασία χρησιμοποιείται ένα .apk decompiler που καλείται Jadx, το οποίο επιτρέπει να γίνει decompile της εφαρμογής ως gradle project, έτσι ώστε να μπορέσουμε να την εισάγουμε με ευκολία στο Android Studio.

Το τελευταίο βήμα που πρέπει να γίνει έτσι ώστε να ολοκληρωθεί η προετοιμασία της εφαρμογής προς ανάλυση είναι να γίνει λήψη συγκεκριμένων στοιχείων από το Play Store. Τα στοιχεία αυτά θα βοηθήσουν στην αξιολόγηση του παράγοντα της ασφάλειας της εφαρμογής. Η λήψη των στοιχείων αυτών γίνεται από ένα εργαλείο που ονομάζεται Google Play Scraper. Αφού ολοκληρωθούν τα προηγούμενα τότε μπορεί να ξεκινήσει η αξιολόγηση καθενός από τους παράγοντες ποιότητας.

4.2 Αξιολόγηση του Παράγοντα «Κατανάλωση Ενέργειας»

Για την αξιολόγηση της κατανάλωσης ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα εργαλείο με την ονομασία PowerTutor. Το PowerTutor είναι μία εφαρμογή η οποία παρέχεται δωρεάν και έχει κατασκευαστεί από το πανεπιστήμιο του Michigan, επιτρέποντας την παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας εφαρμογών που τρέχουν παράλληλα στο σύστημα. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μελέτης έχουμε τις εξής δύο καταστάσεις λειτουργίας της εφαρμογής:

- Λειτουργία παρασκηνίου (background).
- Λειτουργία προσκηνίου (foreground).

Έτσι, μέσω της λήψης μετρήσεων αναφορικά με την κατανάλωση ενέργεια της εφαρμογής είμαστε σε θέση να αποφασίσουμε αν το επίπεδο κατανάλωσης είναι υψηλό, αποδεκτό ή χαμηλό.

4.3 Αξιολόγηση του Παράγοντα «Συντηρησιμότητα»

Για την αξιολόγηση του παράγοντα της συντηρησιμότητας γίνεται χρήση του Android Studio και ενός πρόσθετου που καλείται MetricsReloaded και παρέχεται δωρεάν από την εταιρεία JetBrains. Αφού γίνει εισαγωγή του project στο Android Studio γίνεται μία σειρά από μετρήσεις με τη χρήση του MetricsReloaded, κι έπειτα τα δεδομένα αναλύονται και αξιολογούνται με σκοπό της εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με την συντηρησιμότητα της εφαρμογής.

4.4 Αξιολόγηση του Παράγοντα «Ασφάλεια»

Η ανάλυση της ασφάλειας βασίζεται στην αξιολόγηση των δικαιωμάτων που παρέχει ο χρήστης σε μία εφαρμογή, στον αριθμό λήψεων της εφαρμογής (downloads) και στην βαθμολογία των χρηστών (rating). Η διαδικασία που εκτελείται για τη εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ασφάλεια είναι αρκετά απλή. Αρχικά, αφού έχουμε το αρχείο .apk αποσυναρμολογημένο, έχουμε πρόσβαση και στο αρχείο AndroidManifest.xml, στο οποίο βρίσκονται όλα τα δικαιώματα που πρέπει να παρέχει ο χρήστης στην εφαρμογή κατά την εγκατάσταση. Τα δικαιώματα αυτά, σε συνδυασμό με τα στοιχεία που κατεβάζουμε από το Google Play Scraper, μπαίνουν ως είσοδος στο πρόγραμμα έτσι ώστε να υπολογιστεί ο βαθμός ασφαλείας της εφαρμογής. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν μας ενημερώνουν σχετικά με την ασφάλεια στις ακόλουθες τέσσερις περιπτώσεις:

- A) Όταν μεγαλύτερη βαρύτητα έχει ο κίνδυνος χρέωσης του χρήστη.
- B) Όταν μεγαλύτερη βαρύτητα έχει ο κίνδυνος υποκλοπής προσωπικών δεδομένων του χρήστη.
- Γ) Όταν μεγαλύτερη βαρύτητα έχει ο κίνδυνος πρόσβασης στους αισθητήρες και τις λειτουργίες της συσκευής και

Δ(Όταν οι τρεις παραπάνω παράγοντες έχουν την ίδια βαρύτητα.

4.5 Αξιολόγηση του Παράγοντα «Ευχρηστία»

Ως μια αποδοτική προσέγγιση σχετικά με την αξιολόγηση της ευχρηστίας στις Android εφαρμογές βασίζεται στους εξής δύο παράγοντες: α) ένα ερωτηματολόγιο και β) την καταγραφή της λειτουργίας της εφαρμογής (logging) που εντάσσεται στην προσέγγιση της διερεύνησης της ευχρηστίας [12].

Πιο συγκεκριμένα:

A) Ερωτηματολόγιο: Στη μέθοδο αυτή θέτουμε μια ερώτηση στο χρήστη προκειμένου να συλλέξουμε πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή. Η μέθοδος αυτή διακρίνεται από μικρό κόστος. Σύμφωνα με αυτό το σύνολο των ερωτήσεων αποφασίζουμε το επίπεδο ευχρηστίας του λογισμικού.

B) Καταγραφή (logging): Με τη μέθοδο της καταγραφής γίνεται, με αυτόματο τρόπο, συγκέντρωση όλων των στατιστικών στοιχείων αναφορικά με τον χρήστη και την αλληλεπίδραση του με την εφαρμογή. Επιπλέον, η μέθοδος αυτή καταγράφει με λεπτομέρεια τη χρήση του συστήματος, παρέχοντας έτσι την πραγματική του χρήση. Η μέθοδος της καταγραφής περιέχει ένα αρχείο καταγραφής στο οποίο αποτυπώνονται όλα τα δεδομένα για κάθε συμβάν που σχετίζεται με κάθε διεπαφή χρήστη. Συνήθως, ένα τέτοιο αρχείο περιλαμβάνει στατιστικά στοιχεία σχετικά με τη συχνότητα με την οποία ο κάθε χρήστης έχει χρησιμοποιήσει κάθε δυνατότητα στο πρόγραμμα και την συχνότητα με την οποία έχουν συμβεί διάφορα σημαντικά γεγονότα (π.χ. μηνύματα λάθους).

Κεφάλαιο 5: Χρησιμοποιηθέντα Εργαλεία και Τεχνολογίες

5.1 Κατανάλωση Ενέργειας

5.1.1 TREPΝ

Το Trepn, το οποίο διατίθεται δωρεάν (<https://el.softmedal.com/trepn-profiler-apk/>), είναι μια εφαρμογή προφίλ που αποκαλύπτει το προφίλ των έξυπνων συσκευών και επιτρέπει στους χρήστες να λαμβάνουν σημαντικές πληροφορίες για τις συσκευές τους. Χάρη στην εφαρμογή αυτή, η οποία αναπτύχθηκε από την Qualcomm, δύναται να δημιουργηθεί προφίλ σε smartphones ή/και tablets με λειτουργικό σύστημα Android, αποκαλύπτοντας σημαντικές και χρήσιμες πληροφορίες.

Στην αγορά υπάρχουν πολλές εφαρμογές που σαρώνουν τα στοιχεία των συσκευών Android και παρουσιάζουν έναν πίνακα επιδόσεων. Το Trepn Profiler, το οποίο ανήκει στην εταιρεία Qualcomm, εμφανίστηκε ως εφαρμογή προφίλ ισχύος και απόδοσης για κινητές συσκευές. Περιλαμβάνει εξαιρετικές δυνατότητες για να μπορεί να δει κάποιος την απόδοση του πυρήνα της συσκευής του σε πραγματικό χρόνο, καθώς και την επίδραση των εφαρμογών στην κατανάλωση της μπαταρίας. Τα έξι προεπιλεγμένα προφίλ του περιλαμβάνουν πληροφορίες συχνότητας της CPU, εντοπισμό δεδομένων κινητής τηλεφωνίας, γράφημα απόδοσης, παρακολούθηση χρήσης της CPU, πληροφορίες φορτίου της CPU και τις δραστηριότητες του δικτύου. Επιπλέον, εάν η συσκευή διαθέτει επεξεργαστή Snapdragon, τότε μπορεί να γίνει έλεγχος των δεδομένων από 33 διαφορετικά σημεία. Όσον αφορά την κατανάλωση μπαταρίας, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να δουν την μπαταρία τους σε watt ή amp [16].

Βασικά χαρακτηριστικά του Trepn είναι τα ακόλουθα:

- Έξι, συνολικά, προεπιλεγμένα προφίλ.
- Εργασία σε συσκευές με επεξεργαστές Snapdragon, Exynos, MediaTek και Tegra.
- Προβολή βασικής απόδοσης σε πραγματικό χρόνο.
- Δραστηριότητες χρήσης δικτύου.
- Μη αυτόματη επιλογή σημείων δεδομένων και αποθήκευση για μεταγενέστερη ανάλυση.
- Μη εμφάνιση της ισχύς της μπαταρίας.

Υπάρχουν ορισμένες προηγμένες λειτουργίες στην εφαρμογή Trepn Profiler. Κύρια, μεταξύ αυτών, λειτουργία είναι η ανάλυση δεδομένων εκτός σύνδεσης και η δυνατότητα περιήγησης προφίλ σε πολλά παράθυρα από μία μόνο οθόνη.

Ειδικά, το CPU Usage Monitor είναι πολύ χρήσιμο στο Floating Mode, αφού εμφανίζει ένα παραθυράκι για κάθε έναν από τους πυρήνες του επεξεργαστή της συσκευής του χρήστη, επιτρέποντας να δει κάποιος πόσοι από τους πυρήνες, αλλά και σε τι ταχύτητες χρησιμοποιούνται από την κάθε εφαρμογή. Τα προεπιλεγμένα προφίλ, είναι στην ουσία, το Easy Mode του Trepn Profiler, αφού οι πιο έμπειροι χρήστες μπορούν να συνδυάσουν δεδομένα από περισσότερους από 30 δείκτες επιδόσεων, όπως η χρήση της CPU και της μνήμης, το State της οθόνης, ο χρονισμός του κάθε πυρήνα της CPU και της GPU. Επομένως, αν κάποιος έχει ενδοιασμούς για μερικές από τις εφαρμογές που χρησιμοποιεί, ή αν κάποιος δημιουργεί τις δικές του εφαρμογές και επιθυμεί να έχει έναν τρόπο να βλέπει πόσους πόρους καταναλώνει η κάθε εφαρμογή από τη συσκευή του, τότε το Trepn Profiler αποτελεί ένα από τα πιο δυνατά εργαλεία καταγραφής πόρων που μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει.

5.2. Εργαλεία Συντηρησιμότητας

5.2.1. SonarQube

Για την λήψη μετρήσεων σχετικά με την συντηρησιμότητα των εφαρμογών χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο - λογισμικό SonarQube. Το SonarQube είναι μια πλατφόρμα διαχείρισης ανοικτού κώδικα, η οποία είναι αφιερωμένη στη συνεχή ανάλυση και μέτρηση των τεχνικών ποιότητας [13].

Η πλατφόρμα SonarQube αποτελείται από τα εξής τέσσερα στοιχεία:

1) Τον SonarQube Server οποίος εκκινεί τρεις διαδικασίες. Πιο συγκεκριμένα:

α) Έναν διακομιστή Web για προγραμματιστές και διαχειριστές για να περιηγηθούν στο SonarQube.

β) Έναν διακομιστή αναζήτησης που βασίζεται στο Elasticsearch για την αναζήτηση από το UI.

γ) Έναν διακομιστή Compute Engine που είναι υπεύθυνος για την επεξεργασία των αναφορών ανάλυσης κώδικα και την αποθήκευση τους στη βάση δεδομένων του SonarQube.

2) Μια βάση δεδομένων για το SonarQube για την αποθήκευση των ρυθμίσεων του εργαλείου αλλά και των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις αναλύσεις.

3) Plugins του SonarQube εγκατεστημένα στον διακομιστή, όπου πιθανόν να συμπεριλαμβάνει και γλώσσες των εφαρμογών, ολοκλήρωση (integration), έλεγχο ταυτότητας και plugin διαχείρισης.

4) SonarQube Scanners που εκτελούνται για την ανάλυση των έργων.

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν το SonarQube 7 και το Sonar Runner 3.1.0, ενώ ως λειτουργικό σύστημα είχαμε τα Microsoft Windows 10.

5.2.2. MetricsReloaded

Το MetricsReloaded είναι ένα δωρεάν εργαλείο της JetBrains το οποίο επιτρέπει την λήψη μετρήσεων σχετικά με τη συντηρησιμότητα των εφαρμογών. Το MetricsReloaded παρέχει αυτοματοποιημένες μετρήσεις πηγαίου κώδικα για τα IDEs IntelliJ IDEA και IntelliJ Platform. Επίσης, προσφέρει μετρήσεις γραμμών κώδικα και αριθμού αρχείων για όλες τις γλώσσες που υποστηρίζονται από το IDE σας και πολλές ακόμη μετρήσεις για τη Java.

5.3. Εργαλεία Ασφάλειας

Για τον καθορισμό του βαθμού ασφάλειας της κάθε εφαρμογής (σύνολο 30 εφαρμογών) έγινε αξιοποίηση ενός αξιόλογου εργαλείου που δημιουργήθηκε από τον Σαββίδη [10], το οποίο και αποσκοπεί στην αξιολόγηση της ασφάλειας εφαρμογών Android, λαμβάνοντας υπόψη τα δικαιώματα που ζητάει η εφαρμογή, των αριθμό των λήψεων καθώς και τη βαθμολογία των χρηστών. Αν θα θέλαμε να δώσουμε μία γενικότερη περιγραφή της λειτουργίας της εφαρμογής θα λέγαμε ότι το εν λόγω εργαλείο - εφαρμογή δουλεύει ως εξής:

A) Διαβάζει από το AndroidManifest.xml τα δικαιώματα που ζητάει η εφαρμογή.

B) Η εφαρμογή διαβάζει το σύνολο των δικαιωμάτων που παρέχονται από την Google.

Γ) Βρίσκει ποια από τα δικαιώματα της εφαρμογής ταιριάζουν με αυτά της Google και αποθηκεύει τον βαθμό επικινδυνότητας τους.

Δ) Υπολογίζει το Global Threat Score (σ) και

E) Εφαρμόζει αξιολόγηση πολλαπλών κριτηρίων συνδυάζοντας το σ , τα downloads και τα ratings.

5.4. Εργαλεία Ευχρηστίας

5.4.1. Το εργαλείο Morae

Το εργαλείο Morae (<http://www.techsmith.com/>) της εταιρείας Techsmith αποτελεί, ίσως, το πιο διαδεδομένο εργαλείο ανάλυσης ευχρηστίας που υπάρχει στις μέρες μας. Το εργαλείο περιλαμβάνει τρία επιμέρους υποσυστήματα. Πιο συγκεκριμένα, έχουμε τα εξής: α) το Recorder που είναι υπεύθυνο για την καταγραφή της συμπεριφοράς των χρηστών σε μελέτες αξιολόγησης, β) το Observer που είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση και επισημείωση δεδομένων παρατήρησης σε πραγματικό χρόνο και γ) το υποσύστημα Manager που αποτελεί το εργαλείο ανάλυσης των δεδομένων παρατήρησης.

Κεφάλαιο 6: Μεθοδολογία της Έρευνας

6.1 Σκοπός της Έρευνας

Με την παρούσα εργασία στοχεύουμε στη διερεύνηση των εξής τεσσάρων παραγόντων ποιότητας: α) κατανάλωση ενέργειας, β) συντηρησιμότητα, γ) ασφάλεια και δ) ευχρηστία για 30 Android εφαρμογές.

6.2 Ερευνητικά Ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν στο πλαίσιο της έρευνας ήταν τα εξής:

Ερευνητικό Ερώτημα 1: Ποιες εφαρμογές εμφανίζουν μεγαλύτερο πλήθος σφαλμάτων και ποιες διακρίνονται από μεγαλύτερη ανάγκη συντηρησιμότητας;

Ερευνητικό Ερώτημα 2: Ποιες εφαρμογές καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια τόσο σε επίπεδο foreground όσο και σε επίπεδο background;

Ερευνητικό Ερώτημα 3: Ποιος ο βαθμός ασφάλειας των 30 Android εφαρμογών;

Ερευνητικό Ερώτημα 4: Ποιο ο βαθμός ευχρηστίας των 30 Android εφαρμογών, αναφορικά με το χρόνο απόκρισης, το ποσοστό επιτυχίας, το πλήθος σφαλμάτων και το βαθμό ικανοποίησης των συμμετεχόντων; Υπάρχει κάποια διαφοροποίηση στις απαντήσεις ανάλογα με τα δημογραφικά τους στοιχεία (ηλικία, επίπεδο εκπαίδευσης);

6.3 Συλλογή και Ανάλυση των Δεδομένων

Η μέθοδος που επιλέχθηκε προκειμένου να συλλεχθούν τα δεδομένα ήταν μέσω ατομικής συνέντευξης, κατά τη διάρκεια των μετρήσεων στο εργαστήριο, όπου καταγράφηκαν για καθέναν από τους οκτώ συμμετέχοντες τα εξής: φύλο, ηλικία και επίπεδο εκπαίδευσης. Αυτό επέτρεψε να διερευνηθεί, σε επόμενη φάση, πιθανή σχέση μεταξύ των παραγόντων της ευχρηστίας (χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, αριθμός σφαλμάτων, βαθμός ικανοποίησης) με τα συγκεκριμένα δημογραφικά στοιχεία των συμμετεχόντων.

