

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

Διπλωματική Εργασία

Αξιολόγηση ποσοστού χρησιμοποιούμενης επιφάνειας της οθόνης κινητών συσκευών κατά τη διάρκεια απεικόνισης κυλιόμενου περιεχομένου

Τάγκαλος Δημήτριος
Α.Μ. 1047077

Επιβλέπων
Καθηγητής Μιχαήλ Ξένος

Συνεπιβλέπων
Μαλλάς Ανδρέας,
Υποψήφιος Διδάκτορας

Μέλη Επιτροπής Αξιολόγησης
Αναπληρωτής Καθηγητής Χρήστος Μακρής
Επίκουρος Καθηγήτρια Μαρία Ρήγκου

Πάτρα, 2022

© Copyright συγγραφής Τάγκαλος Δημήτριος, 2022

© Copyright θέματος Μιχαήλ Ξένος, Ανδρέας Μαλλάς

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών & Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πατρών δεν υποδηλώνει απαραιτήτως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Πρόλογος

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αφορά την αξιολόγηση του ποσοστού χρήσης της οθόνης κινητών συσκευών κατά τη διάρκεια απεικόνισης κυλιόμενου περιεχομένου. Πιο συγκεκριμένα, για τις ανάγκες αυτής της εργασίας, δημιουργήθηκε εφαρμογή σε περιβάλλον Android. Η συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο για την πειραματική καταμέτρηση του ποσοστού χρησιμοποίησης της οθόνης κατά την απεικόνιση κυλιόμενου περιεχομένου και πιο συγκεκριμένα, κειμένου το οποίο ξεπερνάει σε έκταση τα άνω και κάτω όρια της οθόνης. Παρακάτω, πρόκειται να παρουσιαστούν ορισμένα ιστορικά στοιχεία και αποτελέσματα από σχετικές έρευνες, ενώ στη συνέχεια γίνεται περιγραφή της διαδικασίας της ανάπτυξης και των σχετικών εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πειράματος που διεξήχθη, όπως επίσης και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την ανάλυση των σχετικών καταγραφών.

Περίληψη

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στη σημασία του UI/UX και αναφέρονται οι στόχοι σχετικά με την υλοποίησή της, όπως επίσης επισημαίνεται και η πιθανή συνεισφορά της σε εμπορικό επίπεδο. Στο ίδιο κεφάλαιο, παρουσιάζονται μερικά ιστορικά στοιχεία για τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα και την εξέλιξή τους από το πρώτο έξυπνο κινητό μέχρι σήμερα.

Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στα διαφορετικά μεγέθη οθονών και πώς αυτά μεγαλώνουν ανά τα χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται σχετικά στοιχεία ερευνών για το πώς επηρεάζει την εμπειρία χρήσης το μέγεθος με βάση τις μετρικές ποιότητας. Επίσης, αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας ενός οφθαλμικού ιχνηλάτη (eye-tracking), καθώς το eye-tracking είναι η βασική τεχνολογία για την αναγνώριση των προτιμώμενων περιοχών ανάγνωσης σε μία οθόνη.

Αμέσως μετά, περιγράφεται η διαδικασία της ανάπτυξης της εφαρμογής με σκοπό τη χρήση της ως εργαλείο για τη διεξαγωγή του πειράματος. Σε αυτό το σημείο γίνεται καταγραφή των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν για επιτευχθεί αυτή η διαδικασία, ενώ στη συνέχεια γίνεται εκτενής περιγραφή των διάφορων φάσεων της ανάπτυξης. Επίσης, παρουσιάζονται οι επιμέρους οθόνες της εφαρμογής που αναπτύχθηκε, καθώς και οι μηχανισμοί που έχουν δημιουργηθεί για να εξυπηρετούν τις ανάγκες επιθυμητής λειτουργικότητας.

Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή της διεξαγωγής του πειράματος, όπως επίσης και η περιγραφή της διαδικασίας της ανάλυσης των δεδομένων μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Python. Μέσω της διερευνητικής ανάλυσης των καταγεγραμμένων δεδομένων του πειράματος προκύπτουν τα αποτελέσματα, ενώ στη συνέχεια γίνεται η παρουσίαση τους και η εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει αυτών.

Τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματα και πιθανές επεκτάσεις αυτής της διπλωματικής εργασίας για μελλοντική εργασία.

Περιεχόμενα

1 2

Εισαγωγή 2

1.1 Σημασία του UI/UX 2

1.2 Στόχοι της Εργασίας 2

1.3 Διάρθρωση της Διπλωματικής Εργασίας 3

1.4 Συνεισφορά 4

1.5 Έξυπνα κινητά τηλέφωνα 4

1.5.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή 5

1.5.1.1 IBM Simon Personal Communicator (Το πρώτο έξυπνο κινητό τηλέφωνο) 5

1.5.1.2 iPhone 1st generation (Η άφιξη του λειτουργικού συστήματος iOS) 6

1.5.1.3 HTC Dream ή T-Mobile G1 (Η αυγή του Android OS) 6

1.5.1.4 Το αγοραστικό κοινό επιμένει στα συμβατικά κινητά τηλέφωνα (2009) 7

1.5.2 Τα έξυπνα κινητά σήμερα 7

2 10

Το μέγεθος της οθόνης και οι προτιμώμενες περιοχές χρήσης της 10

2.1 Η επιρροή του μεγέθους 10

2.2 Αναγνώριση των προτιμώμενων περιοχών ανάγνωσης μέσω eye tracker 12

2.2.1 Η τεχνολογία eye tracking 12

Ειδικά σχεδιασμένοι αισθητήρες 13

Προηγμένοι αλγόριθμοι 13

2.2.2 Οι προτιμώμενες περιοχές ανάγνωσης σε μία οθόνη 14

3 22

Εργαλεία ανάπτυξης 22

3.1 Η ανάγκη της υλοποίησης 22

3.2 Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν 22

3.2.1 Android Studio 23

3.2.1.1 Εφαρμογή αλλαγών (Apply Changes) 24

3.2.1.2 «Έξυπνος» επεξεργαστής κώδικα 25

3.2.1.3 Γρήγορη εξομοίωση με πλούσια χαρακτηριστικά 25

3.2.1.4 Πρότυπα κώδικα και δείγματα εφαρμογών 25

3.2.1.5 Το εργαλείο Lint 25

3.2.1.6 Εργαλεία δοκιμών και Frameworks 26

3.2.1.7 Στιβαρό και ευέλικτο σύστημα κατασκευής (build) 26

3.2.1.8 Σχεδιασμένο για ομάδες 26

3.2.1.9 Βελτιστοποιημένο για όλες τις συσκευές Android 26

3.2.1.10 Υποστήριξη C++ και NDK 27

3.2.1.11 Ενσωμάτωση Firebase και Cloud 27

3.2.1.12 Επεξεργαστής διάταξης 27

3.2.1.13 Αναλυτής APK 27

3.2.1.14 Vector Asset Studio 28

3.2.1.15 Επιμέλεια μεταφράσεων 28

3.2.2 Google Firebase ... 28
3.2.3 Γλώσσα Java και άλλες γλώσσες προγραμματισμού για ανάπτυξη εφαρμογών ... 29
3.2.3.1 Java ... 30
3.2.3.2 Kotlin ... 31
3.2.3.3 C++ ... 31
3.2.3.4 C# ... 31
3.2.3.5 LUA (Corona) ... 32
3.2.3.6 Python ... 32
3.2.3.7 React Native ... 32
3.2.3.8 Flutter ... 33
3.2.4 Jupyter Notebook και η γλώσσα Python ... 33

4 ... 36

Η ανάπτυξη της εφαρμογής ... 36
4.1.1 Το ποσοστό χρήσης της οθόνης ... 36
4.1.1.1 Γραμμές ανά κύλιση (Lines per Scroll) ... 37
4.1.1.2 Ποσοστό χρήσης οθόνης (Screen usage %) ... 37
4.1.2 Οι φάσεις ανάπτυξης ... 37
4.1.3 Περιγραφή επιμέρους οθονών ... 39
4.1.3.1 1η Οθόνη ή Android Activity ... 39
4.1.3.2 2η Οθόνη ή Android Activity ... 41
4.1.3.3 3η Οθόνη ή Android Activity ... 42
4.1.3.4 4η Οθόνη ή Android Activity ... 44

5 ... 46

Αξιολόγηση εφαρμογής με συμμετοχή χρηστών ... 46
5.1 Η διεξαγωγή του πειράματος ... 46
5.2 Διερευνητική ανάλυση δεδομένων ... 47
5.2.1 Προετοιμασία των δεδομένων ... 47
5.2.2 Αποτελέσματα αξιολόγησης ... 49

6 ... 63

Συμπεράσματα και Προοπτικές ... 63
6.1 Σύνοψη ... 63
6.2 Πιθανές επεκτάσεις για μελλοντική εργασία ... 64

Βιβλιογραφία- Αναφορές ... 67

Σύντομο Βιογραφικό Συγγραφέα ... 69

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1: IBM Simon Personal Communicator 6
Εικόνα 2: HTC Dream 7
Εικόνα 3: Αριθμός χρηστών smartphone παγκοσμίως 8
Εικόνα 4: Κατανομή του μεγέθους των οθονών στα smartphones (2019) [7] 12
Εικόνα 5: Επιτραπέζιο σύστημα eye-tracking (αριστερά) και γυαλιά eye-tracking (δεξιά) [9] 14
Εικόνα 6: Κατανομή της οπτικής προσοχής στην οθόνη για την εργασία ανάγνωσης. 17
Εικόνα 7: Κατανομή της οπτικής προσοχής στην οθόνη για την εργασία αγορών. 18
Εικόνα 8: Ο συμμετέχων 1 (επάνω) έχει μια ευρεία προτιμώμενη περιοχή ανάγνωσης (μεσαίο μ, μεγάλο σ), ενώ το εύρος εστίασης του συμμετέχοντα 2 (κάτω) είναι μάλλον στενά κατανεμημένη (μεγάλο μ, μικρό σ). 19
Εικόνα 9: Το περιβάλλον του Android Studio (Αριστερά βλέπουμε την περιήγηση στα αρχεία του έργου, στο κέντρο τη διεπαφή σύνταξης του κώδικα και στα δεξιά την προεπισκόπηση της δραστηριότητας που αναφέρεται το συγκεκριμένο αρχείο κώδικα) 24
Εικόνα 10: Το λογότυπο της εφαρμογής Catya 38
Εικόνα 11: Αριστερά βλέπουμε την 1η οθόνη όπως αυτή εμφανίζεται στον χρήστη εκτελώντας την εφαρμογή, στα δεξιά φαίνεται το σενάριο χρήσης κατά το οποίο ο χρήστης επιλέγει το κουμπί «ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ». 40
Εικόνα 12: Η 2η οθόνη με τη φόρμα για την εισαγωγή στοιχείων του συμμετέχοντος 41
Εικόνα 13: Μήνυμα συστήματος για μη εισαγωγή δεδομένων έτους γέννησης κατά την εκτέλεση της εφαρμογής με χρήση εξομοιωτή. 42
Εικόνα 14: Στα αριστερά βλέπουμε την 3η οθόνη με το κείμενο προς ανάγνωση να είναι χωρισμένο σε παραγράφους και δεξιά βλέπουμε το τέλος του κειμένου με το κουμπί μετάβασης στην επόμενη δραστηριότητα. 43
Εικόνα 15: Απόκομμα από τα δεδομένα της βάσης δεδομένων στην κονσόλα του Google Firebase 48
Εικόνα 16: Απόκομμα από το Jupyter Notebook στο οποίο βλέπουμε τίτλο στο άνω μέρος ακολουθούμενο από κώδικα, ενώ παρακάτω υπάρχουν οι εκτυπώσεις του κώδικα (μέσος όρος, τυπική απόκλιση και διάγραμμα διασποράς). 49
Εικόνα 17: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων, στον οριζόντιο άξονα βλέπουμε το μέσο όρο γραμμών ανά κύλιση, ενώ στον κατακόρυφο το ποσοστό χρήσης επί τοις εκατό. 51
Εικόνα 18: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για τα δεδομένα από το δεύτερο κείμενο (χωρισμένο σε παραγράφους), στον οριζόντιο άξονα βλέπουμε το μέσο όρο γραμμών ανά κύλιση, ενώ στον κατακόρυφο το ποσοστό χρήσης επί τοις εκατό. 52
Εικόνα 19: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για το πρώτο κείμενο, στον οριζόντιο άξονα βλέπουμε το σύνολο των κυλίσεων (scroll events), ενώ στον κατακόρυφο το ποσοστό χρήσης επί τοις εκατό 53
Εικόνα 20: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για το δεύτερο κείμενο, στον οριζόντιο άξονα βλέπουμε το σύνολο των κυλίσεων (scroll events), ενώ στον κατακόρυφο το ποσοστό χρήσης επί τοις εκατό 53
Εικόνα 21: Απεικόνιση του χρόνου (σε δευτερόλεπτα) που αφιερώθηκε από τους χρήστες σε ραυδόγραμμα για το πρώτο κείμενο. 54

Εικόνα 22: Απεικόνιση του χρόνου (σε δευτερόλεπτα) που αφιερώθηκε από τους χρήστες σε ραυδόγραμμα για το δεύτερο κείμενο. 54
Εικόνα 23: Παραγόμενο διαάραμμα σημείων για την απεικόνιση του ποσοστού χρήσης της οθόνης συναρτήσει του μεγέθους της εκάστοτε οθόνης για τα δεδομένα του πρώτου κειμένου. 55
Εικόνα 24: Παραγόμενο διαάραμμα σημείων για την απεικόνιση του ποσοστού χρήσης της οθόνης συναρτήσει του μεγέθους της εκάστοτε οθόνης για τα δεδομένα του δεύτερου κειμένου. 56
Εικόνα 25: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για τη συσχέτιση μεγέθους της οθόνης και του χρόνου μελέτης (κείμενο 1) 57
Εικόνα 26: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για τη συσχέτιση μεγέθους της οθόνης και του χρόνου μελέτης (κείμενο 2) 57
Εικόνα 27: Ραυδόγραμμα για την κατανομή των μεγεθών οθόνης που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα 58
Εικόνα 28: Ραυδόγραμμα κατανομής του ποσοστού χρήσης της οθόνης κατά την ανάγνωση του πρώτου συνεχούς κειμένου. 59
Εικόνα 29: Ραβδόγραμμα κατανομής του ποσοστού χρήσης της οθόνης κατά την ανάγνωση του δεύτερου κειμένου, το οποίο είναι χωρισμένο σε παραγράφους. 60
Εικόνα 30: Παραγόμενο θηκόγραμμα για την αποτύπωση της κατανομής του ποσοστού χρήσης της οθόνης για το πρώτο και το δεύτερο κειμενο αντίστοιχα. 61

Συντομογραφίες

UI	User Interface
UX	User Experience
PDA	Personal Digital Assistant
MP	Megapixels
GB	Gigabyte
OS	Operating System
EDR	Enhanced Data Rate
GUI	Graphical User Interface
GPS	Global Positioning System
HCI	Human Computer Interaction
ISO	International Organization for Standardization
APP	Application
LLDB	Low Level Debugger
NDK	Native Development Kit
JNI	Java Native Interface
IDE	Java Development Environment
APK	Android Package Kit
XML	Extensible Markup Language
API	Application Programming Interface
PSD	Photoshop Document
SVG	Scalable Vector Graphics
SDK	Software Development Kit
JSON	JavaScript Object Notation
HTML	Hypertext Markup Language
PDF	Portable Document Format

Γλωσσάρι ή Απόδοση Όρων

Smartphone	Έξυπνο κινητό τηλέφωνο
User Intreface	Διεπαφή χρήστη
User Experience	Εμπειρία χρήστη
Return on Investment	Απόδοση της επένδυσης
Bluetooth	Πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας
WiFi	Εμπορικός όρος ο οποίος αναφέρεται στο stardard IEEE 802.11x
Eye-tracking	Οφθαλμική ιχνηλάτηση
Mean	Μέσος όρος
Standard Deviation	Τυπική απόκλιση

1

Εισαγωγή

1.1 Σημασία του UI/UX

Όταν πρόκειται για την ικανοποίηση των χρηστών, αναφορικά με τη χρήση εφαρμογών είτε συσκευών, οι περισσότερες εταιρείες τεχνολογίας στρέφονται προς το σχεδιασμό της διεπαφής χρήστη ή User Interface (UI) και τον σχεδιασμό της εμπειρίας χρήστη ή User Experience (UX) των εφαρμογών.