Η όλη διαδικασία διήρκεσε από 06/03/2023 έως 10/03/2023 και έλαβε χώρα στο εργαστήριο του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) του Πανεπιστημίου

Δυτικής Μακεδονίας. Στη συνέχεια, οι απαντήσεις των συμμετεχόντων καταγράφηκαν σε αρχείο υπολογιστικού φύλλου και κωδικοποιήθηκαν σύμφωνα με την κλίμακα απαντήσεων της κάθε ερώτησης. Στο επόμενο στάδιο, τα νέα κωδικοποιημένα, πλέον, δεδομένα εισήχθησαν για στατιστική ανάλυση στο δημοφιλές πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης IBM SPSS v.25.

Αρχικά, γίνεται παράθεση των δημογραφικών στοιχείων της έρευνας, ενώ ακολουθούν τα περιγραφικά στατιστικά (συχνότητα, ποσοστό) και οι έλεγχοι συσχέτισης - διαφοροποίησης (στατιστικά τεστ Mann – Whitney και Kruskal – Wallis). Ο βασικός λόγος που επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα στατιστικά τεστ είναι το γεγονός πως οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών δεν ακολουθούσαν την κανονική κατανομή, κάτι που είναι αρκετά σύνηθες σε μία έρευνα. Τα στατιστικά τεστ Mann – Whitney και Kruskal – Wallis ανήκουν στα μη παραμετρικά τεστ και εκτελούνται όταν τα δεδομένα μας και πιο συγκεκριμένα οι εξαρτημένες μεταβλητές, δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Μέσω αυτών των τεστ πραγματοποιείται έλεγχος διαφοροποιήσεων μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής και μιας ανεξάρτητης (η οποία είναι συνήθως μεταβλητή από τα δημογραφικά στοιχεία). Αν αυτή η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι διχοτομική (π.χ. φύλο) τότε εκτελούμε το Mann – Whitney, διαφορετικά εκτελείται το στατιστικό τεστ Kruskal – Wallis (π.χ. επίπεδο εκπαίδευσης).

Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα Αξιολόγησης των Εφαρμογών

Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζουμε τα αποτελέσματα από την έρευνα που διεξήγαμε πάνω στους διάφορους ελέγχους ποιότητας των εφαρμογών. Ειδικότερα, οι έλεγχοι αυτοί αφορούσαν τέσσερις διαφορετικούς παράγοντες ποιότητας: την συντηρησιμότητα, την ασφάλεια, την κατανάλωση ενέργειας και την ευχρηστία.

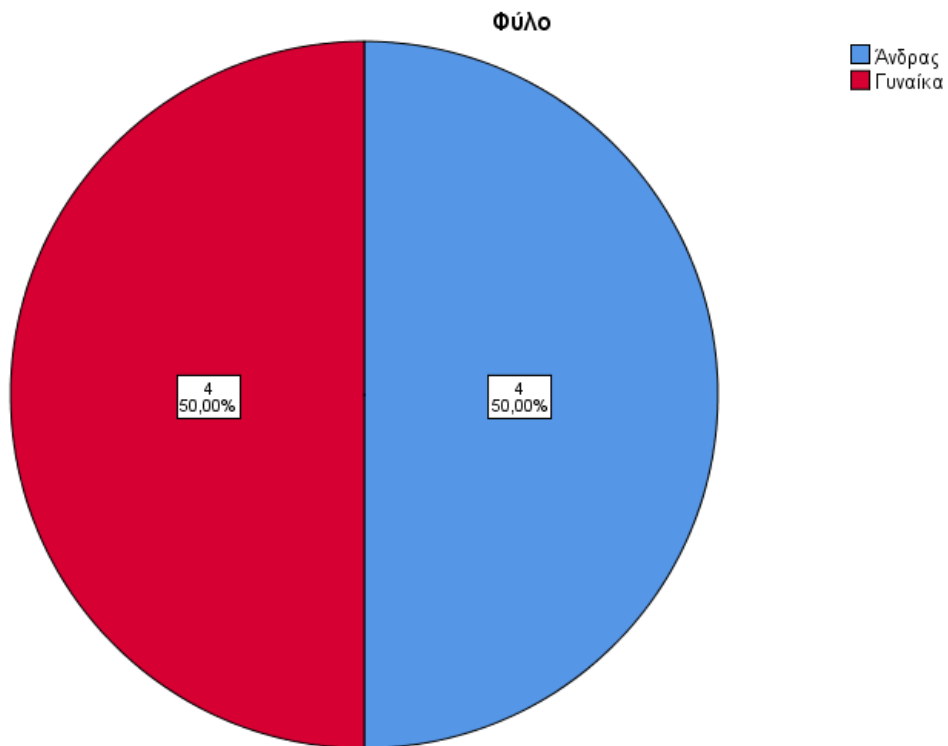
7.1 Συμμετέχοντες και Δημογραφικά Στοιχεία

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 1) παρουσιάζονται τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

Πίνακας 1: Δημογραφικά χαρακτηριστικά δείγματος (N = 8)

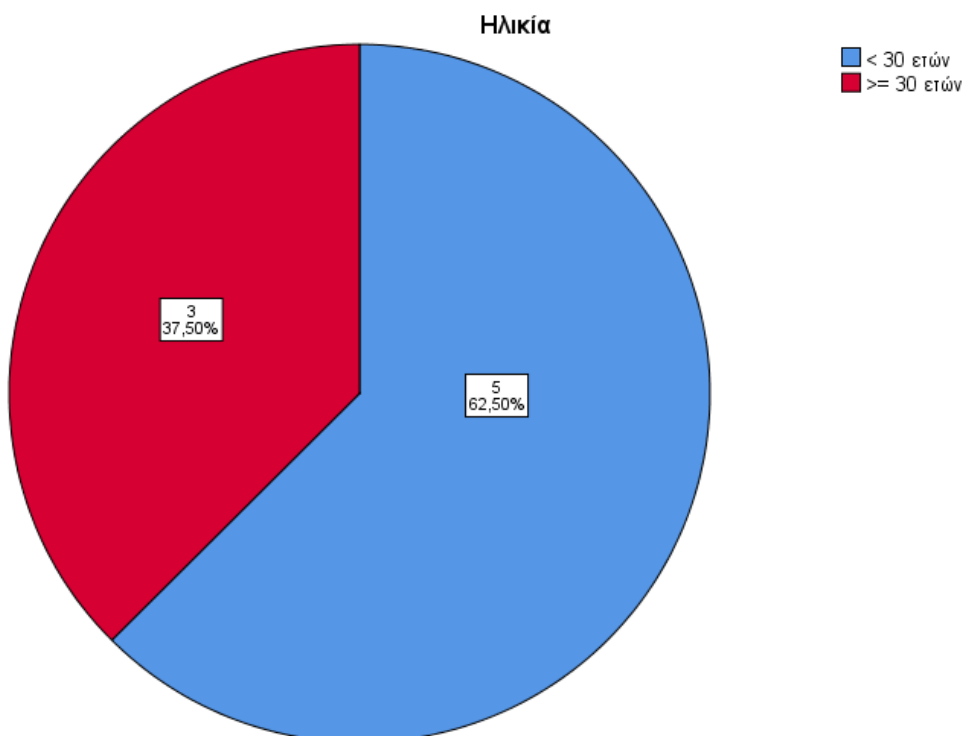
Μεταβλητή	Κλίμακα	Συχνότητα (N)	Ποσοστό (%)
Φύλο	Άνδρας	4	50,0
	Γυναίκα	4	50,0
Ηλικιακή ομάδα	Έως 30 ετών	5	62,5
	> 30 ετών	3	37,5
Επίπεδο εκπαίδευσης	Απόφοιτος Λυκείου	1	12,5
	Απόφοιτος ΤΕΙ	3	37,5
	Απόφοιτος ΑΕΙ	4	50,0

Σχετικά με το φύλο των συμμετεχόντων στην έρευνα, παρατηρούμε ισορροπία μεταξύ ανδρών και γυναικών (4) (50%) (Γράφημα 2).



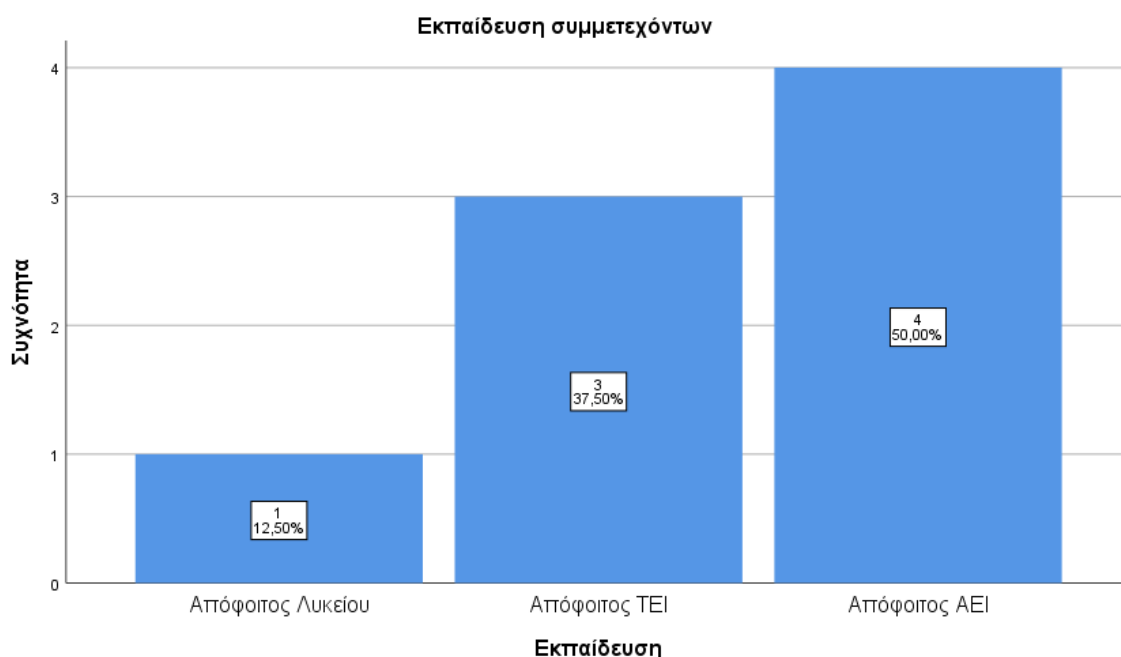
Γράφημα 2: Φύλο συμμετεχόντων

Αναφορικά με την ηλικία των συμμετεχόντων, οι περισσότεροι (5) ήταν ηλικίας έως 30 ετών (62,5%), ενώ οι υπόλοιποι ήταν άνω των 30 ετών (37,5%) (**Γράφημα 3**).



Γράφημα 3: Ηλικιακή ομάδα συμμετεχόντων

Αναφορικά με το επίπεδο εκπαίδευσης των συμμετεχόντων στην έρευνα, οι μισοί (4) ήταν απόφοιτοι ΑΕΙ (50%), 3 ήταν απόφοιτοι ΤΕΙ (37,5%) και ένας ήταν απόφοιτος Λυκείου (12,5%) (Γράφημα 4).



Γράφημα 4: Επίπεδο εκπαίδευσης συμμετεχόντων

7.2 Συντηρησιμότητα

Παρακάτω παρατηρούμε τα αποτελέσματά που λάβαμε μετά τον έλεγχο των εφαρμογών μέσω του λογισμικού **SonarQube**. Επισημαίνονται με πράσινο χρώμα οι τρεις χαμηλότερες τιμές και με κόκκινο χρώμα οι τρεις υψηλότερες τιμές τόσο για το πλήθος των σφαλμάτων όσο και για το δείκτη συντηρησιμότητας (Πίνακας 2).

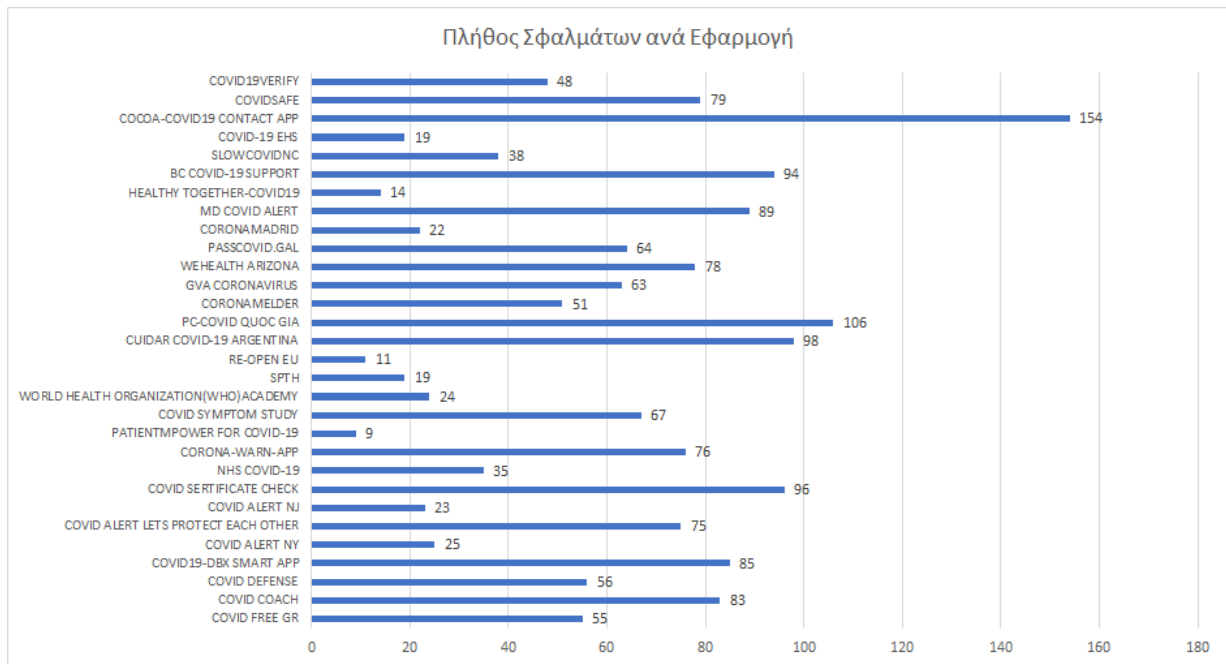
Πίνακας 2: Συντηρησιμότητα: bugs και maintainability

SonarQube Results		
Εφαρμογή	Πλήθος Σφαλμάτων (bugs)	Δείκτης Συντηρησιμότητας (maintainability)
COVID FREE GR	55	20
COVID COACH	83	41
COVID DEFENSE	56	78
COVID19-DBX SMART APP	85	97
COVID ALERT NY	25	50
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	75	88

COVID ALERT NJ	23	31
COVID CERTIFICATE CHECK	96	39
NHS COVID-19	35	89
CORONA-WARN-APP	76	27
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	9	16
COVID SYMPTOM STUDY	67	43
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	24	54
SPTH	19	64
RE-OPEN EU	11	34
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	98	148
PC-COVID QUOC GIA	106	157
CORONAMELDER	51	37
GVA CORONAVIRUS	63	84
WEHEALTH ARIZONA	78	147
PASSCOVID.GAL	64	59
CORONAMADRID	22	45
MD COVID ALERT	89	67
HEALTHY TOGETHER-COVID19	14	16
BC COVID-19 SUPPORT	94	18
SLOWCOVIDNC	38	21
COVID-19 EHS	19	5
COCOA-COVID19 CONTACT APP	154	183
COVIDSAFE	79	82
COVID19VERIFY	48	69
Μέσος Όρος	58,53	63,63

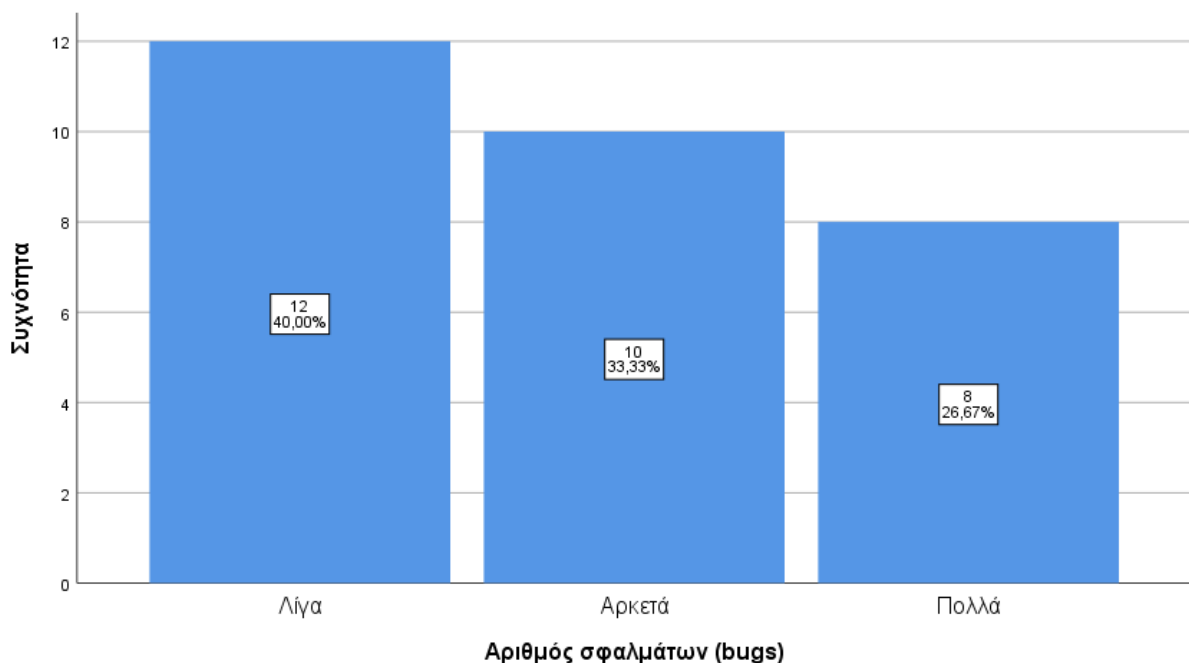
Με βάση την ανάλυση του λογισμικού SonarQube παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος των σφαλμάτων (bugs) για όλες τις εφαρμογές είναι 58,53 ενώ το αποτέλεσμα για τον δείκτη συντηρησιμότητας (maintainability) είναι 63,63.

Μικρότερο αριθμό σφαλμάτων εντοπίστηκε στις εφαρμογές: α) PATIENTMPOWER FOR COVID-19 (9), β) RE-OPEN EU (11) και γ) HEALTHY TOGETHER-COVID19 (14). Από την άλλη, περισσότερα σφάλματα εντοπίστηκαν στις εφαρμογές: α) COCOA-COVID19 CONTACT APP (154), β) PC-COVID QUOC GIA (106) και γ) CUIDAR COVID-19 ARGENTINA (98). Τα παραπάνω ευρήματα αποτυπώνονται στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 5):



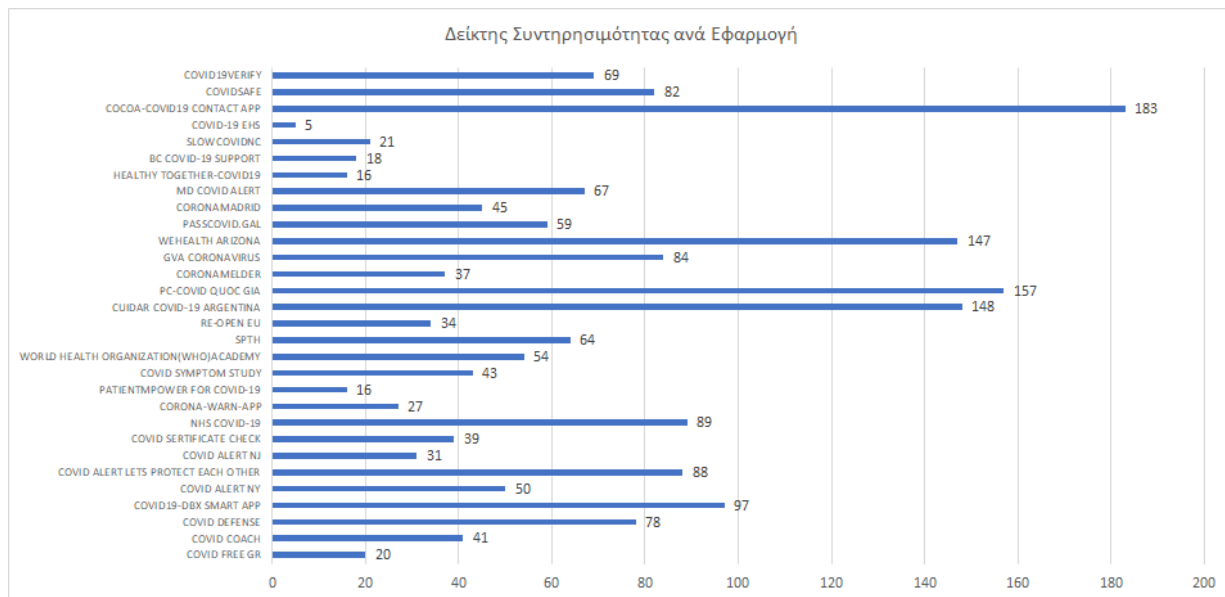
Γράφημα 5: Πλήθος Σφαλμάτων ανά Εφαρμογή

Αν κατηγοριοποιήσουμε το πλήθος των σφαλμάτων σε τρεις ομάδες (λιγότερα από 50, μεταξύ 50 και 80, περισσότερα από 80), τότε προκύπτει το ακόλουθο γράφημα (Γράφημα 6):



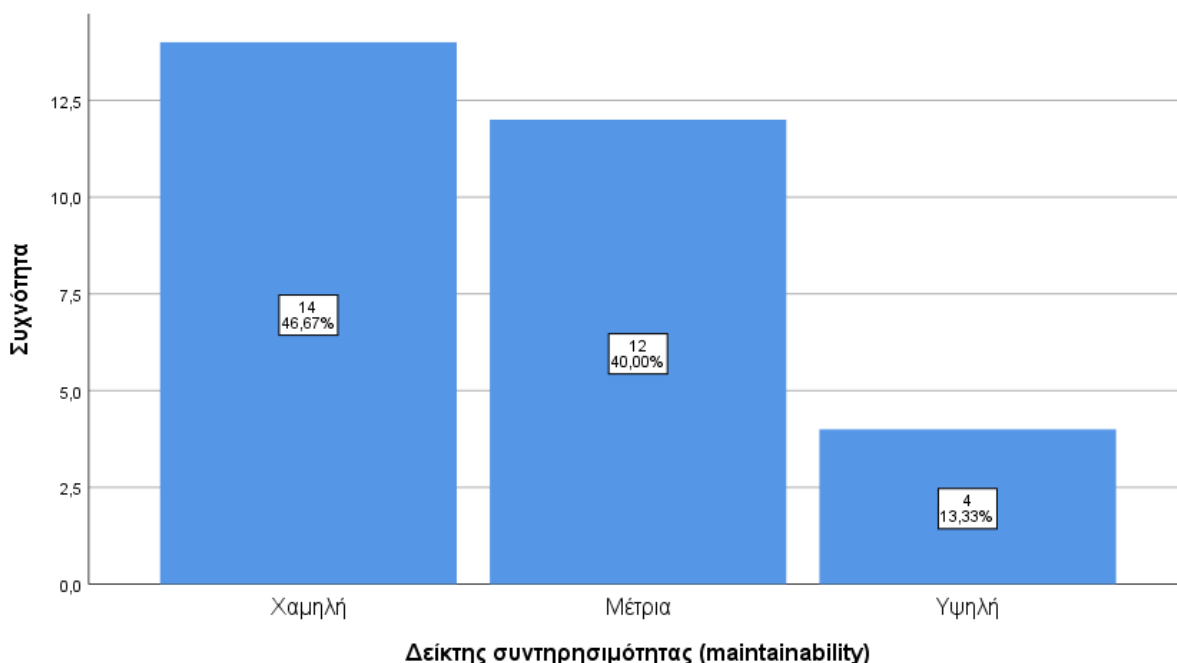
Γράφημα 6: Σφάλματα Εφαρμογών

Αναφορικά με τον δείκτη συντηρησιμότητας (maintainability), χαμηλότερη τιμή που υποδηλώνει μικρότερη ανάγκη για συντήρηση εντοπίστηκε στις εξής εφαρμογές: α) COVID-19 EHS (5), β) PATIENTMPOWER FOR COVID-19 (16) και γ) HEALTHY TOGETHER-COVID19 (16). Τα παραπάνω ευρήματα αποτυπώνονται στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 7):



Γράφημα 7: Δείκτης Συντηρησιμότητας ανά Εφαρμογή

Επίσης, αν κατηγοριοποιήσουμε την ανάγκη για συντηρησιμότητα (maintainability) σε τρεις ομάδες (μικρότερη από 50, μεταξύ 50 και 100, μεγαλύτερη από 100), τότε προκύπτει το ακόλουθο γράφημα (Γράφημα 8):



Γράφημα 8: Ανάγκη Συντηρησιμότητας Εφαρμογών

Από τα δεδομένα του πίνακα (Πίνακας 2) προκύπτει πως οι εφαρμογές που έχουν μικρότερο αριθμό σφαλμάτων έχουν και μικρότερο δείκτη – ανάγκη συντηρησιμότητας. Αντίστοιχα, οι εφαρμογές που έχουν υψηλότερο αριθμό σφαλμάτων έχουν και υψηλότερη τιμή για το δείκτη συντηρησιμότητας.

7.3 Κατανάλωση Ενέργειας

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα από την κατανάλωση ενέργειας των εφαρμογών. Η ενέργεια που καταναλώνουν οι εφαρμογές χωρίζεται σε δύο διαφορετικές καταστάσεις, στην πρώτη περίπτωση η εφαρμογή βρίσκεται σε πρώτο πλάνο, ενώ στη δεύτερη η εφαρμογή λειτουργεί στο παρασκήνιο (*Πίνακας 3*).

Πίνακας 3: Κατανάλωση ενέργειας: foreground και background

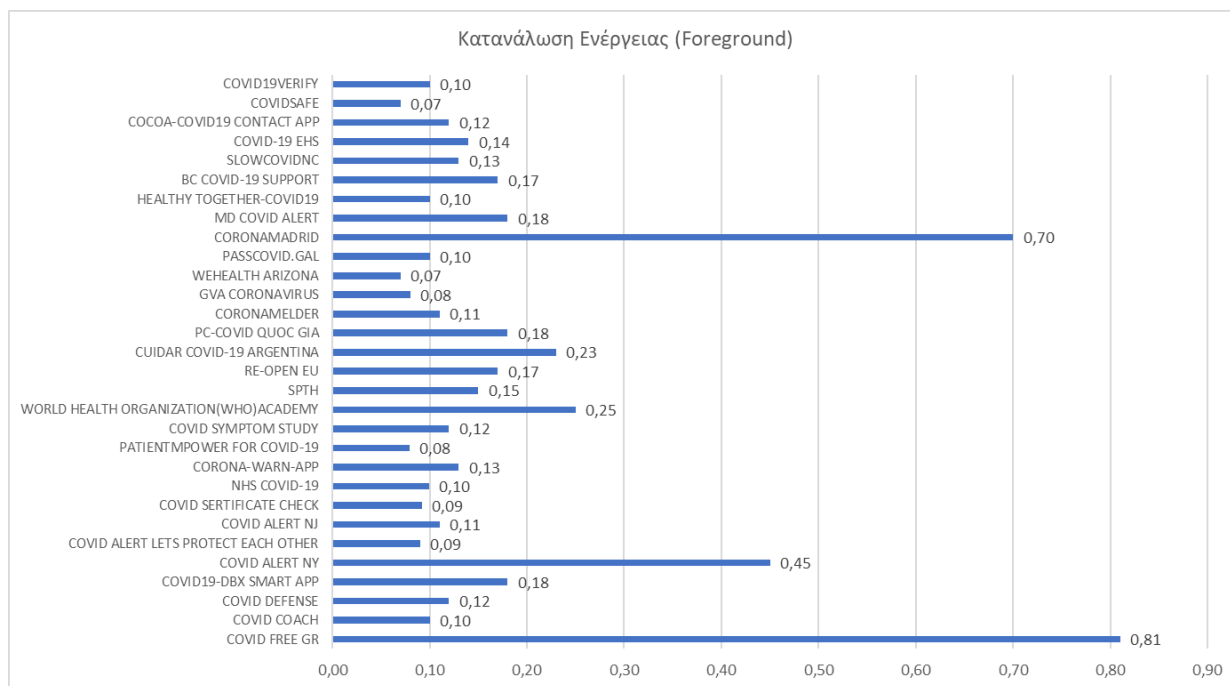
TREP Results		
Εφαρμογή	FOREGROUND	BACKGROUND
COVID FREE GR	0.81J	0.61mJ
COVID COACH	0.10J	0.55mJ
COVID DEFENSE	0.12J	0.57mJ
COVID19-DBX SMART APP	0.18J	0.49mJ
COVID ALERT NY	0.45J	0.90mJ
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	0.09J	0.41mJ
COVID ALERT NJ	0.11J	0.56mJ
COVID CERTIFICATE CHECK	0.092J	0.80mJ
NHS COVID-19	0.099J	0.85mJ
CORONA-WARN-APP	0.13J	0.92mJ
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	0.079J	0.65mJ
COVID SYMPTOM STUDY	0.12J	0.70mJ
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	0.25J	0.60mJ
SPTH	0.15J	0.93mJ
RE-OPEN EU	0.17J	0.95mJ
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	0.23J	0.77mJ
PC-COVID QUOC GIA	0.18J	0.83mJ
CORONAMELDER	0.11J	0.68mJ
GVA CORONAVIRUS	0.08J	0.55mJ
WEHEALTH ARIZONA	0.07J	0.43mJ
PASSCOVID.GAL	0.10J	0.53mJ

CORONAMADRID	0.70J	0.45mJ
MD COVID ALERT	0.18J	0.42mJ
HEALTHY TOGETHER-COVID19	0.10J	0.63mJ
BC COVID-19 SUPPORT	0.17J	1.06mJ
SLOWCOVIDNC	0.13J	0.71mJ
COVID-19 EHS	0.14J	0.57mJ
COCOA-COVID19 CONTACT APP	0.12J	0.52mJ
COVIDSAFE	0.07J	0.39mJ
COVID19VERIFY	0.10J	0.43mJ
Μέσος Όρος	0.18J	0.65mJ

Ο μέσος όρος κατανάλωσης ενέργειας των εφαρμογών υπολογίζεται στο 0.18J όταν οι εφαρμογές είναι σε FOREGROUND λειτουργία. Από την άλλη, σε BACKGROUND λειτουργία έχουν μέσο όρο κατανάλωσης ενέργειας 0,64mJ. Γενικότερα δεν παρατηρούμε μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των εφαρμογών στην κατάσταση background. Αυτό είναι λογικό να συμβαίνει αφού πλέον το λογισμικό αυτομάτως από την στιγμή που βρίσκεται στο παρασκήνιο η εφαρμογή, δαπανά λιγότερη ενεργεία στην εκάστοτε εφαρμογή παρασκηνίου από ότι σε εφαρμογές πρώτου πλάνου. Αντίθετα όταν οι εφαρμογές βρίσκονται σε κατάσταση foreground έχουμε μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ των τιμών. Το γεγονός αυτό συμβαίνει διότι κάποιες εφαρμογές προκειμένου να λειτουργήσουν χρειάζονται περισσότερους πόρους, όπως για παράδειγμα η εφαρμογή CORONAMADRID. Η συγκεκριμένη εφαρμογή για να λειτουργήσει χρειάζεται να κάνει χρήση των δεδομένων, του GPS και του Bluetooth της συσκευής. Το ίδιο συμβαίνει και με την εφαρμογή COVID ALERT NY όπου παρατηρούμε μια μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Όμως όλες οι τιμές ήταν στα εκτιμώμενα όρια, αν λάβουμε υπόψη την απαιτητικότητα σε πόρους που παρουσιάζουν αυτές οι εφαρμογές.

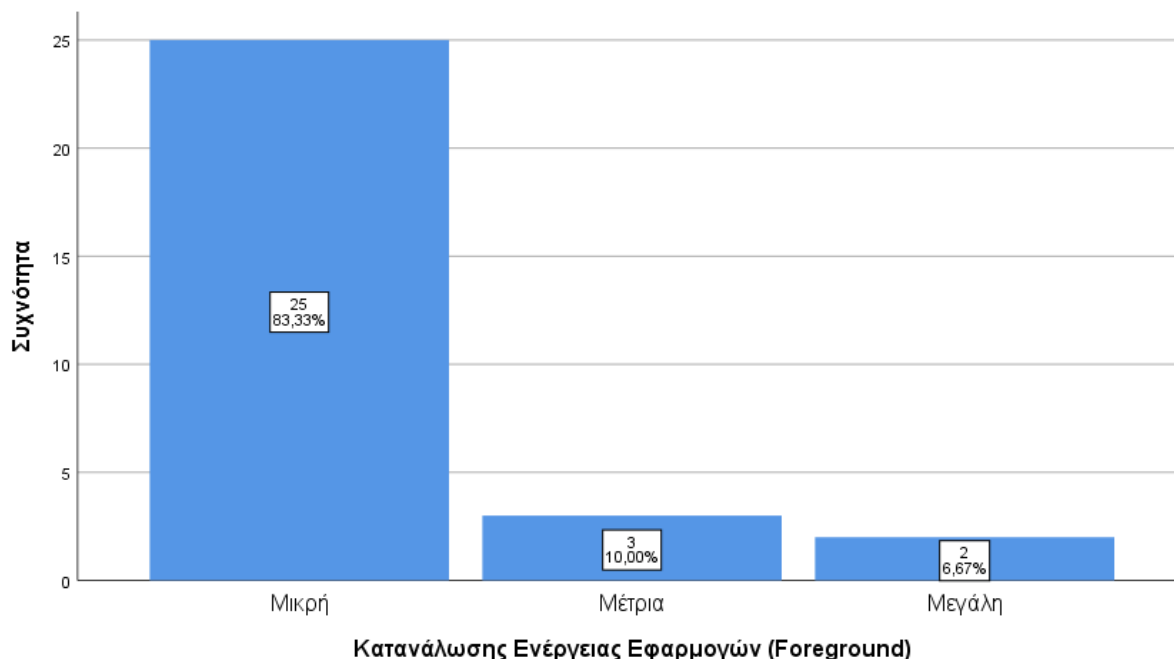
Αναφορικά με την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε λειτουργία FOREGROUND, αυτή εντοπίζεται για τις εξής εφαρμογές: α) WEHEALTH ARIZONA (0.07J), β) COVIDSAFE (0.07J) και γ) PATIENTMPOWER FOR COVID-19 (0.079J). Όσον αφορά τις υψηλότερες τιμές, αυτές εντοπίζονται στις εφαρμογές: α) COVID FREE GR (0.81J), β) CORONAMADRID (0.70J) και γ) COVID ALERT NY (0.45J).