Καθώς περνάμε όλο και περισσότερο χρόνο με τις ψηφιακές μας συσκευές, είμαστε όλοι αυτό που περιγράφουμε ως «χρήστες». Όταν επισκεπτόμαστε έναν ιστότοπο ή χρησιμοποιούμε μια εφαρμογή, το μόνο που αναζητούμε είναι ένας τρόπος να έχουμε μια αβίαστη εμπειρία, χωρίς αυτή να εμπεριέχει πολύπλοκες διαδικασίες που απαιτούν πολλή σκέψη.

Υπάρχουν λόγοι για τους οποίους ορισμένες μηχανές αναζήτησης είναι πιο εύχρηστες, ορισμένες εφαρμογές πληρωμών είναι πιο ασφαλείς από άλλες, η εξυπηρέτηση πελατών ενός ιστότοπου είναι εύκολη, ενώ σε άλλες δεν μπορούμε να βρούμε τις επιλογές που αναζητούμε. Όλες αυτές οι αξέχαστες εμπειρίες των χρηστών προέρχονται από καλά σχεδιασμένες και εκτελεσμένες σχεδιαστικές λύσεις.

Οι έρευνες [1] δείχνουν ότι κατά μέσο όρο, κάθε 1 δολάριο που επενδύεται στο UX αποδίδει 100 δολάρια, δηλαδή η απόδοση επένδυσης ή Return on investment αγγίζει το 9.900%. Επίσης, 8 στους 10 πελάτες είναι πρόθυμοι να πληρώσουν περισσότερα για μια καλύτερη εμπειρία χρήσης.

1.2 Στόχοι της Εργασίας

Ο βασικός στόχος της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η ανεύρεση κάποιου τρόπου μέτρησης του ποσοστού χρήσης της οθόνης από τους χρήστες. Έπειτα, να ερευνηθεί μέσω πειράματος το κατά πόσο η ποσότητα αυτή διαφοροποιείται μεταξύ των

χρηστών, αν η συμπεριφορά των χρηστών παρουσιάζει μοτίβα ή κάποιου είδους τάσεις και αν προκύπτουν συσχετισμοί μεταξύ των διάφορων καταγεγραμμένων μεγεθών σε συνάρτηση με το ποσοστό χρήσης. Μερικά από τα μεγέθη αυτά είναι το μέγεθος της οθόνης, ο χρόνος ανάγνωσης, ο αριθμός γραμμών κειμένου που χωρούν στην οθόνη και ο αριθμός κυλίσεων (scrolls) που εκτελεί ο χρήσης.

1.3 Διάρθρωση της Διπλωματικής Εργασίας

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε έξι κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή στην οποία αναφέρεται η σημασία του UI/UX, περιγράφονται οι στόχοι της εργασίας, η διάρθρωση και η συνεισφορά της. Τέλος, γίνεται μια ιστορική αναδρομή σχετικά με την εξέλιξη των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones), ενώ περιλαμβάνει και ορισμένα στατιστικά στοιχεία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε σχετικές έρευνες για την επιρροή του μεγέθους της οθόνης και τις προτιμώμενες περιοχές ανάγνωσης/εστίασης επί αυτής, ενώ παράλληλα γίνεται μια εισαγωγή στο τι είναι ένα οφθαλμικός ιχνηλάτης και πώς αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται.

Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής, η οποία αποτέλεσε το βασικό μέσο διεξαγωγής του πειράματος. Στο κεφάλαιο αυτό καταγράφονται όλα τα εργαλεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία της εφαρμογής αυτής, αλλά και για την ανάλυση των δεδομένων που διεξήχθη μετά την περάτωση της διεξαγωγής του πειράματος.

Το τέταρτο κεφάλαιο εστιάζει στη διαδικασία της ανάπτυξης λογισμικού και πιο συγκεκριμένα στην εφαρμογή Catya. Κατά την περιγραφή της ανάπτυξης παρουσιάζονται οι φάσεις της δημιουργίας της εφαρμογής, οι μετρικές που χρησιμοποιήθηκαν και περιγράφεται κάθε μία από τις επιμέρους οθόνες τόσο σε επίπεδο χρήστη όσο και σε επίπεδο λειτουργικότητας στο παρασκήνιο.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή του πειράματος αναφορικά με τη διεξαγωγή του, σχολιάζονται τα καταγεγραμμένα στοιχεία σχετικά με τους συμμετέχοντες και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Στη συνέχεια, γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων, καθώς και η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας με τη βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού Pyhton.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα και οι πιθανές επεκτάσεις που θα μπορούσαν να προστεθούν σαν μελλοντική εργασία.

1.4 Συνεισφορά

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αποσκοπεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον τρόπο χρήσης των έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Πιο συγκεκριμένα εστιάζει στις συνήθειες του χρήστη αναφορικά με την αλληλεπίδρασή του με κυλιόμενο περιεχόμενο μέσω της οθόνης. Στην προκειμένη περίπτωση αναπτύχθηκε εφαρμογή για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση του τρόπου χρήσης στην περίπτωση προβολής κυλιόμενου κειμένου, καθώς η αλληλεπίδραση αυτή αποτελεί μία από τις βασικότερες δραστηριότητες που εκτελούν καθημερινά οι χρήστες στα έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

Για τις ανάγκες της εργασίας αυτής δημιουργήθηκε εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα τα οποία χρησιμοποιούν το λειτουργικό σύστημα Android. Η εφαρμογή αυτή αναπτύχθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να καταγράφει και να αποθηκεύει σε βάση δεδομένων πληροφορίες όπως τον αριθμό των γραμμών κειμένου οι οποίες προβάλλονται στην οθόνη, τον αριθμό των νέων γραμμών κειμένου που «ανακαλύπτει» ο χρήστης εκτελώντας δραστηριότητα κύλισης (scroll), το μέγεθος της οθόνης στην οποία προβάλλεται το κείμενο και άλλα. Στη συνέχεια και εφόσον ο χρήστης επιβεβαιώσει ότι ολοκλήρωσε τη μελέτη του κειμένου, οι καταγεγραμμένες πληροφορίες συνθέτουν το ποσοστό χρήσης της οθόνης κατά την αλληλεπίδρασή του με το κείμενο αναφοράς.

Έτσι, αξιοποιώντας την εφαρμογή που περιγράφεται παραπάνω, διεξήχθη πειραματική μελέτη για την αξιολόγηση του ποσοστού χρήσης της οθόνης. Μέσω της ανάλυσης των καταγεγραμμένων δεδομένων, προκύπτει ότι ένα μεγάλο μέρος των χρηστών αξιοποιεί περίπου το 20% της επιφάνειας της οθόνης. Η μελέτη των συσχετίσεων του ποσοστού χρήσης και του μεγέθους της οθόνης μπορεί να αξιοποιηθεί ως ανατροφοδότηση για τους σχεδιαστές των συσκευών αυτών και να συνδράμει στην εξέλιξη του σχεδιασμού. Επίσης, τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τις καταγραφές αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν από σχεδιαστές ιστοσελίδων και εμπορικών εφαρμογών για την πιο αποδοτική προβολή διαφημίσεων αναφορικά με το μέγεθος της εκάστοτε οθόνης.

1.5 Έξυπνα κινητά τηλέφωνα

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει φέρει πληθώρα ηλεκτρονικών συσκευών στην καθημερινότητα του σύγχρονου ανθρώπου. Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί ραγδαία αύξηση της χρήσης φορητών συσκευών, ενώ μεγάλο μέρος αυτών αποτελούν τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα (smartphone).

Οι συσκευές αυτές παρέχουν ένα ευρύ σύνολο από υπηρεσίες, προσφέροντας ταχύτητα και ευκολία στην καθημερινότητα πολλών ανθρώπων, ενώ παράλληλα καθιστά τη σχέση ανθρώπου – υπολογιστή άρρηκτη και συνεχή στο πέρασμα των

χρόνων. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των έξυπνων κινητών τηλεφώνων είναι η εύκολη πρόσβαση στην πληροφορία ανεξαρτήτως τόπου και χρόνου [2].

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία σχετικά με την αυξητική τάση στη χρήση, αλλά και την εδραίωση αυτών των συσκευών σε παγκόσμια κλίμακα.

1.5.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Οι ανάγκες για μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ, σε συνδυασμό με το μικρότερο δυνατό όγκο, έφεραν σταδιακά στην επιφάνεια τα έξυπνα κινητά, τα οποία με τον καιρό φαίνεται να χαίρουν αποδοχής από το ευρύ κοινό, εν αντιθέσει με τα συμβατικά κινητά τηλέφωνα, που σταδιακά χάνουν τη δημοτικότητά τους. Παρακάτω, παρουσιάζονται – σε χρονολογική σειρά – ορισμένα ιστορικά γεγονότα, ορόσημα, αναφορικά με την εξέλιξη των συσκευών αυτών.

1.5.1.1 IBM Simon Personal Communicator (Το πρώτο έξυπνο κινητό τηλέφωνο)

Πριν από 27 χρόνια, το έτος 1994, έκανε την εμφάνισή του στην αγορά το πρώτο έξυπνο κινητό τηλέφωνο με το όνομα Siemens από την πολυεθνική εταιρία IBM. Στην πραγματικότητα ήταν ένα PDA με οθόνη αφής και δυνατότητα κλήσεων στην τιμή των 1.100 δολαρίων[1]. Επιπλέον, προσέφερε στο χρήστη τις παρακάτω δυνατότητες:

- Αριθμομηχανή
- Επαφές
- Ημερολόγιο
- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail)
- Προσωπικές σημειώσεις
- Ζωγραφική γραφικών
- Ώρα

Παρ' όλα αυτά, φαίνεται ότι το Siemens δεν γνώρισε τόσο μεγάλη αποδοχή από τους καταναλωτές, καθώς πουλήθηκαν μόλις 55.000 συσκευές.

[1] https://time.com/3137005/first-smartphone-ibm-simon/



Εικόνα 1: IBM Simon Personal Communicator[2]

1.5.1.2 iPhone 1st generation (Η άφιξη του λειτουργικού συστήματος iOS)

Το πρώτο iPhone κυκλοφόρησε από την Apple στις ΗΠΑ στις 29 Ιουνίου του 2007 έναντι 499 – 599 δολαρίων, αναλόγως του αποθηκευτικού χώρου του μοντέλου (4 ή 8 GB εσωτερικής μνήμης)[3]. Αναφορικά με τα χαρακτηριστικά του τηλεφώνου, το iPhone ήταν εξοπλισμένο με οθόνη αφής διαγωνίου 3,5 ιντσών και ανάλυσης 480 επί 320 εικονοστοιχείων, διέθετε κάμερα 2 MP, ενώ από πλευράς συνδεσιμότητας είχε δυνατότητα ασύρματης σύνδεσης Wi-Fi (802.11b/g) και τεχνολογία Bluetooth 2.0+EDR[4]. Οι συνολικές πωλήσεις του iPhone έφτασαν τις 6,1 εκατομμύρια συσκευές.

1.5.1.3 HTC Dream ή T-Mobile G1 (Η αυγή του Android OS)

Το HTC Dream κυκλοφόρησε το Σεπτέμβριο του 2008 από την HTC, όντας το πρώτο έξυπνο κινητό με λειτουργικό σύστημα android, με σκοπό να κερδίσει ένα μέρος της αγοράς έναντι άλλων δημοφιλών λειτουργικών συστημάτων έξυπνων τηλεφώνων της εποχής όπως το Symbian, το BlackBerry OS και το iOS. Το λειτουργικό του σύστημα προσέφερε γραφική διεπαφή χρήστη (GUI) με δυνατότητα παραμετροποίησης και υπηρεσίες της Google, όπως πλοήγηση GPS (google maps), ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και το Android Market για λήψη περισσότερων εφαρμογών. Αναφορικά με το υλικό της συσκευής, το HTC Dream έχει πτυσσόμενη οθόνη αφής 3,2 ιντσών και ανάλυσης 320 επί

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Simon
[3] https://www.macworld.com/article/1054764/liveupdate.html
[4] https://web.archive.org/web/20070714051039/http://www.apple.com/iphone/specs.html

480 εικονοστοιχείων[5], πίσω από την οποία υπάρχει πληκτρολόγιο με φυσικά πλήκτρα, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2: HTC Dream [6]

1.5.1.4 Το αγοραστικό κοινό επιμένει στα συμβατικά κινητά τηλέφωνα (2009)

Σύμφωνα με αναφορές [3] της αμερικανικής εταιρεία έρευνας αγοράς NPD, το αγοραστικό κοινό των Ηνωμένων Πολιτειών φαίνεται να επιμένει στα «παραδοσιακά» κινητά τηλέφωνα έναντι των έξυπνων κινητών της τότε εποχής, καθώς βάσει αριθμών, το 72 τοις εκατό των συσκευών που πουλήθηκαν ήταν συμβατικά κινητά τηλέφωνα. Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι το ίδιο έτος σημειώθηκε αύξηση 47% των πωλήσεων έξυπνων κινητών τηλεφώνων συγκριτικά με το προηγούμενο έτος.

1.5.2 Τα έξυπνα κινητά σήμερα

Η ακμάζουσα πορεία της επιστήμης των υπολογιστών σε συνδυασμό με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας, έκαναν προσιτή για το ευρύ κοινό την απόκτηση μιας πολυχρηστικής συσκευής, όπως το έξυπνο κινητό τηλέφωνο. Οι συσκευές αυτές παρέχουν μεγάλη υπολογιστική ισχύ και αποτελούν ένα χρηστικό εργαλείο για τον σύγχρονο άνθρωπο.

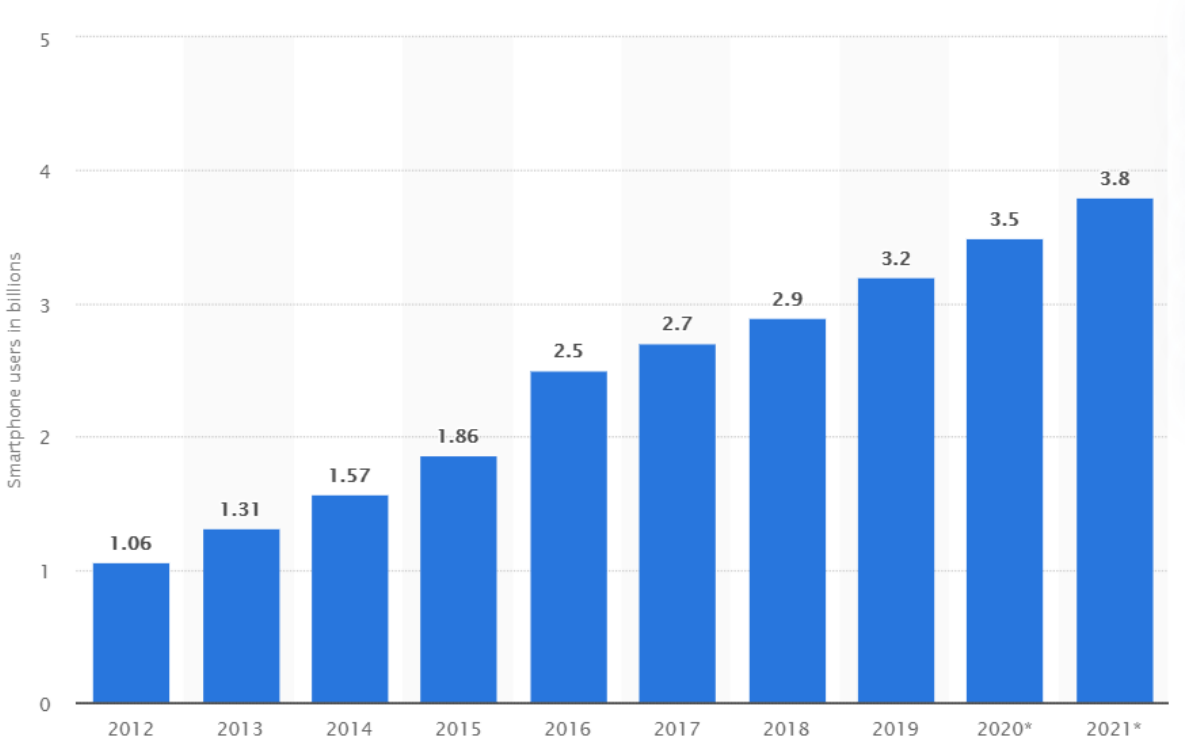
Προσφέρουν ένα ευρύ σύνολο από λειτουργίες και δυνατότητες για το μέσο χρήστη, με μερικές από αυτές να είναι η αναπαραγωγή πολυμέσων, η λήψη φωτογραφίας και βίντεο, πρόσβαση στο διαδίκτυο, πλοήγηση GPS, καθώς και αναρίθμητες επιπλέον εφαρμογές κάθε είδους.