Τα παραπάνω ευρήματα αποτυπώνονται στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 9):



Γράφημα 9: Κατανάλωση Ενέργειας ανά Εφαρμογή (Foreground)

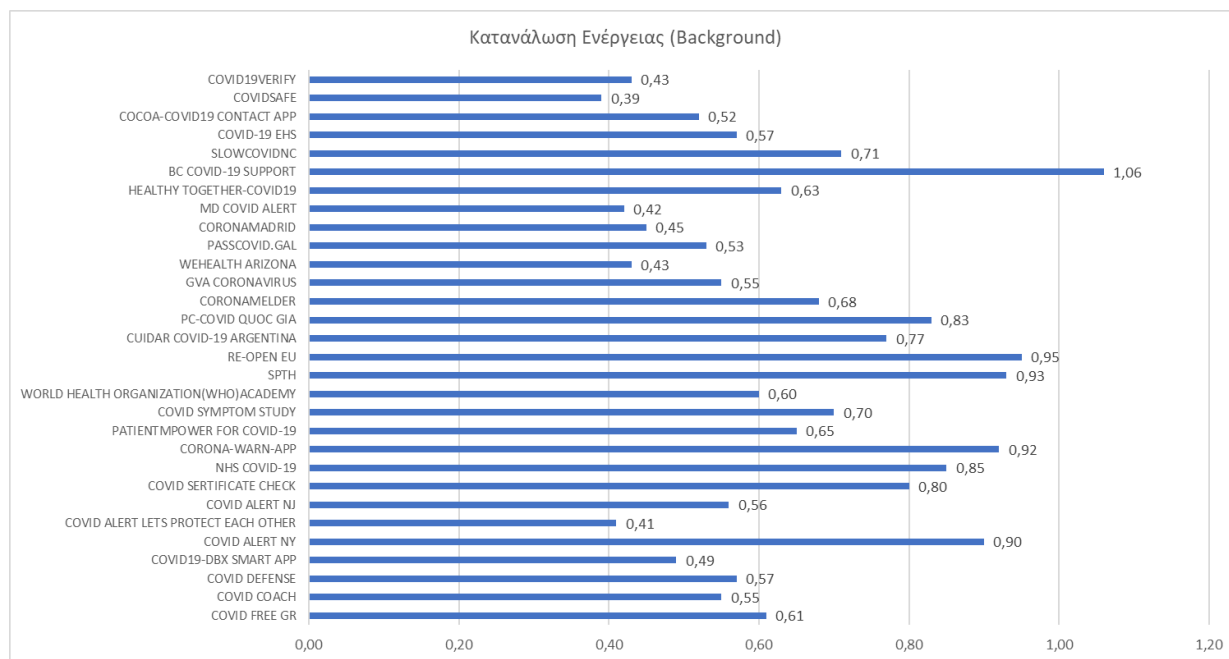
Επίσης, αν κατηγοριοποιήσουμε την κατανάλωση ενέργειας σε τρεις ομάδες (μικρότερη από 0.2J, μεταξύ 0.2J και 0.5J, μεγαλύτερη από 0.5J), τότε προκύπτει το ακόλουθο γράφημα (Γράφημα 10):



Γράφημα 10: Βαθμός Κατανάλωσης Ενέργειας Εφαρμογών (Foreground)

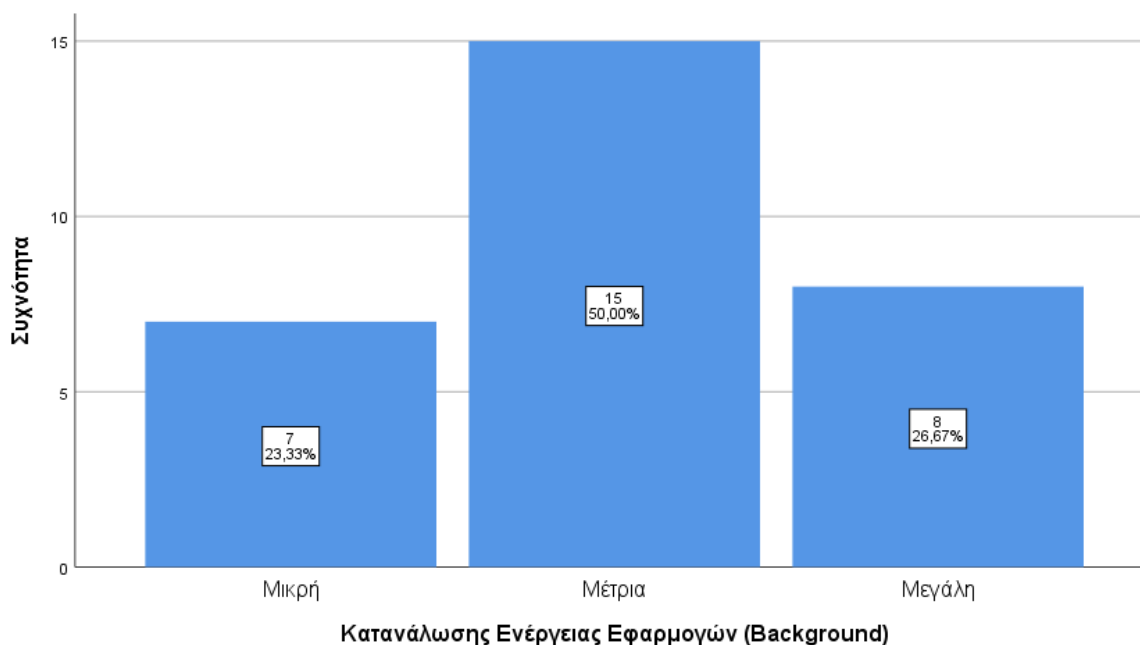
Αναφορικά με την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε λειτουργία BACKGROUND, αυτή εντοπίζεται για τις εξής εφαρμογές: α) COVIDSAFE (0.39mJ), β) COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER (0.41mJ) και γ) MD COVID ALERT (0.42mJ). Όσον αφορά τις υψηλότερες τιμές, αυτές εντοπίζονται στις εφαρμογές: α) BC COVID-19 SUPPORT (1.06mJ), β) RE-OPEN EU (0.95mJ) και γ) SPTH (0.93mJ).

Τα παραπάνω ευρήματα αποτυπώνονται στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 11):



Γράφημα 11: Κατανάλωση Ενέργειας ανά Εφαρμογή (Background)

Επίσης, αν κατηγοριοποιήσουμε την κατανάλωση ενέργειας σε τρεις ομάδες (μικρότερη από 0.5mJ, μεταξύ 0.5mJ και 0.8mJ, μεγαλύτερη από 0.8mJ), τότε προκύπτει το ακόλουθο γράφημα (Γράφημα 12):



Γράφημα 12: Βαθμός Κατανάλωσης Ενέργειας Εφαρμογών (Background)

7.4 Ασφάλεια

Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε τα αποτελέσματα από την πειραματική διαδικασία που πραγματοποιήθηκε σχετικά με την ασφάλεια. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (

Πίνακας 4):

Πίνακας 4: Ασφάλεια εφαρμογών

APPS NAME	Global Priority (Equal Weights)	Global Priority (Money)	Global Priority (Privacy)	Global Priority (System)
COVID FREE GR	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	DECEPTIVE
COVID COACH	TRUSTED	TRUSTED	DECEPTIVE	TRUSTED
COVID DEFENSE	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
COVID19-DBX SMART APP	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	DECEPTIVE
COVID ALERT NY	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	DECEPTIVE
COVID ALERT NJ	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
COVID CERTIFICATE CHECK	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
NHS COVID-19	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
CORONA-WARN-APP	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	DECEPTIVE
COVID SYMPTOM STUDY	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
SPTH	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
RE-OPEN EU	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED

PC-COVID QUOC GIA	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
CORONAMELDER	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
GVA CORONAVIRUS	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
WEHEALTH ARIZONA	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
PASSCOVID.GAL	TRUSTED	TRUSTED	DECEPTIVE	TRUSTED
CORONAMADRID	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
MD COVID ALERT	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
HEALTHY TOGETHER-COVID19	TRUSTED	TRUSTED	DECEPTIVE	TRUSTED
BC COVID-19 SUPPORT	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
SLOWCOVIDNC	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
COVID-19 EHS	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
COCOA-COVID19 CONTACT APP	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	DECEPTIVE
COVIDSAFE	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED
COVID19VERIFY	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED	TRUSTED

Στην πρώτη στήλη του πίνακα Global Priority (Equal Weights) ονομάζουμε τους παράγοντες που έχουν όμοια βαρύτητα, στη δεύτερη στήλη με τίτλο Global Priority (Money) ονομάζουμε την τιμή σ αν έχει ευρύτερη βαρύτητα, στην τρίτη στήλη με ονομασία Global Priority (Privacy) εννοούμε αν ο αριθμός των λήψεων έχει ευρύτερη βαρύτητα και τέλος το πεδίο Global Priority (System) εξετάζει αν η βαθμολογία έχει ευρύτερη βαρύτητα.

Με βάση την μέθοδο μελέτης του Security προκύπτει ότι το σύνολο των εφαρμογών είναι ασφαλές. Ωστόσο, προκύπτει ότι οι εφαρμογές: COVID FREE GR, COVID COACH, COVID19-DBX SMART APP, COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER, PATIENTMPOWER FOR COVID-19, PASSCOVID.GAL, HEALTHY TOGETHER-COVID19 και COCOA-COVID19 CONTACT APP, δεν ήταν πλήρως ασφαλής γιατί ο αριθμός των λήψεων είχε ευρύτερη βαρύτητα ή η βαθμολογία είχε ευρύτερη βαρύτητα.

7.5 Ευχρηστία

7.5.1 Αξιολόγηση ευχρηστίας ανά συμμετέχοντα

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν τα ερευνητικά τεστ ευχρηστίας ανά συμμετέχοντα. Ο πρώτος συμμετέχων σχολίασε ότι η εφαρμογή COVID FREE GR άργησε να

ξεκινήσει λόγω της ενημέρωσης που χρειάζονται, περίμενε καλύτερες λειτουργίες από την εφαρμογή COVID COACH και από την εφαρμογή COVID19-DXB SMART APP που είχε πρόβλημα στην κατανόηση της γλώσσας. Παρακάτω διαπιστώθηκαν κάποια λάθη κατά την διαδικασία του task στις εφαρμογές: COVID SYMPTOM STUDY κατά την πλοήγησή του, δεν κατάλαβε ακριβώς που βρισκόταν στο περιβάλλον της εφαρμογής, στην εφαρμογή WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) δεν κατανόησε τα εικονίδια της εφαρμογής, ενώ στην εφαρμογή COVID-19 EHS ο χρήστης έκανε έναν λάθος χειρισμό. Παρόλα αυτά ο χρήστης κατάφερε με επιτυχία να φέρει εις πέρας το task που του δόθηκε για να πραγματοποιήσει στην κάθε εφαρμογή.

Ο δεύτερος συμμετέχων σχολίασε ότι η εφαρμογή COVID19-DXB SMART APP είχε δυσνόητα κείμενα λόγω διαφορετικής γλώσσας σε κάποια σημεία της. Το μόνο λάθος που οφείλονταν στο άτομο ήταν στην εφαρμογή WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) όπου μπέρδεψε να εικονίδια. Ο τρίτος συμμετέχων δεν σχολίασε κάτι ως προς την ευχρηστία των εφαρμογών ωστόσο παρουσίασε ένα λάθος στην εφαρμογή WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) όπου δεν κατάλαβε κατευθείαν το εικονίδιο που έπρεπε να πατήσει. Ο τέταρτος συμμετέχων δεν ανέφερε κάποιο πρόβλημα που τον δυσκόλεψε σε καμία εφαρμογή. Από την άλλη, όμως, κατά την εξέλιξη του task έκανε ένα λάθος στην εφαρμογή COVID19-DXB SMART APP. Ο πέμπτος συμμετέχων δεν διατύπωσε κάποιο σχόλιο σχετικά με την διενέργεια των tasks παρά μόνων δύο λάθη στην εφαρμογή COVID19-DXB SMART APP λόγω της ξένης γλώσσας της γραμματοσειράς. Ο έκτος συμμετέχων δυσκολεύτηκε στην προσπάθεια να εκτελέσει τα tasks, ωστόσο τα κατάφερε με επιτυχία. Επιπλέον, ο χρήστης έκανε δύο λάθη χρησιμοποιώντας την εφαρμογή COVID19-DXB SMART APP, ένα λάθος στην εφαρμογή CUIDAR COVID-19 ARGENTINA και δύο λάθη στην εφαρμογή COCOA-COVID19 CONTACT APP τα οποία αφορούσαν τις ενέργειες που έπρεπε να εκτελέσει για την ολοκλήρωση των tasks. Τέλος, σχολίασε την εφαρμογή COVID19-DXB SMART APP ως όχι ιδιαίτερα εύχρηστη λόγω της γραμματοσειράς. Ο έβδομος συμμετέχων άργησε να εκτελέσει τα tasks, όμως κατάφερε να τα ολοκληρώσει σχεδόν όλα με πλήρη επιτυχία. Ο χρήστης δεν ολοκλήρωσε τα tasks στις εφαρμογές COCOA-COVID19 CONTACT APP και COVID19-DXB SMART APP αλλά έφτασε κοντά στην ολοκλήρωσή τους. Ο κύριος λόγος ήταν οι ελλιπείς οδηγίες που είχαν διαθέσιμες οι χρήστες από τις ίδιες τις εφαρμογές. Επίσης, ο χρήστης έκανε ένα λάθος κατά την διενέργεια των tasks στις εφαρμογές COCOA-COVID19 CONTACT APP, CUIDAR COVID-19 ARGENTINA και COVID19-DXB SMART APP. Το λάθος στις δύο πρώτες περιπτώσεις αφορούσε την λάθος πλοήγηση του χρήστη εντός των εφαρμογών, ενώ στην τρίτη περίπτωση ο χρήστης κατάλαβε λάθος ένα εικονίδιο, με αποτέλεσμα να χρειαστεί παραπάνω βήματα για την ολοκλήρωση του tasks. Γενικότερα, βρήκε δυσνόητη την αρχική επιφάνεια της εφαρμογής COVID19-DXB SMART APP, ενώ δυσκολεύτηκε ιδιαίτερα στην πλοήγηση στην εφαρμογή COCOA-COVID19 CONTACT APP, λόγω των σκούρων χρωμάτων που χρησιμοποιούσε. Τέλος, ο όγδοος και τελευταίος συμμετέχων δεν κατάφερε να ολοκληρώσει τις εφαρμογές: PASSCOVID.GAL, CUIDAR COVID-19 ARGENTINA και COVID19-DXB SMART APP. Ο χρήστης έφτασε κοντά στην ολοκλήρωση των tasks στις εφαρμογές PASSCOVID.GAL και COVID19-DXB SMART APP, ωστόσο απείχε περισσότερο από την ολοκλήρωση της εφαρμογής CUIDAR COVID-19 ARGENTINA. Ακόμη, έκανε δύο λάθη στην εφαρμογή CUIDAR COVID-19 ARGENTINA και ένα λάθος στην εφαρμογή COVID19-DXB SMART APP. Τα λάθη στην CUIDAR COVID-19 ARGENTINA αφορούσαν τα σφάλματα του χρήστη στην επιλογή των λειτουργιών. Το άλλο λάθος που έγινε στην COVID19-DXB SMART APP αφορούσε μία παραπλανητική λειτουργία της εφαρμογής η οποία μπέρδεψε τον χρήστη.

7.5.2 Ευχρηστία και Χρόνος

Στον πίνακα που ακολουθεί (

Πίνακας 5) παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση για τον χρόνο που απαιτήθηκε από τους συμμετέχοντες κατά την αξιολόγηση ευχρηστίας των εφαρμογών. Οι εφαρμογές που χρειάστηκαν λιγότερο χρόνο ήταν οι εξής: COVID19VERIFY (Μέσος όρος = 21,25 sec), NHS COVID-19 (Μέσος όρος = 21,50 sec) και CORONAMELDER (Μέσος όρος = 22,75 sec). Από την

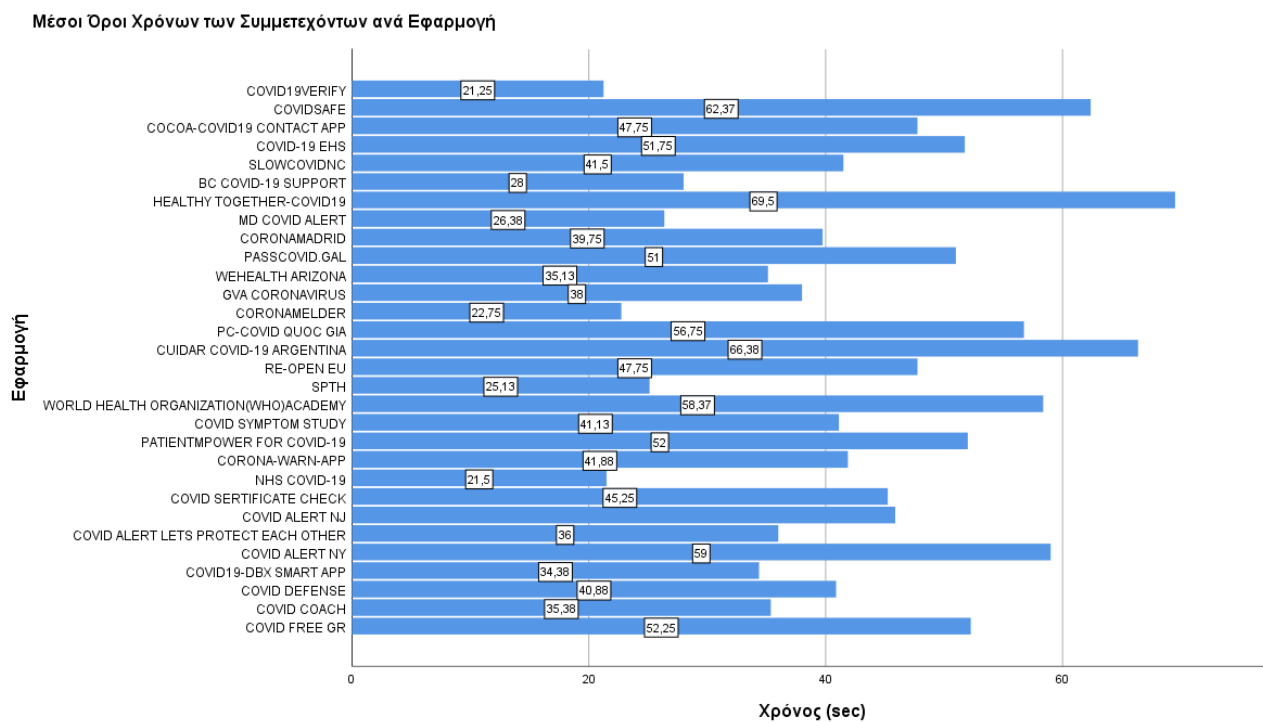
άλλη, οι εφαρμογές που χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο ήταν: HEALTHY TOGETHER-COVID19 (Μέσος όρος = 69,50 sec), CUIDAR COVID-19 ARGENTINA (Μέσος όρος = 66,38 sec) και COVIDSAFE (Μέσος όρος = 62,37 sec) (Πίνακας 5).