Τα τελευταία χρόνια σημειώνεται μεγάλη αύξηση των χρηστών έξυπνων κινητών τηλεφώνων σε παγκόσμια κλίμακα. Το έτος 2012, ο συνολικός αριθμός χρηστών

[5] https://www.techradar.com/reviews/phones/mobile-phones/t-mobile-g1-470345/review
[6] techcrunch.com

παγκοσμίως ξεπέρασε για πρώτη φορά το ένα δισεκατομμύριο. Σύμφωνα με αναφορές[7] της γερμανικής εταιρίας Statista, η οποία ειδικεύεται στη μελέτη δεδομένων σχετικά με την αγορά και το καταναλωτικό κοινό, υπάρχει διαρκής αυξητική τάση στον συνολικό αριθμό χρηστών έξυπνων κινητών τηλεφώνων παγκοσμίως.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ότι σε διάστημα επτά ετών, οι χρήστες τριπλασιάστηκαν με το συνολικό αριθμό αυτών να φτάνει τα 3,2 δισεκατομμύρια.



Εικόνα 3: Αριθμός χρηστών smartphone παγκοσμίως [7]

[7] https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/

2

Το μέγεθος της οθόνης και οι προτιμώμενες περιοχές χρήσης της

2.1 Η επιρροή του μεγέθους

Με την αύξηση των χρηστών έξυπνων κινητών τηλεφώνων και τις διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες τους για μεγαλύτερη απόδοση, η σύγχρονη βιομηχανία καλείται να ανταπεξέλθει προσφέροντας όλο και πιο βελτιωμένα τηλέφωνα, με πληθώρα επιλογών στο μέγεθος της οθόνης, ισχυρούς επεξεργαστές και αυξημένη χωρητικότητα. Με γνώμονα τη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη, η εξέλιξη των έξυπνων κινητών τηλεφώνων δημιουργεί ερωτήματα και εύλογο προβληματισμό στους σχεδιαστές για την ανάπτυξη αυτών των συσκευών.

Η οθόνη, η οποία αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εξαρτήματα αυτών των συστημάτων, είναι συσκευή εισόδου και εξόδου καθώς αναπαρίσταται μέσω αυτής πληροφορία όπως σε μία «παραδοσιακή» οθόνη, με τη διαφορά ότι ο χρήστης χειρίζεται ταυτόχρονα τη συσκευή μέσω αφής. Επομένως, το βασικό δίλημμα που προκύπτει σχετίζεται με το ποιο είναι το βέλτιστο μέγεθος οθόνης. Σε μία μεγαλύτερη οθόνη μπορεί να προβληθεί μεγαλύτερος όγκος πληροφορίων και ενδεχομένως αυτό να βελτιώνει την αποδοτικότητα της χρήσης, βέβαια δεν μπορούμε να παραβλέψουμε τα πιθανά ζητήματα φορητότητας μιας μεγαλύτερης οθόνης και κατ' επέκταση μιας μεγαλύτερης συσκευής, όπως το έξυπνο κινητό τηλέφωνο. Η συσκευή αυτή θα μπορούσε να αξιολογηθεί βάση διεθνών προτύπων ποιότητας όσον αφορά ζητήματα ευχρηστίας [4].

Η χρηστικότητα (ή ευχρηστία) είναι ένα χαρακτηριστικό ποιότητας για την αξιολόγηση ενός αντικειμένου αναφορικά με την ευκολία στη χρήση του, καθώς επίσης σχετίζεται με μεθόδους βελτίωσης της εμπειρίας χρήσης κατά τη διαδικασία σχεδίασης ενός προϊόντος, όπως για παράδειγμα η διεπαφή χρήστη κάποιου λογισμικού. Για το επιστημονικό πεδίο της επικοινωνίας ανθρώπου – υπολογιστή (HCI), ο όρος αυτός χρησιμοποιείται ως ποιοτική παράμετρος για την αξιολόγηση ενός συστήματος. Η χρηστικότητα είναι μια πολυδιάστατη έννοια που αποσκοπεί στην επίτευξη ορισμένων

στόχων συνυφασμένων με τη σχεδίαση ενός προϊόντος ή συστήματος με γνώμονα την αποτελεσματικότητα, την αποδοτικότητα, αλλά και το αίσθημα ικανοποίησης από πλευράς του χρήστη σύμφωνα με το πρότυπο ISO 9241-11 [5].

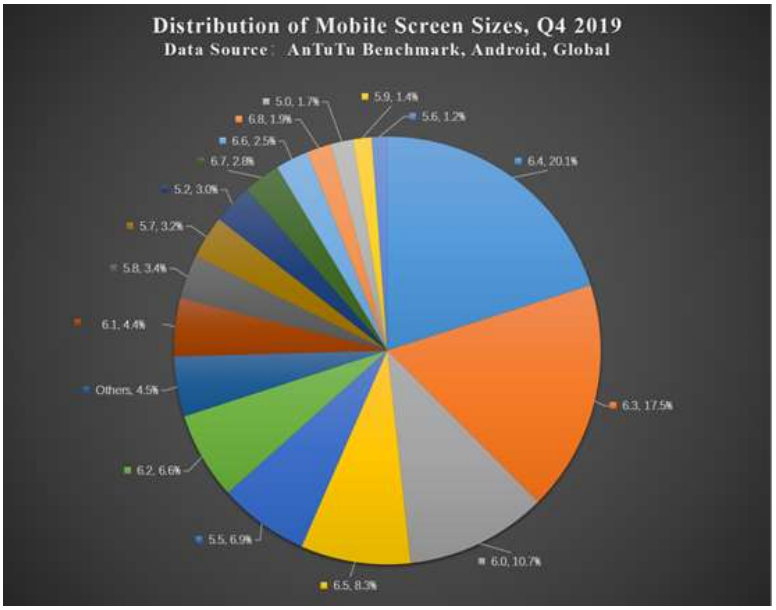
Σε έρευνες [6] του παρελθόντος σε επιτραπέζιους υπολογιστές, αλλά και σε συστήματα με μικρότερες οθόνες, αναφέρονται διαφορές στον τρόπο αλληλεπίδρασης των χρηστών στο εκάστοτε σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται ότι η αναζήτηση στο διαδίκτυο σε συστήματα με μικρότερες οθόνες απαιτούν περισσότερο χρόνο, ενώ παράλληλα οι μεγαλύτερες οθόνες δημιουργούν αυξημένη αίσθηση ικανοποίησης στο χρήστη. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η δομή της πληροφορίας, σε συνδυασμό με το μέγεθος της οθόνης, επηρεάζουν τη συμπεριφορά των χρηστών κατά την πλοήγηση, όπως επίσης και το αίσθημα ικανοποίησης, κυρίως, στην περίπτωση που ο χρήστης εκτελεί κάποια διαδικασία αυξημένης πολυπλοκότητας.

Το μέγεθος της οθόνης μια κινητής συσκευής φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στην ευχρηστία, την αποτελεσματικότητα, αλλά και την αποδοτικότητα της συσκευής αυτής. Σε σχετική έρευνα [7], η οποία δημοσιεύτηκε στο συνέδριο Mobile HCI το έτος 2013 στο Μονακό αναφορικά με το αντίκτυπο του μεγέθους της οθόνης μίας κινητής συσκευής, διεξήχθη πείραμα με 60 συμμετέχοντες οι οποίοι για τις ανάγκες του πειράματος κλήθηκαν να χρησιμοποιήσουν τρεις συσκευές με οθόνες διαφορετικού μεγέθους, 3.5, 4.3 και 5.3 ιντσών αντίστοιχα. Η ανάλυση των δεδομένων του πειράματος υποδηλώνει ότι υπάρχει σημαντική επίδραση του μεγέθους της οθόνης στην αποδοτικότητα των εργασιών σχετικών με την αναζήτηση πληροφοριών.

Φαίνεται ότι οι συμμετέχοντες που χρησιμοποιούσαν συσκευές με μεγαλύτερες οθόνες ήταν πιο αποδοτικοί σε σχέση με τους υπόλοιπους. Βέβαια, το μέγεθος της επίδρασης μιας μεγαλύτερης οθόνης σχετίζεται και με τη φύση της διαδικασίας που εκτελεί ο χρήστης. Πιο συγκεκριμένα, σε πιο απαιτητικές δραστηριότητες αναζήτησης, οι οποίες απαιτούν αρκετή αλληλεπίδραση (μέσω κύλισης) με τη συσκευή, φαίνεται να ωφελούνται σε μεγάλο βαθμό από την πρόσθετη επιφάνεια της μεγαλύτερης οθόνης.

Τα αποτελέσματα τέτοιων ερευνών αποτελούν σημαντική πηγή πληροφοριών, όχι μόνο για τους χρήστες, αλλά και για τους σχεδιαστές των συσκευών αυτών. Τα τελευταία χρόνια το μέγεθος της οθόνης των έξυπνων κινητών συσκευών έχει αυξηθεί σε σχέση με τα παλαιότερα μοντέλα της αγοράς. Σε στοιχεία[8] που παρουσιάζει η εφαρμογή αξιολόγησης επιδόσεων έξυπνων κινητών τηλεφώνων Antutu benchmark, για το έτος 2019, το 83% των χρηστών τις χρησιμοποιεί κινητά με οθόνες άνω των 6 ιντσών.

[8] https://www.antutu.com/en/doc/120460.htm



Εικόνα 4: Κατανομή του μεγέθους των οθονών στα smartphones (2019) [7]

Εν κατακλείδι, οι ερευνητές που αξιολογούν τις συσκευές μέσω μετρικών ευχρηστίας, όπως η αποτελεσματικότητα και η αποδοτικότητα, θα παρατηρήσουν ότι οι μεγαλύτερες οθόνες μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένη απόδοση. Το μέγεθος έχει σημασία για τους τυπικούς χρήστες καθώς μπορεί να επηρεάσει την αποδοτικότητά τους σε καθημερινές δραστηριότητες αναζήτησης πληροφοριών, αλλά και να τους προσφέρει αίσθηση ικανοποίησης.

2.2 Αναγνώριση των προτιμώμενων περιοχών ανάγνωσης μέσω eye tracker

2.2.1 Η τεχνολογία eye tracking

Η οφθαλμική ιχνηλάτηση (eye tracking) είναι η τεχνολογία η οποία επιτρέπει σε έναν υπολογιστή ή άλλη συσκευή να αναγνωρίζει και να καταγράφει τις κινήσεις των οφθαλμών ενός ανθρώπου με τη χρήση ενός οφθαλμικού ιχνηλάτη. Ένας οφθαλμικός ιχνηλάτης μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για το πώς ο άνθρωπος επεξεργάζεται τις οπτικές πληροφορίες, καθώς ανιχνεύει τις περιοχές στις οποίες εστιάζει το ανθρώπινο μάτι. Ο ιχνηλάτης δύναται να εντοπίζει την κερατοειδή αντανάκλαση και την κόρη του οφθαλμού [8]. Έτσι, συνδυάζοντας την πληροφορία από αυτά τα δύο χαρακτηριστικά, καθίσταται εφικτός ο υπολογισμός του σημείου εστίασης σε μία καθορισμένη επιφάνεια[9].

[9] https://www.tobii.com/group/about/this-is-eye-tracking/#:~:text=Eye%20tracking%20is%20a%20sensor,each%20eye%2C%20and%20gaze%20point

Παρακάτω, αναφέρονται δύο βασικά στοιχεία ενός συστήματος eye tracking υψηλής απόδοσης:

Ειδικά σχεδιασμένοι αισθητήρες

Το υλισμικό τους αποτελείται από αισθητήρες με ειδικές κάμερες υψηλής ανάλυσης και προβολείς υπέρυθρου φωτός υψηλής απόδοσης, οι οποίοι είναι κατάλληλοι για την καταγραφή εικόνων των οφθαλμών, αλλά και των αντανακλάσεων του φωτός.

Προηγμένοι αλγόριθμοι

Οι αλγόριθμοι αποτελούν τον «εγκέφαλο» των συστημάτων αυτών, καθώς είναι υπεύθυνοι για την επεξεργασία των δεδομένων που καταγράφουν οι αισθητήρες. Οι αλγόριθμοι αυτοί χρησιμοποιούν μηχανική μάθηση, επεξεργασία εικόνας και μαθηματικούς υπολογισμούς, ώστε να εντοπιστεί η θέση των ματιών και το σημείο εστίασης.

Όσον αφορά την οφθαλμική ιχνηλάτηση, υπάρχουν αρκετές διαφορετικές συσκευές οι οποίες μας δίνουν τη δυνατότητα να παρακολουθήσουμε τις κινήσεις των οφθαλμών του χρήστη. Οι συσκευές αυτές χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τους επιτραπέζιους οφθαλμικούς ιχνηλάτες, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε κάποια οθόνη υπολογιστή (Screen-based eye trackers), και τα γυαλιά ιχνηλάτησης. Ανεξαρτήτως κατηγορίας, τέτοιες συσκευές αξιοποιούνται σε πληθώρα ερευνητικών πεδίων, προσφέροντας διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με τον τρόπο χρήσης τους.

Οι συσκευές επιτραπέζιων οφθαλμικών ιχνηλατών χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων από τα οπτικά ερεθίσματα τα οποία προβάλλονται σε μία οθόνη, με μερικά από αυτά να είναι εικόνες, βίντεο, ιστοσελίδες, περιοδικά και ηλεκτρονικά βιβλία. Οι ιχνηλάτες τέτοιου είδους παρέχουν κάποιο ηλεκτρονικό σύστημα το οποίο τοποθετείται κάτω από την οθόνη ή σε κοντινή απόσταση από αυτή, ενώ για την καταγραφή των κινήσεων των οφθαλμών απαιτείται από τους χρήστες να βρίσκονται μπροστά από μία οθόνη και να αλληλοεπιδρούν με το περιεχόμενο το οποίο προβάλλεται σε αυτή. Παρόλο που αυτές οι συσκευές παρακολουθούν τα μάτια μόνο μέσα σε συγκεκριμένα όρια (το λεγόμενο headbox), η ελευθερία κινήσεων εξακολουθεί να είναι αρκετά μεγάλη για τους χρήστες, τουλάχιστον όσον αφορά ένα φυσιολογικό εύρος κίνησης ενώ παρακολουθούν ερεθίσματα τα οποία προβάλλονται σε μία οθόνη. Τέλος, ένα σημαντικό πλεονέκτημα των συσκευών αυτών είναι το γεγονός ότι δεν απαιτείται από το χρήστη να χρησιμοποιήσει κάποιο επιπλέον εξάρτημα για να γίνει η καταγραφή.

Όπως υποδηλώνει το όνομά τους, αυτές οι φορητές συσκευές τοποθετούνται σε κοντινή απόσταση από τα μάτια, καθώς ο σχεδιασμός τους παραπέμπει σε έναν ελαφρύ σκελετό γυαλιών οράσεως με τους αισθητήρες να βρίσκονται περιμετρικά των «νοητών φακών» των γυαλιών αυτών, ενώ επιτρέπουν στους χρήστες να κινούνται ελεύθερα στο χώρο κατά τη διεξαγωγή της καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων. Αυτό αποτελέι πλεονέκτημα εάν η διεξαγωγή της μελέτης απαιτεί την εκτέλεση εργασιών που

περιλαμβάνουν κίνηση. Ως μειονέκτημα μπορούμε να σημειώσουμε ότι τα γυαλιά θα μπορούσαν ενδεχομένως να μετατοπιστούν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της καταγραφής εάν υπάρχει μεγάλη κίνηση (για παράδειγμα κατά τη χρήση σε κάποιο άθλημα).



Εικόνα 5: Επιτραπέζιο σύστημα eye-tracking (αριστερά) και γυαλιά eye-tracking (δεξιά) [9]

Η τεχνολογία eye tracking χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο εύρος ερευνητικών πεδίων, καθώς επίσης βρίσκει εφαρμογή και σε διάφορες εμπορικές εφαρμογές. Οι πληροφορίες που εξάγονται, σχετικά με τα σημεία εστίασης ενός ατόμου ή και μιας ομάδας ανθρώπων, μπορούν να φανούν χρήσιμες σε έρευνες σχετικές με την επιστήμη της ψυχολογίας, σε κάποια ιατρική διάγνωση [9], στο νευρομάρκετινγκ κ.α..

Μέσω αυτής της τεχνολογίας, τέτοιες πληροφορίες μπορούν να μας φανερώσουν πώς γίνεται η κατανομή της προσοχής, ενώ χρησιμοποιούνται ευρέως ως διαγνωστικό εργαλείο από ψυχολόγους αλλά και γιατρούς. Μελέτες έχουν δείξει ότι η τεχνολογία οφθαλμικής ιχνηλάτησης μπορεί να συμβάλλει στη διάγνωση του αυτισμού, όπως επίσης και άλλων νευρολογικών διαταραχών [10].