Πίνακας 5: Μέσοι όροι χρόνων των εφαρμογών

Descriptive Statistics			
	N	Mean	Std. Deviation
COVID FREE GR	8	52,25	6,135
COVID COACH	8	35,38	11,771
COVID DEFENSE	8	40,88	11,594
COVID19-DBX SMART APP	8	34,38	10,730
COVID ALERT NY	8	59,00	5,707
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	8	36,00	6,590
COVID ALERT NJ	8	45,88	9,015
COVID CERTIFICATE CHECK	8	45,25	6,840
NHS COVID-19	8	21,50	9,971
CORONA-WARN-APP	8	41,88	6,978
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	8	52,00	5,976
COVID SYMPTOM STUDY	8	41,13	8,774
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	8	58,37	4,241
SPTH	8	25,13	10,789
RE-OPEN EU	8	47,75	8,242
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	8	66,38	7,070
PC-COVID QUOC GIA	8	56,75	7,942
CORONAMELDER	8	22,75	12,544
GVA CORONAVIRUS	8	38,00	10,488
WEHEALTH ARIZONA	8	35,13	9,047
PASSCOVID.GAL	8	51,00	10,198
CORONAMADRID	8	39,75	9,677
MD COVID ALERT	8	26,38	10,378
HEALTHY TOGETHER-COVID19	8	69,50	4,106
BC COVID-19 SUPPORT	8	28,00	8,751

SLOWCOVIDNC	8	41,50	15,446
COVID-19 EHS	8	51,75	7,942
COCOA-COVID19 CONTACT APP	8	47,75	11,029
COVIDSAFE	8	62,37	8,911
COVID19VERIFY	8	21,25	9,301

Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο ακόλουθο γράφημα – ραβδόγραμμα (Γράφημα 13):



Γράφημα 13: Μέσοι όροι χρόνων των εφαρμογών

7.5.3 Ευχρηστία και Ποσοστό Επιτυχίας

Ο ακόλουθος πίνακας (

Πίνακας 6) παρουσιάζει το μέσο όρο και την τυπική απόκλιση για το ποσοστό επιτυχίας των εφαρμογών όπως αυτές εκτελέστηκαν από τους 8 συμμετέχοντες – χρήστες. Από τα αποτελέσματα γίνεται αντιληπτό πως για ορισμένες εφαρμογές υπήρξε αποτυχία εκτέλεσής τους από όλους τους χρήστες. Πιο συγκεκριμένα, οι εφαρμογές αυτές ήταν: COVID19-DBX SMART APP (97,50%), CUIDAR COVID-19 ARGENTINA (97,50%), PASSCOVID.GAL (98,75%) και COCOA-COVID19 CONTACT APP (98,75%).

Πίνακας 6: Ποσοστό επιτυχίας εκτέλεσης εφαρμογών

Descriptive Statistics			
	N	Mean	Std. Deviation
COVID FREE GR	8	100,00	,000
COVID COACH	8	100,00	,000
COVID DEFENSE	8	100,00	,000
COVID19-DBX SMART APP	8	97,50	4,629
COVID ALERT NY	8	100,00	,000
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	8	100,00	,000
COVID ALERT NJ	8	100,00	,000
COVID SERTIFICATE CHECK	8	100,00	,000
NHS COVID-19	8	100,00	,000
CORONA-WARN-APP	8	100,00	,000
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	8	100,00	,000
COVID SYMPTOM STUDY	8	100,00	,000
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	8	100,00	,000
SPTH	8	100,00	,000
RE-OPEN EU	8	100,00	,000
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	8	97,50	7,071
PC-COVID QUOC GIA	8	100,00	,000
CORONAMELDER	8	100,00	,000
GVA CORONAVIRUS	8	100,00	,000
WEHEALTH ARIZONA	8	100,00	,000
PASSCOVID.GAL	8	98,75	3,536
CORONAMADRID	8	100,00	,000
MD COVID ALERT	8	100,00	,000
HEALTHY TOGETHER-COVID19	8	100,00	,000
BC COVID-19 SUPPORT	8	100,00	,000
SLOWCOVIDNC	8	100,00	,000
COVID-19 EHS	8	100,00	,000

COCOA-COVID19 CONTACT APP	8	98,75	3,536
COVIDSAFE	8	100,00	,000
COVID19VERIFY	8	100,00	,000

7.5.4 Ευχρηστία και Σφάλματα

Στον παρακάτω πίνακα (

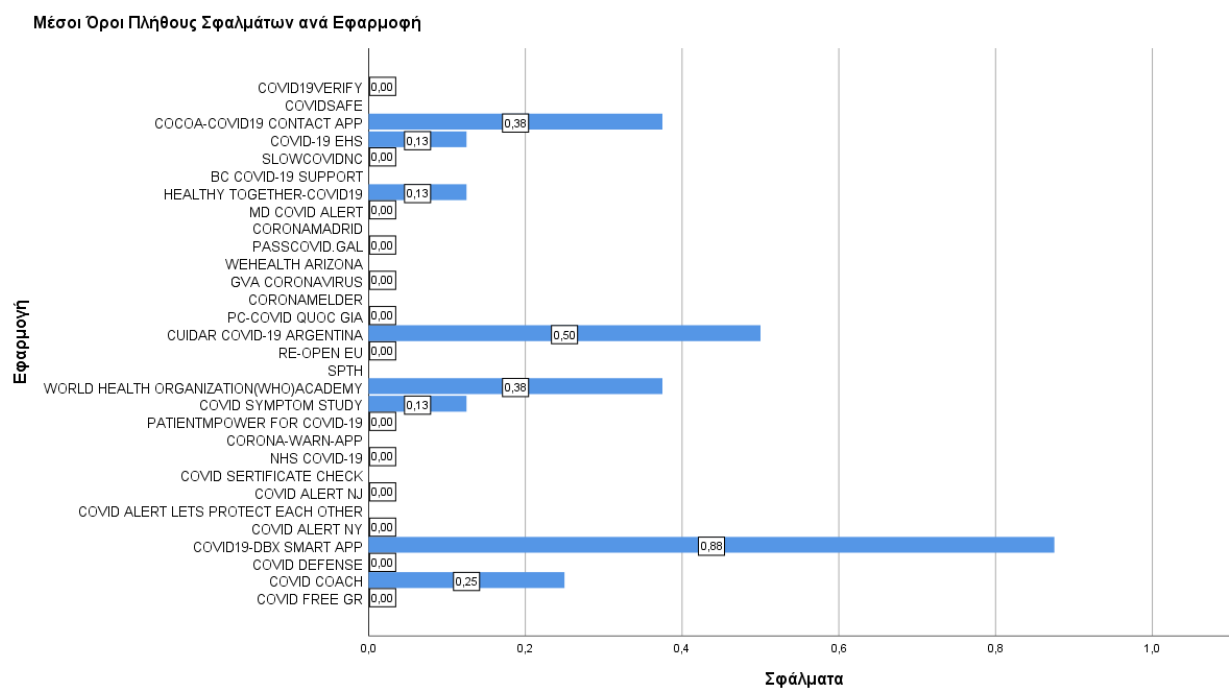
Πίνακας 7) παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση για τον αριθμό των σφαλμάτων των εφαρμογών, κατά τη χρήση τους από τους 8 συμμετέχοντες – χρήστες. Από τα αποτελέσματα γίνεται αντιληπτό πως στις περισσότερες εφαρμογές δεν προέκυψε κάποιο πρόβλημα – σφάλμα. Οι εφαρμογές για τις οποίες εμφανίστηκαν σφάλματα ήταν οι εξής: COVID19-DBX SMART APP, CUIDAR COVID-19 ARGENTINA, COCOA-COVID19 CONTACT APP, WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY, COVID COACH, COVID SYMPTOM STUDY, HEALTHY TOGETHER-COVID19 και COVID-19 EHS.

Πίνακας 7: Αριθμός σφαλμάτων εφαρμογών (Μέσος όρος)

Descriptive Statistics			
	N	Mean	Std. Deviation
COVID FREE GR	8	,00	,000
COVID COACH	8	,25	,463
COVID DEFENSE	8	,00	,000
COVID19-DBX SMART APP	8	,88	,835
COVID ALERT NY	8	,00	,000
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	8	,00	,000
COVID ALERT NJ	8	,00	,000
COVID SERTIFICATE CHECK	8	,00	,000
NHS COVID-19	8	,00	,000
CORONA-WARN-APP	8	,00	,000
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	8	,00	,000
COVID SYMPTOM STUDY	8	,13	,354
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	8	,38	,744
SPTH	8	,00	,000
RE-OPEN EU	8	,00	,000
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	8	,50	,756
PC-COVID QUOC GIA	8	,00	,000

CORONAMELDER	8	,00	,000
GVA CORONAVIRUS	8	,00	,000
WEHEALTH ARIZONA	8	,00	,000
PASSCOVID.GAL	8	,00	,000
CORONAMADRID	8	,00	,000
MD COVID ALERT	8	,00	,000
HEALTHY TOGETHER-COVID19	8	,13	,354
BC COVID-19 SUPPORT	8	,00	,000
SLOWCOVIDNC	8	,00	,000
COVID-19 EHS	8	,13	,354
COCOA-COVID19 CONTACT APP	8	,38	,744
COVIDSAFE	8	,00	,000
COVID19VERIFY	8	,00	,000

Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο ακόλουθο γράφημα – ραβδόγραμμα (Γράφημα 14):



Γράφημα 14: Αριθμός σφαλμάτων εφαρμογών (Μέσος όρος)

7.5.5 Ευχρηστία και Βαθμός Ικανοποίησης

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 8) παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του βαθμού ικανοποίησης των συμμετεχόντων κατά την αξιολόγηση ευχρηστίας των εφαρμογών. Οι εφαρμογές που ικανοποίησαν σε απόλυτο βαθμό τους συμμετέχοντες ήταν οι εξής: BC COVID-19 SUPPORT (Μέσος όρος = 10,00) και COVID19VERIFY (Μέσος όρος = 10,00), ενώ και οι εφαρμογές COVID DEFENSE, CORONA-WARN-APP, RE-OPEN EU και MD COVID ALERT με μέσο όρο = 9,88 ικανοποίησαν σε πολύ μεγάλο βαθμό.

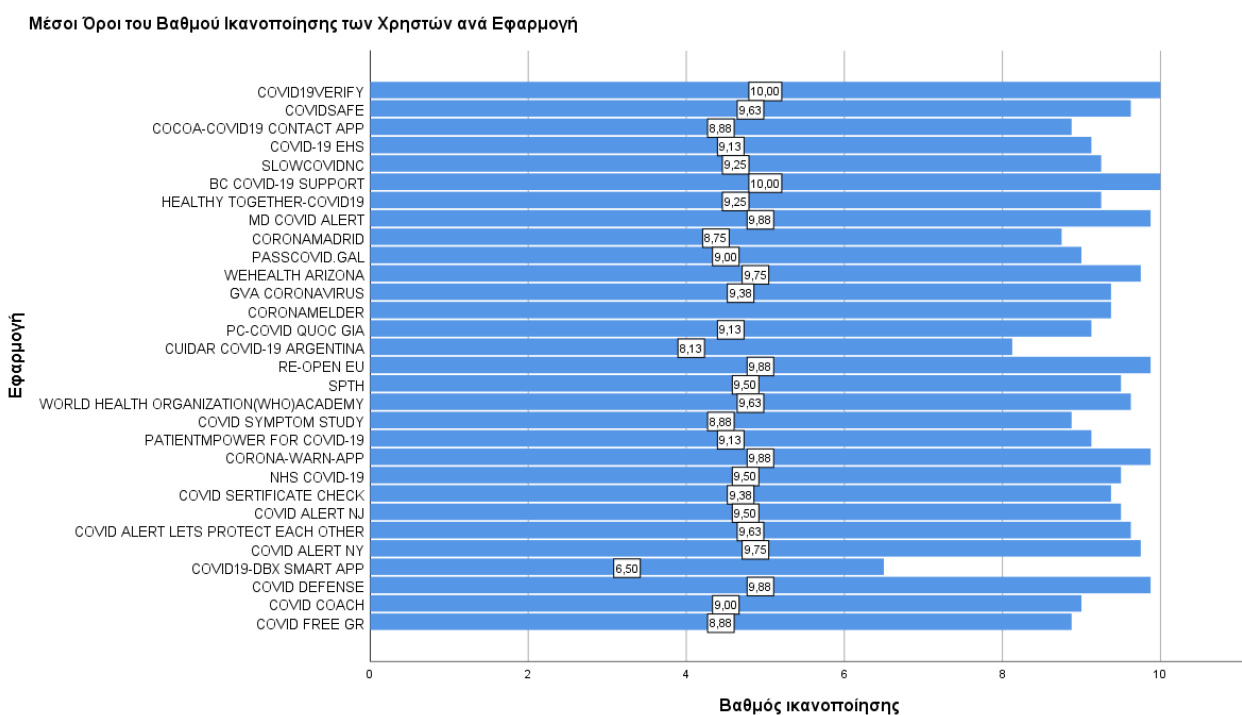
Από την άλλη, οι εφαρμογές που ικανοποίησαν σε μικρότερο βαθμό ήταν οι ακόλουθες: COVID19-DBX SMART APP (Μέσος όρος = 6,50), CUIDAR COVID-19 ARGENTINA (8,13) και CORONAMADRID (8,75).

Πίνακας 8: Βαθμός ικανοποίησης χρηστών από τις εφαρμογές

Descriptive Statistics			
	N	Mean	Std. Deviation
COVID FREE GR	8	8,88	,835
COVID COACH	8	9,00	1,069
COVID DEFENSE	8	9,88	,354
COVID19-DBX SMART APP	8	6,50	,756
COVID ALERT NY	8	9,75	,463
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	8	9,63	,518
COVID ALERT NJ	8	9,50	,756
COVID SERTIFICATE CHECK	8	9,38	,518
NHS COVID-19	8	9,50	,535
CORONA-WARN-APP	8	9,88	,354
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	8	9,13	,641
COVID SYMPTOM STUDY	8	8,88	1,126
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	8	9,63	,518
SPTH	8	9,50	,535
RE-OPEN EU	8	9,88	,354
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	8	8,13	1,356
PC-COVID QUOC GIA	8	9,13	1,126
CORONAMELDER	8	9,38	,916
GVA CORONAVIRUS	8	9,38	,518
WEHEALTH ARIZONA	8	9,75	,463

PASSCOVID.GAL	8	9,00	,535
CORONAMADRID	8	8,75	,886
MD COVID ALERT	8	9,88	,354
HEALTHY TOGETHER-COVID19	8	9,25	,886
BC COVID-19 SUPPORT	8	10,00	,000
SLOWCOVIDNC	8	9,25	,463
COVID-19 EHS	8	9,13	,641
COCOA-COVID19 CONTACT APP	8	8,88	1,126
COVIDSAFE	8	9,63	,518
COVID19VERIFY	8	10,00	,000

Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο ακόλουθο γράφημα – ραβδόγραμμα (Γράφημα 15):



Γράφημα 15: Βαθμός ικανοποίησης χρηστών από τις εφαρμογές

7.5.6 Ευχρηστία: Έλεγχος διαφοροποιήσεων

Στη συνέχεια, περιγράφουμε τα αποτελέσματα από τον έλεγχο σύγκρισης συχνοτήτων κατηγοριών, με χρήση των μη παραμετρικών στατιστικών τεστ Mann - Whitney και Kruskal - Wallis περιγράφοντας και παρουσιάζοντας, μέσω πινάκων, μόνο τις περιπτώσεις οι οποίες κατέδειξαν στατιστικά σημαντική διαφορά. Ο έλεγχος στατιστικά σημαντικών διαφοροποιήσεων των απαντήσεων των συμμετεχόντων ως προς το επίπεδο εκπαίδευσής τους (απόφοιτος

Λυκείου/ΤΕΙ/ΑΕΙ) δεν κατέδειξε κάποια στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση, εν αντιθέσει με τον αντίστοιχο για το φύλο και την ηλικιακή ομάδα των συμμετεχόντων.

7.5.6.1 Διαφοροποιήσεις Λόγω Φύλου

Για τον έλεγχο στατιστικά σημαντικών διαφοροποιήσεων των απαντήσεων των συμμετεχόντων ως προς το φύλο τους (άνδρας/γυναίκα), εκτελέσαμε τον μη παραμετρικό έλεγχο Mann – Whitney, ο οποίος κατέδειξε τις εξής στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις (

Πίνακας 13 και Πίνακας 14).

Πίνακας 9: Αποτελέσματα ελέγχου Mann-Whitney: Φύλο – Ευρησιότητα: Χρόνος εκτέλεσης εφαρμογών (Test Statistics)

Test Statistics^a

	COVID FREE GR	COVID COACH	COVID DEFENSE	COVID19-DBX SMART APP	COVID ALERT NY	COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	COVID ALERT NJ	COVID CERTIFICATE CHECK	NHS COVID-19	CORONA-WARN-APP
Mann-Whitney U	6,000	3,000	2,000	4,000	8,000	8,000	2,000	4,000	2,000	4,000
Wilcoxon W	16,000	13,000	12,000	14,000	18,000	18,000	12,000	14,000	12,000	14,000
Z	-1,000	-1,667	-2,049	-1,528	,000	,000	-2,049	-1,528	-2,049	-1,528
Asymp. Sig. (2-tailed)	,317	,096	,040	,127	1,000	1,000	,040	,127	,040	,127
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,686 ^b	,200 ^b	,114 ^b	,343 ^b	1,000 ^b	1,000 ^b	,114 ^b	,343 ^b	,114 ^b	,343 ^b

a. Grouping Variable: Φύλο

b. Not corrected for ties.