Επιπλέον, η τεχνολογία αυτή έχει εφαρμογές στο πεδίο του νευρομάρκετινγκ [11]. Για παράδειγμα, η παρακολούθηση των σημείων εστίασης των χρηστών κατά την περιήγηση σε ένα ηλεκτρονικό κατάστημα, παρέχει πολύτιμες πληροφορίες στους σχεδιαστές της ιστοσελίδας, οι οποίες είναι καθοριστικές για τον σχεδιασμό και τη διάταξη των προϊόντων του καταστήματος.

2.2.2 Οι προτιμώμενες περιοχές ανάγνωσης σε μία οθόνη

Σε αυτή την υποενότητα πρόκειται να μελετήσουμε μια διερευνητική μελέτη που αναλύει τις προτιμώμενες περιοχές ανάγνωσης σε μια οθόνη με τη χρήση οφθαλμικής ιχνηλάτησης. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για επιστημονικό άρθρο [12] το οποίο δημοσιεύτηκε τον Απρίλιο του έτους 2010 στο συνέδριο HCI (Human Computer Interaction) από τους Georg Buscher, Ralf Biedert, Daniel Heinesch, Andreas Dengel του DFKI (Γερμανικό Κέντρο Ερευνών για την Τεχνητή Νοημοσύνη), στην πόλη Kaiserslautern της Γερμανίας.

Η συγκεκριμένη έρευνα [12] δείχνει ότι οι χρήστες έχουν διαφορετικές προτιμώμενες περιοχές ανάγνωσης, οι οποίες ποικίλλουν ως προς τη θέση τους στην

οθόνη και ως προς το μέγεθός τους. Επιπλέον, διερευνάται το πώς οι αλληλεπιδράσεις κύλισης και οι κινήσεις του ποντικιού συσχετίζονται με τη θέση και το μέγεθος των μεμονωμένων προτιμώμενων περιοχών ανάγνωσης.

Είναι επιτακτική ανάγκη να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι βλέπουν τις ιστοσελίδες, προκειμένου να υλοποιηθεί και ο ανάλογος σχεδιασμός. Κατά την προβολή ιστοσελίδων, μία από τις πιο συχνές δραστηριότητες που εκτελεί ο χρήστης είναι η ανάγνωση, δηλαδή η προσήλωση στο κείμενο με τα μάτια με χαρακτηριστικό τρόπο και η κατανόησή του. Εκτός όμως από τις κινήσεις των ματιών μας, που μπορούν να ανιχνευθούν από τους ανιχνευτές ματιών, οι χρήστες αλληλεπιδρούν και με άλλους τρόπους με έναν υπολογιστή κατά την ανάγνωση. Για παράδειγμα, πραγματοποιούνται δραστηριότητες κύλισης (scrolling) ανά διαστήματα και μετακινείται ο κέρσορας χρησιμοποιώντας το ποντίκι. Τέτοιου είδους αλληλεπιδράσεις μπορούν να μας δώσουν χρήσιμες πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης διαβάζει.

Στη συγκεκριμένη δημοσίευση [12], αναλύονται οι προτιμώμενες περιοχές ανάγνωσης στην οθόνη κατά την ανάγνωση εγγράφων ή μεγαλύτερων ιστοσελίδων. Συνήθως, οι χρήστες εκτελούν δραστηριότητες κύλισης για να μετακινήσουν το κείμενο που διαβάζουν στην προτιμώμενη περιοχή ανάγνωσης στην οθόνη. Στόχος της συγκεκριμένης έρευνας είναι να εξερευνηθούν και να αναλυθούν αυτές οι περιοχές χρησιμοποιώντας την οφθαλμική ιχνηλάτιση, προκειμένου να βρούμε χαρακτηριστικά των περιοχών ανάγνωσης που είναι παρόμοια ή διαφορετικά μεταξύ των χρηστών.

Επιπλέον, στοχεύει στο να γίνουν κάποιες εκτιμήσεις για την ατομική περιοχή ανάγνωσης ενός χρήστη χωρίς τη χρήση οφθαλμικού ιχνηλάτη (eye tracker), απλώς παρατηρώντας τις κινήσεις του ποντικιού και τις αλληλεπιδράσεις μέσω κύλισης (scrolling).

Η συμπεριφορά των κινήσεων των ποντικιών και η σχέση της με το βλέμμα των ματιών έχει αναλυθεί σε προηγούμενες έρευνες [13]. Για παράδειγμα, οι Cox και Silva μελέτησαν αυτή τη σχέση σε μια διαδραστική εργασία στην οποία οι συμμετέχοντες έπρεπε να επιλέξουν στοιχεία μενού. Διαπίστωσαν ότι ο κέρσορας του ποντικιού χρησιμοποιείται συχνά για να επισημάνει ενδιαφέροντες στόχους που έχουν ήδη εξεταστεί. Αργότερα, οι Rodden, Fu, Aula και Spiro [14], μελέτησαν τη σχέση μεταξύ των κινήσεων του ποντικιού και του βλέμματος στις σελίδες αποτελεσμάτων αναζήτησης. Εντόπισαν τρεις σημαντικούς τύπους κινήσεων του ποντικιού που διαφέρουν μεταξύ των ατόμων: 1 ακολουθώντας το βλέμμα μόνο κάθετα, 2 ακολουθώντας το επίσης οριζόντια και 3 σημειώνοντας αποσπάσματα του κειμένου. Στην έρευνα [15] των Atterer και Lorenzi, οι παραπάνω πληροφορίες αξιοποιήθηκαν ώστε να δημιουργηθεί μία επέκταση για τον περιηγητή διαδικτύου, η οποία θα αποθηκεύει την ώρα που αφιέρωσε ο χρήστης στην οθόνη, ενώ παράλληλα θα παρουσιάζει τα σημεία εστίασης. Η έρευνα αυτή [15] είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα διότι δείχνει ότι οι κινήσεις του ποντικιού μπορούν να είναι πολύ κατατοπιστικές όσον αφορά την εστίαση της οπτικής προσοχής του χρήστη στην οθόνη. Η συγκεκριμένη έρευνα πρόκειται να μας δώσει περισσότερα στοιχεία με στόχο να απαντήσει στα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

- Πώς κατανέμονται τα σημεία εστίασης στην οθόνη κατά την ανάγνωση;
- Ποια είναι η φύση της διακύμανσης μεταξύ των χρηστών;
- Υπάρχει σχέση μεταξύ των κινήσεων του ποντικιού και της κατανομής των σημείων εστίασης στην οθόνη;
- Υπάρχει σχέση μεταξύ των ενεργειών κύλισης (scrolling) και των σημείων εστίασης στην οθόνη;

Με σκοπό να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα, σχεδιάστηκε μελέτη [12] για τη συλλογή δεδομένων αναφορικά με τις κινήσεις του ποντικιού, τις αλληλεπιδράσεις κύλισης και την καταγραφή των σημείων όπου εστιάζει ο κάθε χρήστης κατά την επαφή του με δύο διαφορετικά μακροσκελή έγγραφα.