Test Statistics^a

	PATIENTMPOWER FOR COVID-19	COVID SYMPTOM STUDY	WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO) ACADEMY	SPTH	RE-OPEN EU	CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	PC-COVID QUOC GIA	CORONAMELDER	GVA CORONAVIRUS	WEHEALTH ARIZONA
Mann-Whitney U	2,000	4,000	8,000	2,000	2,000	8,000	4,000	2,000	4,000	6,000
Wilcoxon W	12,000	14,000	18,000	12,000	12,000	18,000	14,000	12,000	14,000	16,000
Z	-2,049	-1,528	,000	-2,049	-2,049	,000	-1,528	-2,049	-1,528	-1,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,040	,127	1,000	,040	,040	1,000	,127	,040	,127	,317
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,114 ^b	,343 ^b	1,000 ^b	,114 ^b	,114 ^b	1,000 ^b	,343 ^b	,114 ^b	,343 ^b	,686 ^b

a. Grouping Variable: Φύλο

b. Not corrected for ties.

Test Statistics^a

	PASSCOVID GAL	CORONAMARID	MD COVID ALERT	HEALTHY TOGETHER-COVID19	BC COVID-19 SUPPORT	SLOWCOVID NC	COVID-19 EHS	COCOA-COVID19 CONTACT APP	COVIDSAFE	COVID19VERIFY
Mann-Whitney U	2,000	4,000	2,000	8,000	,000	2,000	2,000	2,000	8,000	2,000
Wilcoxon W	12,000	14,000	12,000	18,000	10,000	12,000	12,000	12,000	18,000	12,000
Z	-2,049	-1,528	-2,049	,000	-2,646	-2,049	-2,049	-2,049	,000	-2,049
Asymp. Sig. (2-tailed)	,040	,127	,040	1,000	,008	,040	,040	,040	1,000	,040
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,114 ^b	,343 ^b	,114 ^b	1,000 ^b	,029 ^b	,114 ^b	,114 ^b	,114 ^b	1,000 ^b	,114 ^b

a. Grouping Variable: Φύλο

b. Not corrected for ties.

Πίνακας 10: Αποτελέσματα ελέγχου Mann-Whitney: Φύλο – Ευχρηστία: Χρόνος εκτέλεσης εφαρμογών (Ranks)

Ranks				
	Φύλο	N	Mean Rank	Sum of Ranks
COVID FREE GR	Άνδρας	4	5,00	20,00
	Γυναίκα	4	4,00	16,00
	Total	8		
COVID COACH	Άνδρας	4	3,25	13,00
	Γυναίκα	4	5,75	23,00
	Total	8		
COVID DEFENSE	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		
COVID19-DBX SMART APP	Άνδρας	4	3,50	14,00
	Γυναίκα	4	5,50	22,00
	Total	8		
COVID ALERT NY	Άνδρας	4	4,50	18,00
	Γυναίκα	4	4,50	18,00
	Total	8		
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	Άνδρας	4	4,50	18,00
	Γυναίκα	4	4,50	18,00
	Total	8		
COVID ALERT NJ	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		
COVID SERTIFICATE CHECK	Άνδρας	4	3,50	14,00
	Γυναίκα	4	5,50	22,00
	Total	8		
NHS COVID-19	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00

	Total	8		
CORONA-WARN-APP	Άνδρας	4	3,50	14,00
	Γυναίκα	4	5,50	22,00
	Total	8		
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		
COVID SYMPTOM STUDY	Άνδρας	4	3,50	14,00
	Γυναίκα	4	5,50	22,00
	Total	8		
WORLD ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	HEALTH Άνδρας	4	4,50	18,00
	Γυναίκα	4	4,50	18,00
	Total	8		
SPTH	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		
RE-OPEN EU	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	Άνδρας	4	4,50	18,00
	Γυναίκα	4	4,50	18,00
	Total	8		
PC-COVID QUOC GIA	Άνδρας	4	3,50	14,00
	Γυναίκα	4	5,50	22,00
	Total	8		
CORONAMELDER	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		
GVA CORONAVIRUS	Άνδρας	4	3,50	14,00

	Γυναίκα	4	5,50	22,00
	Total	8		
WEHEALTH ARIZONA	Άνδρας	4	4,00	16,00
	Γυναίκα	4	5,00	20,00
	Total	8		
PASSCOVID.GAL	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		
CORONAMADRID	Άνδρας	4	3,50	14,00
	Γυναίκα	4	5,50	22,00
	Total	8		
MD COVID ALERT	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		
HEALTHY TOGETHER-COVID19	Άνδρας	4	4,50	18,00
	Γυναίκα	4	4,50	18,00
	Total	8		
BC COVID-19 SUPPORT	Άνδρας	4	2,50	10,00
	Γυναίκα	4	6,50	26,00
	Total	8		
SLOWCOVIDNC	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		
COVID-19 EHS	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		
COCOA-COVID19 CONTACT APP	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		

COVIDSAFE	Άνδρας	4	4,50	18,00
	Γυναίκα	4	4,50	18,00
	Total	8		
COVID19VERIFY	Άνδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		

Από τα δεδομένα των παρακάτω πινάκων, προκύπτει συσχέτιση του φύλου με το χρόνο εκτέλεσης των εφαρμογών: COVID DEFENSE / COVID ALERT NJ / PATIENTMPOWER FOR COVID-19 / SPTH / RE-OPEN EU / CORONAMELDER / PASSCOVID.GAL / MD COVID ALERT / SLOWCOVIDNC / COVID-19 EHS / COCOA-COVID19 CONTACT APP / COVID19VERIFY ($U(4,4) = 2,000$, $p = 0,04 < 0,05$) και BC COVID-19 SUPPORT ($U(4,4) = ,000$, $p = 0,008 < 0,05$). Πιο συγκεκριμένα, όσοι συμμετέχοντες ήταν γυναίκες ($MO_{\text{γυναίκες}} = 6,00$ και $6,50$) χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να εκτελέσουν τις παραπάνω εφαρμογές σε σχέση με τους άνδρες ($MO_{\text{άνδρες}} = 3,00$ και $2,50$).

Πίνακας 11: Αποτελέσματα ελέγχου Mann-Whitney: Φύλο – Ευχρηστία: Βαθμός ικανοποίησης χρηστών από τις εφαρμογές (Test Statistics)

Test Statistics ^a										
	COVID FREE GR	COVID COACH	COVID DEFENSE	COVID19-DBX SMART APP	COVID ALERT NY	COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	COVID ALERT NJ	COVID CERTIFICATE CHECK	NHS COVID-19	CORONA-WARN-APP
Mann-Whitney U	4,000	5,000	6,000	6,000	4,000	6,000	6,000	6,000	8,000	6,000
Wilcoxon W	14,000	15,000	16,000	16,000	14,000	16,000	16,000	16,000	18,000	16,000
Z	-1,528	-,949	-1,000	-1,000	-1,528	-,683	-,683	-,683	,000	-1,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,127	,343	,317	,317	,127	,495	,495	,495	1,000	,317
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,343 ^b	,486 ^b	,686 ^b	,686 ^b	,343 ^b	,686 ^b	,686 ^b	,686 ^b	1,000 ^b	,686 ^b

a. Grouping Variable: Φύλο

b. Not corrected for ties.

Test Statistics ^a										
	PATIENTMPOWER FOR COVID-19	COVID SYMPTOM STUDY	WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO) ACADEMY	SPTH	RE-OPEN EU	CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	PC-COVID QUOC GIA	CORONAMELDER	GVA CORONAVIR US	WEHEALTH ARIZONA
Mann-Whitney U	4,000	5,000	2,000	4,000	6,000	1,500	3,500	6,000	6,000	8,000
Wilcoxon W	14,000	15,000	12,000	14,000	16,000	11,500	13,500	16,000	16,000	18,000
Z	-1,528	-,949	-2,049	-1,323	-1,000	-2,055	-1,423	-,683	-,683	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,127	,343	,040	,186	,317	,040	,155	,495	,495	1,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,343 ^b	,486 ^b	,114 ^b	,343 ^b	,686 ^b	,057 ^b	,200 ^b	,686 ^b	,686 ^b	1,000 ^b

a. Grouping Variable: Φύλο

b. Not corrected for ties.

Test Statistics^a

	PASSCOVID. GAL	MDCOVIDALE RT	MD COVID ALERT	HEALTHY TOGETHER- COVID19	BC COVID-19 SUPPORT	SLOWCOVID NC	COVID-19 EHS	COCOA- COVID19 CONTACT APP	COVIDSAFE	COVID19VER IFY
Mann-Whitney U	6,000	8,000	6,000	4,000	8,000	4,000	4,000	5,000	2,000	8,000
Wilcoxon W	16,000	18,000	16,000	14,000	18,000	14,000	14,000	15,000	12,000	18,000
Z	-1,000	,000	-1,000	-1,323	,000	-1,528	-1,528	-,949	-2,049	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,317	1,000	,317	,186	1,000	,127	,127	,343	,040	1,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,686 ^b	1,000 ^b	,686 ^b	,343 ^b	1,000 ^b	,343 ^b	,343 ^b	,486 ^b	,114 ^b	1,000 ^b

a. Grouping Variable: Φύλο

b. Not corrected for ties.

Πίνακας 12: Αποτελέσματα ελέγχου Mann-Whitney: Φύλο – Ευρησιτία: Βαθμός ικανοποίησης χρηστών από τις εφαρμογές (Ranks)

Ranks				
	Φύλο	N	Mean Rank	Sum of Ranks
COVID FREE GR	Άνδρας	4	5,50	22,00
	Γυναίκα	4	3,50	14,00
	Total	8		
COVID COACH	Άνδρας	4	3,75	15,00
	Γυναίκα	4	5,25	21,00
	Total	8		
COVID DEFENSE	Άνδρας	4	5,00	20,00
	Γυναίκα	4	4,00	16,00
	Total	8		
COVID19-DBX SMART APP	Άνδρας	4	5,00	20,00
	Γυναίκα	4	4,00	16,00
	Total	8		
COVID ALERT NY	Άνδρας	4	3,50	14,00
	Γυναίκα	4	5,50	22,00
	Total	8		
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	Άνδρας	4	5,00	20,00
	Γυναίκα	4	4,00	16,00
	Total	8		
COVID ALERT NJ	Άνδρας	4	5,00	20,00
	Γυναίκα	4	4,00	16,00

	Total	8		
COVID CERTIFICATE CHECK	Ανδρας	4	5,00	20,00
	Γυναίκα	4	4,00	16,00
	Total	8		
NHS COVID-19	Ανδρας	4	4,50	18,00
	Γυναίκα	4	4,50	18,00
	Total	8		
CORONA-WARN-APP	Ανδρας	4	5,00	20,00
	Γυναίκα	4	4,00	16,00
	Total	8		
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	Ανδρας	4	3,50	14,00
	Γυναίκα	4	5,50	22,00
	Total	8		
COVID SYMPTOM STUDY	Ανδρας	4	3,75	15,00
	Γυναίκα	4	5,25	21,00
	Total	8		
WORLD ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	HEALTH Ανδρας	4	3,00	12,00
	Γυναίκα	4	6,00	24,00
	Total	8		
SPTH	Ανδρας	4	5,50	22,00
	Γυναίκα	4	3,50	14,00
	Total	8		
RE-OPEN EU	Ανδρας	4	5,00	20,00
	Γυναίκα	4	4,00	16,00
	Total	8		
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	Ανδρας	4	6,13	24,50
	Γυναίκα	4	2,88	11,50
	Total	8		
PC-COVID QUOC GIA	Ανδρας	4	3,38	13,50

	Γυναίκα	4	5,63	22,50
	Total	8		
CORONAMELDER	Ανδρας	4	5,00	20,00
	Γυναίκα	4	4,00	16,00
	Total	8		
GVA CORONAVIRUS	Ανδρας	4	5,00	20,00
	Γυναίκα	4	4,00	16,00
	Total	8		
WEHEALTH ARIZONA	Ανδρας	4	4,50	18,00
	Γυναίκα	4	4,50	18,00
	Total	8		
PASSCOVID.GAL	Ανδρας	4	4,00	16,00
	Γυναίκα	4	5,00	20,00
	Total	8		
MDCOVIDALERT	Ανδρας	4	4,50	18,00
	Γυναίκα	4	4,50	18,00
	Total	8		
MD COVID ALERT	Ανδρας	4	4,00	16,00
	Γυναίκα	4	5,00	20,00
	Total	8		
HEALTHY TOGETHER-COVID19	Ανδρας	4	5,50	22,00
	Γυναίκα	4	3,50	14,00
	Total	8		
BC COVID-19 SUPPORT	Ανδρας	4	4,50	18,00
	Γυναίκα	4	4,50	18,00
	Total	8		
SLOWCOVIDNC	Ανδρας	4	5,50	22,00
	Γυναίκα	4	3,50	14,00
	Total	8		

COVID-19 EHS	Ανδρας	4	3,50	14,00
	Γυναίκα	4	5,50	22,00
	Total	8		
COCOA-COVID19 CONTACT APP	Ανδρας	4	5,25	21,00
	Γυναίκα	4	3,75	15,00
	Total	8		
COVIDSAFE	Ανδρας	4	6,00	24,00
	Γυναίκα	4	3,00	12,00
	Total	8		
COVID19VERIFY	Ανδρας	4	4,50	18,00
	Γυναίκα	4	4,50	18,00
	Total	8		

Από τα δεδομένα των παρακάτω πινάκων, προκύπτει συσχέτιση του φύλου με τον βαθμό ικανοποίησης των χρηστών από τις εφαρμογές: α) WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) ACADEMY ($U(4,4) = 2,000$, $p = 0,04 < 0,05$). Πιο συγκεκριμένα, όσοι συμμετέχοντες ήταν γυναίκες ($MO_{\text{γυναίκες}} = 6,00$) δήλωσαν μεγαλύτερη ικανοποίηση από την εκτέλεση της παραπάνω εφαρμογής σε σχέση με τους άνδρες ($MO_{\text{άνδρες}} = 3,00$).

β) CUIDAR COVID-19 ARGENTINA / COVIDSAFE ($U(4,4) = 1,500$, $p = 0,04 < 0,05$). Πιο συγκεκριμένα, όσοι συμμετέχοντες ήταν άνδρες ($MO_{\text{άνδρες}} = 6,13$) δήλωσαν περισσότερο ικανοποιημένοι από την εκτέλεση της παραπάνω εφαρμογής σε σχέση με τις γυναίκες ($MO_{\text{γυναίκες}} = 2,88$).

γ) BC COVID-19 SUPPORT ($U(4,4) = 2,000$, $p = 0,04 < 0,05$). Πιο συγκεκριμένα, όσοι συμμετέχοντες ήταν άνδρες ($MO_{\text{άνδρες}} = 6,00$) δήλωσαν περισσότερο ικανοποιημένοι από την εκτέλεση της παραπάνω εφαρμογής σε σχέση με τις γυναίκες ($MO_{\text{γυναίκες}} = 3,00$).

7.5.6.2 Διαφοροποιήσεις Λόγω Ηλικίας

Για τον έλεγχο στατιστικά σημαντικών διαφοροποιήσεων των απαντήσεων των συμμετεχόντων ως προς την ηλικία τους (μικρότεροι των 30 ετών/μεγαλύτεροι των 30), εκτελέσαμε τον μη παραμετρικό έλεγχο Kruskal - Wallis, ο οποίος κατέδειξε τις εξής στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις (Πίνακας 13 και Πίνακας 14).

Πίνακας 13: Αποτελέσματα ελέγχου Kruskal - Wallis: Ηλικιακή ομάδα – Ευρησιότητα: Χρόνος εκτέλεσης εφαρμογών(Test Statistics)

Test Statistics^a

	COVID FREE GR	COVID COACH	COVID DEFENSE	COVID19-DBX SMART APP	COVID ALERT NY	COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	COVID ALERT NJ	COVID CERTIFICATE CHECK	NHS COVID-19	CORONA-WARN-APP
Mann-Whitney U	5,000	3,000	,000	4,500	7,500	7,500	,000	2,500	,000	2,500
Wilcoxon W	11,000	18,000	15,000	19,500	13,500	13,500	15,000	17,500	15,000	17,500
Z	-1,291	-1,549	-2,646	-1,183	,000	,000	-2,646	-1,972	-2,646	-1,972
Asymp. Sig. (2-tailed)	,197	,121	,008	,237	1,000	1,000	,008	,049	,008	,049
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,571 ^b	,250 ^b	,036 ^b	,393 ^b	1,000 ^b	1,000 ^b	,036 ^b	,143 ^b	,036 ^b	,143 ^b

a. Grouping Variable: Ηλικιακή ομάδα

b. Not corrected for ties.

Test Statistics^a

	PATIENTMPOWER FOR COVID-19	COVID SYMPTOM STUDY	WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO) ACADEMY	SPTH	RE-OPEN EU	CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	PC-COVID QUOC GIA	CORONAMEL DER	GVA CORONAVIR US	WEHEALTH ARIZONA
Mann-Whitney U	,000	2,500	7,500	,000	,000	7,500	4,500	,000	2,500	6,000
Wilcoxon W	15,000	17,500	13,500	15,000	15,000	13,500	19,500	15,000	17,500	21,000
Z	-2,646	-1,972	,000	-2,646	-2,646	,000	-1,183	-2,646	-1,972	-,775
Asymp. Sig. (2-tailed)	,008	,049	1,000	,008	,008	1,000	,237	,008	,049	,439
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,036 ^b	,143 ^b	1,000 ^b	,036 ^b	,036 ^b	1,000 ^b	,393 ^b	,036 ^b	,143 ^b	,786 ^b

a. Grouping Variable: Ηλικιακή ομάδα

b. Not corrected for ties.

Test Statistics^a

	PASSCOVID GAL	CORONAMADRID	MD COVID ALERT	HEALTHY TOGETHER-COVID19	BC COVID-19 SUPPORT	SLOWCOVID NC	COVID-19 EHS	COCOA-COVID19 CONTACT APP	COVIDSAFE	COVID19VERIFY
Mann-Whitney U	,000	2,500	,000	7,500	1,500	,000	,000	,000	7,500	,000
Wilcoxon W	15,000	17,500	15,000	13,500	16,500	15,000	15,000	15,000	13,500	15,000
Z	-2,646	-1,972	-2,646	,000	-2,049	-2,646	-2,646	-2,646	,000	-2,646
Asymp. Sig. (2-tailed)	,008	,049	,008	1,000	,040	,008	,008	,008	1,000	,008
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,036 ^b	,143 ^b	,036 ^b	1,000 ^b	,071 ^b	,036 ^b	,036 ^b	,036 ^b	1,000 ^b	,036 ^b

a. Grouping Variable: Ηλικιακή ομάδα

b. Not corrected for ties.

Πίνακας 14: Αποτελέσματα ελέγχου Kruskal - Wallis: Ηλικιακή ομάδα – Ευχρηστία: Χρόνος εκτέλεσης εφαρμογών (Ranks)

Ranks				
	Ηλικιακή ομάδα	N	Mean Rank	Sum of Ranks
COVID FREE GR	< 30 ετών	5	5,00	25,00
	>= 30 ετών	3	3,67	11,00
	Total	8		
COVID COACH	< 30 ετών	5	3,60	18,00
	>= 30 ετών	3	6,00	18,00
	Total	8		
COVID DEFENSE	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
COVID19-DBX SMART APP	< 30 ετών	5	3,90	19,50
	>= 30 ετών	3	5,50	16,50
	Total	8		
COVID ALERT NY	< 30 ετών	5	4,50	22,50
	>= 30 ετών	3	4,50	13,50
	Total	8		
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	< 30 ετών	5	4,50	22,50
	>= 30 ετών	3	4,50	13,50
	Total	8		
COVID ALERT NJ	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
COVID SERTIFICATE CHECK	< 30 ετών	5	3,50	17,50
	>= 30 ετών	3	6,17	18,50
	Total	8		
NHS COVID-19	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
CORONA-WARN-APP	< 30 ετών	5	3,50	17,50
	>= 30 ετών	3	6,17	18,50
	Total	8		

	Total	8		
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
COVID SYMPTOM STUDY	< 30 ετών	5	3,50	17,50
	>= 30 ετών	3	6,17	18,50
	Total	8		
WORLD ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	HEALTH < 30 ετών	5	4,50	22,50
	>= 30 ετών	3	4,50	13,50
	Total	8		
SPTH	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
RE-OPEN EU	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	< 30 ετών	5	4,50	22,50
	>= 30 ετών	3	4,50	13,50
	Total	8		
PC-COVID QUOC GIA	< 30 ετών	5	3,90	19,50
	>= 30 ετών	3	5,50	16,50
	Total	8		
CORONAMELDER	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
GVA CORONAVIRUS	< 30 ετών	5	3,50	17,50
	>= 30 ετών	3	6,17	18,50
	Total	8		
WEHEALTH ARIZONA	< 30 ετών	5	4,20	21,00
	>= 30 ετών	3	5,00	15,00
	Total	8		
PASSCOVID.GAL	< 30 ετών	5	3,00	15,00

	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
CORONAMADRID	< 30 ετών	5	3,50	17,50
	>= 30 ετών	3	6,17	18,50
	Total	8		
MD COVID ALERT	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
HEALTHY TOGETHER-COVID19	< 30 ετών	5	4,50	22,50
	>= 30 ετών	3	4,50	13,50
	Total	8		
BC COVID-19 SUPPORT	< 30 ετών	5	3,30	16,50
	>= 30 ετών	3	6,50	19,50
	Total	8		
SLOWCOVIDNC	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
COVID-19 EHS	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
COCOA-COVID19 CONTACT APP	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		
COVIDSAFE	< 30 ετών	5	4,50	22,50
	>= 30 ετών	3	4,50	13,50
	Total	8		
COVID19VERIFY	< 30 ετών	5	3,00	15,00
	>= 30 ετών	3	7,00	21,00
	Total	8		

Από τα δεδομένα των παρακάτω πινάκων, προκύπτει συσχέτιση της ηλικίας με το χρόνο εκτέλεσης των εφαρμογών: α) COVID DEFENSE / COVID ALERT NJ / NHS COVID-19 / PATIENTMPOWER FOR COVID-19 / SPTH / RE-OPEN EU / CORONAMELDER / PASSCOVID.GAL / MD COVID ALERT / SLOWCOVIDNC / COVID-19 EHS / COCOA-

COVID19 CONTACT APP / COVID19VERIFY ($U(5,3) = ,000$, $p = 0,008 < 0,05$). Πιο συγκεκριμένα, όσοι συμμετέχοντες ήταν μεγαλύτερης ηλικίας από 30 ετών ($MO_{\geq 30 \text{ ετών}} = 7,00$) χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να εκτελέσουν τις παραπάνω εφαρμογές σε σχέση με όσους ήταν έως 30 ετών ($MO_{< 30 \text{ ετών}} = 3,00$).

Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα και Συζήτηση

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας επέτρεψε την εξαγωγή μιας πληθώρας και χρήσιμων ευρημάτων αναφορικά με τους παράγοντες ποιότητας μιας εφαρμογής Android. Αναφορικά με την συντηρησιμότητα, το λογισμικό SonarQube μας βοήθησε ώστε να εντοπίσουμε τον μικρότερο αριθμό σφαλμάτων στις εξής εφαρμογές: α) PATIENTMPOWER FOR COVID-19, β) RE-OPEN EU και γ) HEALTHY TOGETHER-COVID19. Από την άλλη, τα περισσότερα σφάλματα εντοπίστηκαν στις εφαρμογές: α) COCOA-COVID19 CONTACT APP, β) PC-COVID QUOC GIA και γ) CUIDAR COVID-19 ARGENTINA. Από την άλλη, χαμηλότερη τιμή για τον δείκτη συντηρησιμότητας εντοπίστηκε στις εξής εφαρμογές: α) COVID-19 EHS, β) PATIENTMPOWER FOR COVID-19 και γ) HEALTHY TOGETHER-COVID19. Επίσης, σημαντικό εύρημα αποτελεί το γεγονός πως οι εφαρμογές που έχουν μικρότερο αριθμό σφαλμάτων έχουν και μικρότερο δείκτη – ανάγκη συντηρησιμότητας. Αντίστοιχα, οι εφαρμογές που έχουν υψηλότερο αριθμό σφαλμάτων έχουν και υψηλότερη τιμή για το δείκτη συντηρησιμότητας.

Σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας, ο μέσος όρος κατανάλωσης ενέργειας των εφαρμογών υπολογίζεται στο 0.18J όταν οι εφαρμογές είναι σε FOREGROUND λειτουργία. Από την άλλη, σε BACKGROUND λειτουργία έχουν μέσο όρο κατανάλωσης ενέργειας 0,64mJ. Γενικότερα δεν παρατηρούμε μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των εφαρμογών στην κατάσταση background. Αυτό είναι λογικό να συμβαίνει αφού πλέον το λογισμικό αυτομάτως από την στιγμή που βρίσκεται στο παρασκήνιο η εφαρμογή, δαπανά λιγότερη ενεργεία στην εκάστοτε εφαρμογή παρασκηνίου από ότι σε εφαρμογές πρώτου πλάνου. Αντίθετα όταν οι εφαρμογές βρίσκονται σε κατάσταση foreground έχουμε μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ των τιμών. Το γεγονός αυτό συμβαίνει διότι κάποιες εφαρμογές προκειμένου να λειτουργήσουν χρειάζονται περισσότερους πόρους, όπως για παράδειγμα η εφαρμογή CORONAMADRID. Η συγκεκριμένη εφαρμογή για να λειτουργήσει χρειάζεται να κάνει χρήση των δεδομένων, του GPS και του Bluetooth της συσκευής. Το ίδιο συμβαίνει και με την εφαρμογή COVID ALERT NY όπου παρατηρούμε μια μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Όμως όλες οι τιμές ήταν στα εκτιμώμενα όρια, αν λάβουμε υπόψη την απαιτητικότητα σε πόρους που παρουσιάζουν αυτές οι εφαρμογές. Αναφορικά με την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε λειτουργία FOREGROUND, αυτή εντοπίζεται για τις εξής εφαρμογές: α) WEHEALTH ARIZONA, β) COVIDSAFE και γ) PATIENTMPOWER FOR COVID-19. Όσον αφορά τις υψηλότερες τιμές, αυτές εντοπίζονται στις εφαρμογές: α) COVID FREE GR, β) CORONAMADRID και γ) COVID ALERT NY. Σχετικά με την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε λειτουργία BACKGROUND, αυτή εντοπίζεται για τις εξής εφαρμογές: α) COVIDSAFE, β) COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER και γ) MD COVID ALERT. Όσον αφορά τις υψηλότερες τιμές, αυτές εντοπίζονται στις εφαρμογές: α) BC COVID-19 SUPPORT, β) RE-OPEN EU και γ) SPTH.

Σχετικά με την ασφάλεια των Android εφαρμογών, η μέθοδος μελέτης του Security κατέδειξε πως το σύνολο των εφαρμογών είναι ασφαλές. Ωστόσο, προκύπτει ότι οι εφαρμογές: COVID FREE GR, COVID COACH, COVID19-DBX SMART APP, COVID ALERT LETS PROTECT EACH

OTHER, PATIENTMPOWER FOR COVID-19, PASSCOVID.GAL, HEALTHY TOGETHER-COVID19 και COCOA-COVID19 CONTACT APP, δεν ήταν πλήρως ασφαλής.

Αναφορικά με την ευχρηστία των Android εφαρμογών εξετάστηκαν τέσσερις παράμετροι: α) ο χρόνος, β) το ποσοστό επιτυχίας, γ) ο αριθμός των σφαλμάτων και δ) ο βαθμός ικανοποίησης. Πιο συγκεκριμένα, οι εφαρμογές που χρειάστηκαν λιγότερο χρόνο ήταν οι εξής: COVID19VERIFY, NHS COVID-19 και CORONAMELDER. Από την άλλη, οι εφαρμογές που χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο ήταν οι ακόλουθες: HEALTHY TOGETHER-COVID19, CUIDAR COVID-19 ARGENTINA και COVIDSAFE. Από την άλλη, τα αποτελέσματα κατέδειξαν πως για ορισμένες εφαρμογές υπήρξε αποτυχία εκτέλεσής τους από το σύνολο των χρηστών. Πιο συγκεκριμένα, αυτό εντοπίστηκε για τις εφαρμογές: COVID19-DBX SMART APP, CUIDAR COVID-19 ARGENTINA, PASSCOVID.GAL και COCOA-COVID19 CONTACT APP. Επιπρόσθετα, από τα αποτελέσματα γίνεται αντιληπτό πως στις περισσότερες εφαρμογές δεν προέκυψε κάποιο πρόβλημα – σφάλμα. Ωστόσο, οι εφαρμογές για τις οποίες εμφανίστηκαν σφάλματα ήταν οι εξής: COVID19-DBX SMART APP, CUIDAR COVID-19 ARGENTINA, COCOA-COVID19 CONTACT APP, WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY, COVID COACH, COVID SYMPTOM STUDY, HEALTHY TOGETHER-COVID19 και COVID-19 EHS. Επίσης, η στατιστική ανάλυση των μετρήσεων κατέδειξε πως οι εφαρμογές που ικανοποίησαν σε απόλυτο βαθμό τους συμμετέχοντες ήταν οι εξής: BC COVID-19 SUPPORT και COVID19VERIFY, ενώ και οι εφαρμογές COVID DEFENSE, CORONA-WARN-APP, RE-OPEN EU και MD COVID ALERT ικανοποίησαν σε πολύ μεγάλο βαθμό τους χρήστες. Εν αντιθέσει, με τις εφαρμογές: COVID19-DBX SMART APP, CUIDAR COVID-19 ARGENTINA και CORONAMADRID που ικανοποίησαν σε μικρότερο βαθμό τους χρήστες.

Τέλος, οι έλεγχοι συσχέτισεων – διαφοροποιήσεων κατέδειξαν μια σειρά σημαντικών ευρημάτων. Πιο συγκεκριμένα, προκύπτει συσχέτιση του φύλου με το χρόνο εκτέλεσης των εφαρμογών: COVID DEFENSE / COVID ALERT NJ / PATIENTMPOWER FOR COVID-19 / SPTH / RE-OPEN EU / CORONAMELDER / PASSCOVID.GAL / MD COVID ALERT / SLOWCOVIDNC / COVID-19 EHS / COCOA-COVID19 CONTACT APP / COVID19VERIFY και BC COVID-19 SUPPORT. Ειδικότερα, όσοι συμμετέχοντες ήταν γυναίκες χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να εκτελέσουν τις παραπάνω εφαρμογές σε σχέση με τους άνδρες. Επίσης, η ανάλυση των δεδομένων κατέδειξε συσχέτιση του φύλου με τον βαθμό ικανοποίησης των χρηστών από τις εφαρμογές: α) WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) ACADEMY. Πιο συγκεκριμένα, όσοι συμμετέχοντες ήταν γυναίκες δήλωσαν μεγαλύτερη ικανοποίηση από την εκτέλεση της παραπάνω εφαρμογής σε σχέση με τους άνδρες, β) CUIDAR COVID-19 ARGENTINA / COVIDSAFE. Πιο συγκεκριμένα, όσοι συμμετέχοντες ήταν άνδρες δήλωσαν περισσότερο ικανοποιημένοι από την εκτέλεση της παραπάνω εφαρμογής σε σχέση με τις γυναίκες και γ) BC COVID-19 SUPPORT. Πιο συγκεκριμένα, όσοι συμμετέχοντες ήταν άνδρες δήλωσαν περισσότερο ικανοποιημένοι από την εκτέλεση της παραπάνω εφαρμογής σε σχέση με τις γυναίκες. Επιπρόσθετα, προέκυψε συσχέτιση της ηλικίας με το χρόνο εκτέλεσης των εφαρμογών: α) COVID DEFENSE / COVID ALERT NJ / NHS COVID-19 / PATIENTMPOWER FOR COVID-19 / SPTH / RE-OPEN EU / CORONAMELDER / PASSCOVID.GAL / MD COVID ALERT / SLOWCOVIDNC / COVID-19 EHS / COCOA-COVID19 CONTACT APP / COVID19VERIFY. Πιο συγκεκριμένα, όσοι συμμετέχοντες ήταν μεγαλύτερης ηλικίας από 30 ετών χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να εκτελέσουν τις παραπάνω εφαρμογές σε σχέση με όσους ήταν έως 30 ετών.

Παράρτημα Α – Αποτελέσματα των Τεστ Ευχρηστίας Ανά Συμμετέχοντα

Στους πίνακες που ακολουθούν, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν τα ερευνητικά τεστ ευχρηστίας ανά άτομο από το σύνολο των οκτώ (8) συμμετεχόντων.

Πίνακας 15: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 1)

APPS NAMES	PERSON 1	SUCCESS RATE	ERRORS	SUBJECTIVE SATISFACTION
COVID FREE GR	55sec	100%	0	8
COVID COACH	25sec	100%	1	7
COVID DEFENSE	31sec	100%	0	10
COVID19-DBX SMART APP	24sec	100%	0	6
COVID ALERT NY	56sec	100%	0	9
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	27sec	100%	0	9
COVID ALERT NJ	38sec	100%	0	9
COVID CERTIFICATE CHECK	42sec	100%	0	9
NHS COVID-19	17sec	100%	0	9
CORONA-WARN-APP	39sec	100%	0	10
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	50sec	100%	0	9
COVID SYMPTOM STUDY	34sec	100%	1	8
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	53sec	100%	2	9

SPTH	15sec	100%	0	10
RE-OPEN EU	43sec	100%	0	10
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	58sec	100%	0	9
PC-COVID QUOC GIA	48sec	100%	0	7
CORONAMELDER	10sec	100%	0	10
GVA CORONAVIRUS	27sec	100%	0	9
WEHEALTH ARIZONA	22sec	100%	0	10
PASSCOVID.GAL	43sec	100%	0	9
CORONAMADRID	28sec	100%	0	8
MD COVID ALERT	14sec	100%	0	9
HEALTHY TOGETHER-COVID19	65sec	100%	0	10
BC COVID-19 SUPPORT	17sec	100%	0	10
SLOWCOVIDNC	30sec	100%	0	10
COVID-19 EHS	48sec	100%	1	9
COCOA-COVID19 CONTACT APP	35sec	100%	0	9
COVIDSAFE	55sec	100%	0	10
COVID19VERIFY	13sec	100%	0	10

Πίνακας 16: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 2)

APPS NAMES	PERSON 2	SUCCESS RATE	ERRORS	SUBJECTIVE SATISFACTION
COVID FREE GR	53sec	100%	0	9
COVID COACH	27sec	100%	0	8
COVID DEFENSE	30sec	100%	0	10
COVID19-DBX SMART APP	26sec	100%	0	7
COVID ALERT NY	55sec	100%	0	9
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	30sec	100%	0	10
COVID ALERT NJ	41sec	100%	0	10

COVID CERTIFICATE CHECK	44sec	100%	0	9
NHS COVID-19	12sec	100%	0	9
CORONA-WARN-APP	36sec	100%	0	10
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	47sec	100%	0	8
COVID SYMPTOM STUDY	32sec	100%	0	7
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	58sec	100%	1	9
SPTH	16sec	100%	0	9
RE-OPEN EU	40sec	100%	0	10
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	61sec	100%	0	9
PC-COVID QUOC GIA	53sec	100%	0	8
CORONAMELDER	12sec	100%	0	10
GVA CORONAVIRUS	29sec	100%	0	10
WEHEALTH ARIZONA	27sec	100%	0	10
PASSCOVID.GAL	46sec	100%	0	9
CORONAMADRID	32sec	100%	0	8
MD COVID ALERT	17sec	100%	0	10
HEALTHY TOGETHER-COVID19	67sec	100%	0	10
BC COVID-19 SUPPORT	22sec	100%	0	10
SLOWCOVIDNC	26sec	100%	0	10
COVID-19 EHS	43sec	100%	0	8
COCOA-COVID19 CONTACT APP	40sec	100%	0	8
COVIDSAFE	51sec	100%	0	10
COVID19VERIFY	10sec	100%	0	10

Πίνακας 17: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 3)

APPS NAMES	PERSON 3	SUCCESS RATE	ERRORS	SUBJECTIVE SATISFACTION
COVID FREE GR	56sec	100%	0	10
COVID COACH	24sec	100%	1	9
COVID DEFENSE	32sec	100%	0	10
COVID19-DBX SMART APP	25sec	100%	0	8
COVID ALERT NY	58sec	100%	0	10
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	32sec	100%	0	10
COVID ALERT NJ	37sec	100%	0	10
COVID CERTIFICATE CHECK	40sec	100%	0	10
NHS COVID-19	10sec	100%	0	10
CORONA-WARN-APP	38sec	100%	0	10
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	49sec	100%	0	9
COVID SYMPTOM STUDY	35sec	100%	0	10
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	55sec	100%	0	9
SPTH	19sec	100%	0	10
RE-OPEN EU	39sec	100%	0	10
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	64sec	100%	0	10
PC-COVID QUOC GIA	50sec	100%	0	10
CORONAMELDER	14sec	100%	0	8
GVA CORONAVIRUS	30sec	100%	0	10
WEHEALTH ARIZONA	32sec	100%	0	9
PASSCOVID.GAL	42sec	100%	0	9
CORONAMADRID	33sec	100%	0	10
MD COVID ALERT	19sec	100%	0	10
HEALTHY TOGETHER-COVID19	68sec	100%	1	10

BC COVID-19 SUPPORT	20sec	100%	0	10
SLOWCOVIDNC	29sec	100%	0	9
COVID-19 EHS	45sec	100%	0	9
COCOA-COVID19 CONTACT APP	37sec	100%	0	10
COVIDSAFE	56sec	100%	0	10
COVID19VERIFY	15sec	100%	0	10

Πίνακας 18: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 4)

APPS NAMES	PERSON 4	SUCCESS RATE	ERRORS	SUBJECTIVE SATISFACTION
COVID FREE GR	54sec	100%	0	10
COVID COACH	29sec	100%	0	10
COVID DEFENSE	34sec	100%	0	10
COVID19-DBX SMART APP	29sec	100%	1	6
COVID ALERT NY	53sec	100%	0	10
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	33sec	100%	0	10
COVID ALERT NJ	39sec	100%	0	10
COVID CERTIFICATE CHECK	43sec	100%	0	10
NHS COVID-19	15sec	100%	0	10
CORONA-WARN-APP	35sec	100%	0	10
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	45sec	100%	0	9
COVID SYMPTOM STUDY	34sec	100%	0	8
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	56sec	100%	0	10
SPTH	17sec	100%	0	10
RE-OPEN EU	42sec	100%	0	10
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	60sec	100%	0	8
PC-COVID QUOC GIA	51sec	100%	0	9

CORONAMELDER	16sec	100%	0	10
GVA CORONAVIRUS	32ssec	100%	0	9
WEHEALTH ARIZONA	31sec	100%	0	10
PASSCOVID.GAL	43sec	100%	0	9
CORONAMADRID	35sec	100%	0	8
MD COVID ALERT	22sec	100%	0	10
HEALTHY TOGETHER-COVID19	69sec	100%	0	8
BC COVID-19 SUPPORT	25sec	100%	0	10
SLOWCOVIDNC	33sec	100%	0	9
COVID-19 EHS	46sec	100%	0	9
COCOA-COVID19 CONTACT APP	42sec	100%	0	10
COVIDSAFE	61sec	100%	0	10
COVID19VERIFY	17sec	100%	0	10

Πίνακας 19: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 5)

APPS NAMES	PERSON 5	SUCCESS RATE	ERRORS	SUBJECTIVE SATISFACTION
COVID FREE GR	58sec	100%	0	8
COVID COACH	30sec	100%	0	9
COVID DEFENSE	36sec	100%	0	10
COVID19-DBX SMART APP	30sec	100%	2	7
COVID ALERT NY	54sec	100%	0	10
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	37sec	100%	0	9
COVID ALERT NJ	43sec	100%	0	10
COVID SERTIFICATE CHECK	45sec	100%	0	10
NHS COVID-19	19sec	100%	0	9
CORONA-WARN-APP	37sec	100%	0	10
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	49sec	100%	0	9

COVID SYMPTOM STUDY	40sec	100%	0	9
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	58sec	100%	0	10
SPTH	20sec	100%	0	10
RE-OPEN EU	46sec	100%	0	10
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	65sec	100%	0	9
PC-COVID QUOC GIA	54sec	100%	0	10
CORONAMELDER	19sec	100%	0	10
GVA CORONAVIRUS	35sec	100%	0	9
WEHEALTH ARIZONA	34sec	100%	0	10
PASSCOVID.GAL	46sec	100%	0	9
CORONAMADRID	37sec	100%	0	9
MD COVID ALERT	24sec	100%	0	10
HEALTHY TOGETHER-COVID19	66sec	100%	0	8
BC COVID-19 SUPPORT	26sec	100%	0	10
SLOWCOVIDNC	36sec	100%	0	9
COVID-19 EHS	49sec	100%	0	9
COCOA-COVID19 CONTACT APP	47sec	100%	0	10
COVIDSAFE	59sec	100%	0	9
COVID19VERIFY	19sec	100%	0	10

Πίνακας 20: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 6)

APPS NAMES	PERSON 6	SUCCESS RATE	ERRORS	SUBJECTIVE SATISFACTION
COVID FREE GR	53sec	100%	0	9
COVID COACH	50sec	100%	0	10
COVID DEFENSE	55sec	100%	0	10
COVID19-DBX SMART APP	48sec	100%	2	6
COVID ALERT NY	69sec	100%	0	10
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	46sec	100%	0	10
COVID ALERT NJ	54sec	100%	0	8
COVID SERTIFICATE CHECK	57sec	100%	0	9
NHS COVID-19	35sec	100%	0	10
CORONA-WARN-APP	51sec	100%	0	10
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	60sec	100%	0	9
COVID SYMPTOM STUDY	52sec	100%	0	10
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	66sec	100%	0	10
SPTH	37sec	100%	0	9
RE-OPEN EU	59sec	100%	0	10
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	77sec	100%	1	7
PC-COVID QUOC GIA	64sec	100%	0	10
CORONAMELDER	32sec	100%	0	9
GVA CORONAVIRUS	51sec	100%	0	10
WEHEALTH ARIZONA	48sec	100%	0	10
PASSCOVID.GAL	59sec	100%	0	9
CORONAMADRID	50sec	100%	0	8
MD COVID ALERT	37sec	100%	0	10
HEALTHY TOGETHER-COVID19	74sec	100%	0	10

BC COVID-19 SUPPORT	39sec	100%	0	10
SLOWCOVIDNC	53sec	100%	0	9
COVID-19 EHS	61sec	100%	0	9
COCOA-COVID19 CONTACT APP	60sec	100%	2	8
COVIDSAFE	70sec	100%	0	9
COVID19VERIFY	31sec	100%	0	10

Πίνακας 21: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 7)

APPS NAMES	PERSON 7	SUCCESS RATE	ERRORS	SUBJECTIVE SATISFACTION
COVID FREE GR	51sec	100%	0	8
COVID COACH	47sec	100%	0	10
COVID DEFENSE	56sec	100%	0	9
COVID19-DBX SMART APP	44sec	90%	1	6
COVID ALERT NY	63sec	100%	0	10
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	42sec	100%	0	10
COVID ALERT NJ	55sec	100%	0	9
COVID SERTIFICATE CHECK	54sec	100%	0	9
NHS COVID-19	31sec	100%	0	10
CORONA-WARN-APP	52sec	100%	0	9
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	61sec	100%	0	10
COVID SYMPTOM STUDY	50sec	100%	0	10
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	63sec	100%	0	10
SPTH	38sec	100%	0	9
RE-OPEN EU	57sec	100%	0	9
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	74sec	100%	1	7
PC-COVID QUOC GIA	66sec	100%	0	10
CORONAMELDER	35sec	100%	0	8

GVA CORONAVIRUS	51sec	100%	0	9
WEHEALTH ARIZONA	44sec	100%	0	10
PASSCOVID.GAL	60sec	100%	0	10
CORONAMADRID	52sec	100%	0	9
MD COVID ALERT	38sec	100%	0	10
HEALTHY TOGETHER-COVID19	70sec	100%	0	9
BC COVID-19 SUPPORT	37sec	100%	0	10
SLOWCOVIDNC	59sec	100%	0	9
COVID-19 EHS	63sec	100%	0	10
COCOA-COVID19 CONTACT APP	59sec	90%	1	7
COVIDSAFE	71sec	100%	0	10
COVID19VERIFY	33sec	100%	0	10

Πίνακας 22: Χρόνος, ποσοστό επιτυχίας, σφάλματα και βαθμός ικανοποίησης (Συμμετέχων 8)

APPS NAMES	PERSON 8	SUCCESS RATE	ERRORS	SUBJECTIVE SATISFACTION
COVID FREE GR	38sec	100%	0	9
COVID COACH	51sec	100%	0	9
COVID DEFENSE	53sec	100%	0	10
COVID19-DBX SMART APP	49sec	90%	1	6
COVID ALERT NY	64sec	100%	0	10
COVID ALERT LETS PROTECT EACH OTHER	41sec	100%	0	9
COVID ALERT NJ	60sec	100%	0	10
COVID SERTIFICATE CHECK	37sec	100%	0	9
NHS COVID-19	33sec	100%	0	9
CORONA-WARN-APP	47sec	100%	0	10
PATIENTMPOWER FOR COVID-19	55sec	100%	0	10

COVID SYMPTOM STUDY	52sec	100%	0	9
WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO)ACADEMY	58sec	100%	0	10
SPTH	39sec	100%	0	9
RE-OPEN EU	56sec	100%	0	10
CUIDAR COVID-19 ARGENTINA	72sec	80%	2	6
PC-COVID QUOC GIA	68sec	100%	0	9
CORONAMELDER	44sec	100%	0	10
GVA CORONAVIRUS	49sec	100%	0	9
WEHEALTH ARIZONA	43sec	100%	0	9
PASSCOVID.GAL	69sec	90%	0	8
CORONAMADRID	51sec	100%	0	10
MD COVID ALERT	40sec	100%	0	10
HEALTHY TOGETHER-COVID19	77sec	100%	0	9
BC COVID-19 SUPPORT	38sec	100%	0	10
SLOWCOVIDNC	66sec	100%	0	9
COVID-19 EHS	59sec	100%	0	10
COCOA-COVID19 CONTACT APP	62sec	100%	0	9
COVIDSAFE	76sec	100%	0	9
COVID19VERIFY	32sec	100%	0	10

Βιβλιογραφία

- [1] A. Bakker, “Comparing Energy Profilers for Android”, *21st Twente Student Conference on IT*, June 23rd, 2014.
- [2] T. Carcao, M. Couto, J. Cunha, J. Fernandes, J. Saraiva, “Detecting Anomalous Energy Consumption in Android Applications”. *Brazilian Symposium on Programming Languages, SBLP 2014: Programming Languages*, 2014, pp. 77–91.
- [3] G. Dini, F. Martinelli, I. Matteucci, M. Petrocchi, A. Saracino, D. Sgandurra, “*A Multi-Criteria-based Evaluation of Android Applications*”, 2017.
- [4] W. Enck, Machigar, Ongtang, P. McDaniel, “*Understanding Android Security*”, Pennsylvania State University, 2009.
- [5] P. Faruki, A. Bharmal, V. Laxmi, V. Ganmoor, S. Gaur, M. Conti, M. Rajarajan, Android Security: A Survey of Issues, Malware Penetration, and Defenses. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 17(2), 2015, pp. 998-1022. Doi: 10.1109/COMST.2014.2386139
- [6] A. Felt, E. Ha, S. Egelman, A. Haney, E. Chin, D. Wagner, “Android Permissions: User Attention, Comprehension, and Behavior”. *SOUPS '12: Proceedings of the Eighth Symposium on Usable Privacy and Security*, July 2012, Article No.: 3, 2012, pp. 1-14, Doi: <https://doi.org/10.1145/2335356.2335360>.
- [7] S. Hao, D. Li, W. Halfond, R. Govindan, “Estimating Mobile Application Energy Consumption using Program Analysis”, *ICSE 2013*, San Francisco, USA, 2013.
- [8] Y. Hu, I. Neamtiu, *Static Detection of Event-based Races in Android Apps*. ASPLOS'18, March 24-28, 2018, Williamsburg, VA, USA.
- [9] MetricsReloaded. Ανακτήθηκε στις 12 Μαΐου, 2023, από <https://github.com/BasLeijdekkers/MetricsReloaded/tree/master/stockmetrics/metricsDescriptions/metricsDescriptions>.
- [10] I. Σαββίδης, *Αξιολόγηση Εφαρμογών Android (Διπλωματική εργασία)*. Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, 2018.
- [11] B. Sarma, N. Li, C. Gates, R. Potharaju, C. Rotaru, “Android Permissions: A Perspective Combining Risks and Benefits”. *SACMAT '12: Proceedings of the 17th ACM symposium on Access Control Models and Technologies*, June 2012, pp. 13–22. Doi: <https://doi.org/10.1145/2295136.2295141>.

- [12] B. Shivade, M. Sharma, “Usability Analyzer Tool: A Usability Evaluation Tool For Android Based Mobile Application”. *International Journal of Emerging, Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS)*, Volume 3, Issue 3, May-June 2014.
- [13] Sonarqube. Ανακτήθηκε στις 06 Μαΐου, 2023, από <https://www.sonarsource.com/products/sonarqube/>.
- [14] Symposium on Usable Privacy and Security (SOUPS). July 11-13, 2012, Washington, DC, USA.
- [15] D. Tamir, O. Komogortsev, C. Mueller, “An Effort and Time Based Measure of Usability”, 30th International Conference on Software Engineering, 2008.
- [16] Trepn Profiler. Ανακτήθηκε στις 06 Μαΐου, 2023, από <https://el.softmedal.com/trepn-profiler-apk/>
- [17] P. Wijesekera, A. Baokar, A. Hosseini, S. Egelman, D. Wagner, K. Beznosov, “Android Permissions Remystified: A Field Study on Contextual Integrity”, 24th USENIX Security Symposium, August 12–14, 2015, Washington, D.C.
- [18] L. Zhang, B. Tiwana, R. Dick, Z. Qian, M. Mao, Z. Wang, L. Yang, “Accurate Online Power Estimation and Automatic Battery Behavior Based Power Model Generation for Smartphones”, 2007.

Συντομογραφίες - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια

ADB	Android Debug Bridge
AOSP	Android Open Source Project
CPU	Central Processing Unit
DAC	Discretionary Access Control
DoS	Denial of Service
GUI	Graphical User Interface
MAC	Mandatory Access Control
OEM	Original Equipment Manufacturer
OTA	Over The Air
PMS	Package Management System
SOD	State of Discharge
UID	Unique Identifier

Απόδοση Ξενόγλωσσων Όρων

Αγορά	Market
Αντίστροφη μηχανική	Reverse engineering
Αριθμός λήψεων	Downloads
Άρνηση παροχής υπηρεσίας	Denial of Service
Βαθμολογία χρηστών	Rating
Βασική Κυκλική Πολυπλοκότητα	Essential Cyclomatic Complexity
Δέκτης εκπομπής	Broadcast Receiver
Διαδίκτυο	Internet
Διακριτικός Έλεγχος Πρόσβασης	Discretionary Access Control
Διαμέρισμα συστήματος	System partition
Διεπαφή Χρήσης	Graphical User Interface
Δικαιώματα	Permissions
Δραστηριότητα	Activity
Έξυπνο κινητό τηλέφωνο	Smartphone
Επεξεργαστής	Central Processing Unit
Επίθεση άρνησης εξυπηρέτησης	Denial of service attack
Επικίνδυνα	Dangerous
Έργο	Project
Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο	Email
Κανονικά	Normal
Καταγραφή λειτουργίας της εφαρμογής	Logging

Κατασκευαστής αρχικού εξοπλισμού	Original Equipment Manufacturer
Κατάσταση αποφόρτισης	State of Discharge
Κοινωνική μηχανική	Social engineering
Κυκλική Πολυπλοκότητα	Cyclomatic Complexity
Λειτουργία	Operation
Λειτουργικότητα	Functionality
Λογισμικό	Software
Μέση Κυκλική Πολυπλοκότητα	Average Cyclomatic Complexity
Μέση Πολυπλοκότητα Λειτουργίας	Average Operation Complexity
Ολοκλήρωση	Integration
Παρασκήνιο	Background
Πάροχος περιεχομένου	Content Provider
Πολιτικές Υποχρεωτικού Ελέγχου Πρόσβασης	Mandatory Access Control
Πολυπλοκότητα Βάρους	Weight Method Complexity
Πολυπλοκότητα Σχεδιασμού	Design Complexity
Πρόσθετο	Plugin
Προσκήνιο	Foreground
Πυρήνας Linux	Kernel
Συνολική Κυκλική Πολυπλοκότητα	Total cyclomatic complexity
Σύστημα Διαχείρισης Πακέτων	Package Management System
Σφάλματα	Bugs
Συντηρησιμότητα	Maintainability
Υλικό	Hardware
Υπηρεσία	Service
Υπογραφή	Signature