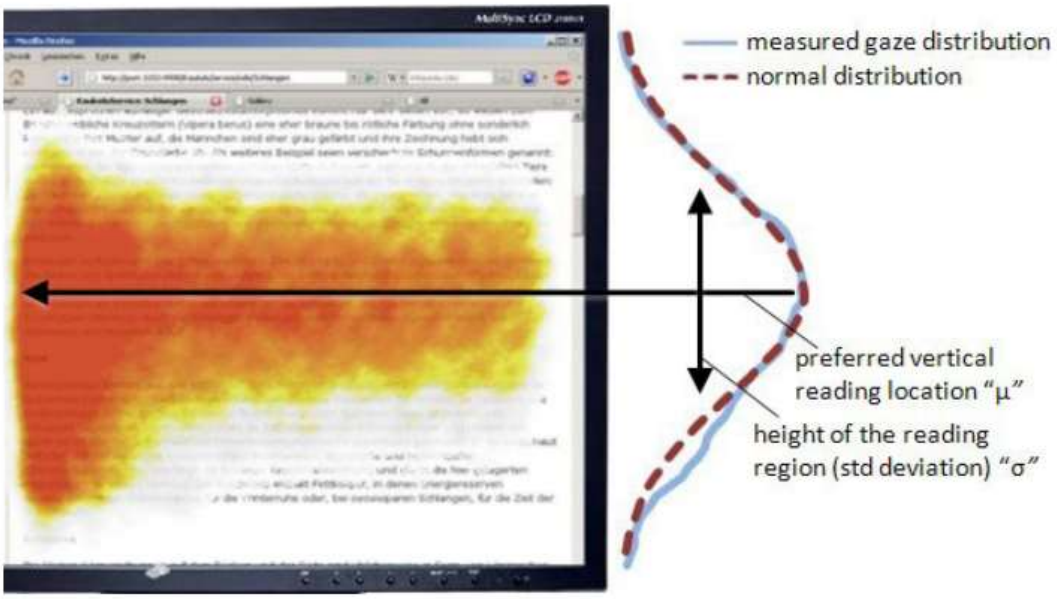
Η πρώτη δραστηριότητα, στην οποία οι συμμετέχοντες έχοντας ρόλο καταναλωτή, πρόκειται να βρουν και να επιλέξουν εξαρτήματα για ένα νέο σύστημα υπολογιστών, ικανοποιώντας προκαθορισμένους περιορισμούς όσον αφορά την απόδοση και την τιμή. Οι συμμετέχοντες περιηγήθηκαν σε ένα έγγραφο μήκους άνω των 60 σελίδων που περιείχε όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σε μορφή πίνακα. Στη συνέχεια, τους ζητήθηκε να βρουν οκτώ εξαρτήματα για ένα νέο σύστημα υπολογιστή, όπως έναν επεξεργαστή, έναν σκληρό δίσκο, μία μητρική πλακέτα και άλλα. Το έγγραφο αυτό περιείχε έναν πίνακα για κάθε τύπο εξαρτήματος. Κάθε πίνακας είχε πολλές στήλες. Η πρώτη στήλη περιείχε πάντα πληροφορίες για τον κατασκευαστή και τον τύπο, η τελευταία στήλη περιείχε την τιμή, ενώ οι ενδιάμεσες στήλες περιείχαν περαιτέρω προδιαγραφές των εξαρτημάτων.

Η δεύτερη δραστηριότητα ήταν μια δοκιμασία ανάγνωσης. Εδώ, οι συμμετέχοντες είχαν ακριβείς ανάγκες πληροφόρησης και έπρεπε να διαβάσουν τέσσερα μακροσκελή έγγραφα προκειμένου να βρουν στοιχεία που να ικανοποιούν τις ανάγκες τους. Ένα από τα θέματα αφορούσε την οπτική αντίληψη των ζώων, ενώ το δεύτερο τους μηχανισμούς θερμορύθμισης των ζώων. Και στις δύο περιπτώσεις, έλαβαν το ίδιο σύνολο εγγράφων, δηλαδή τέσσερα άρθρα της Wikipedia για φίδια, μέλισσες, σκύλους και φώκιες, τα οποία είδαν με τη σειρά. Κάθε άρθρο είχε έκταση περίπου δώδεκα σελίδες και περιείχε αποσπάσματα με σχετικές πληροφορίες για τα δύο θέματα με το μεγαλύτερο μέρος του περιεχομένου των εγγράφων να είναι άσχετο με τα δύο θέματα.

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος [12], τα δεδομένα της οπτικής εστίασης των συμμετεχόντων καταγράφονταν με τη χρήση ενός επιτραπέζιου οφθαλμικού ιχνηλάτη Tobii 1750 με μέγεθος οθόνης 17" και ανάλυση 1280x1024 εικονοστοιχεία (pixels). Επιπλέον, ο πειραματικός σταθμός εργασίας περιλάμβανε ένα κοινό πληκτρολόγιο και ένα τυπικό ποντίκι με τροχό κύλισης (ροδέλα). Όλα τα έγγραφα παρουσιάστηκαν σε ένα πρόγραμμα περιήγησης (Firefox) που περιείχε πρόσθετες λειτουργίες για την καταγραφή των κινήσεων του ποντικιού και των αλληλεπιδράσεων κύλισης. Επιπλέον, για ορισμένους από τους συμμετέχοντες, καταγράφηκε σε βίντεο η δραστηριότητα τους στην οθόνη.

Πέντε συμμετέχοντες εκτέλεσαν την εργασία αγορών, ενώ 15 συμμετέχοντες εκτέλεσαν την εργασία ανάγνωσης εκ των οποίων κανένας δεν εκτέλεσε και τις δύο εργασίες. Ήταν μεταπτυχιακοί και προπτυχιακοί φοιτητές πανεπιστημίου με ειδίκευση σε διάφορα θέματα. Η ολοκλήρωση της εργασίας αγορών διήρκεσε περίπου 10 λεπτά ανά συμμετέχοντα, ενώ η ολοκλήρωση της εργασίας ανάγνωσης (και τα δύο θέματα μαζί) διήρκεσε περίπου 30 λεπτά.

Η Εικόνα 6 απεικονίζει την κατανομή των σημείων εστίασης στην οθόνη κατά τη διάρκεια της εργασίας ανάγνωσης και για τους 15 συμμετέχοντες. Κάθετα, το βλέμμα συγκεντρώνεται γύρω από το κέντρο της οθόνης. Η κατανομή των καταγεγραμμένων δεδομένων του βλέμματος μοιάζει πολύ με την κανονική κατανομή.

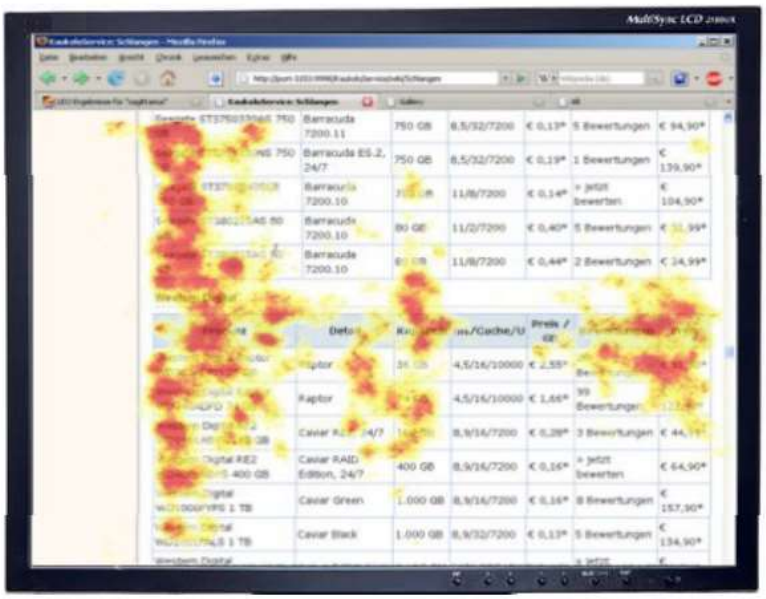


Εικόνα 6: Κατανομή της οπτικής προσοχής στην οθόνη για την εργασία ανάγνωσης

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6, στο αριστερό όριο του κειμένου, το εύρος των σημείων εστίασης είναι πολύ πιο μεγάλο από ό,τι στο μεσαίο και το δεξιό όριο του κειμένου. Προκειμένου να εξηγήσουν αυτή την παρατήρηση, παρακολούθησαν τα βίντεο από τις καταγραφές οθόνης που ελήφθησαν από 5 από τους συμμετέχοντες. Τα βίντεο της οθόνης μαζί με μια επικάλυψη των καταγεγραμμένων θέσεων του βλέμματος σε κάθε χρονική στιγμή αποκάλυψε δύο συμπεριφορές κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης, τη συγκεντρωμένη ανάγνωση και τη σάρωση του κειμένου.

Οι σελίδες που είχαν δοθεί για τη δραστηριότητα ανάγνωσης ήταν σχετικά μεγάλες (περίπου 12 σελίδες), αλλά περιείχαν μόνο μερικά αποσπάσματα σχετικά με το θέμα ενδιαφέροντος, με αποτέλεσμα οι συμμετέχοντες να «σαρώνουν» το έγγραφο προκειμένου να εντοπίσουν τα σχετικά μέρη του εγγράφου. Κατά τη διάρκεια της συμπεριφοράς σάρωσης, οι συμμετέχοντες κοίταζαν κυρίως την αρχή των γραμμών και σάρωναν γρήγορα προς τα κάτω. Συνήθως χρησιμοποιούσαν ολόκληρο το ύψος του παραθύρου προβολής του εγγράφου (δηλαδή την περιοχή στο εσωτερικό του παραθύρου του προγράμματος περιήγησης που εμφανίζεται το έγγραφο).

Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης, οι συμμετέχοντες κοίταζαν σε όλο το μήκος κάθε γραμμής (όχι μόνο την αρχή της), ενώ παράλληλα χρησιμοποιούσαν μόνο ένα κατακόρυφα «στενό» τμήμα της οθόνης.



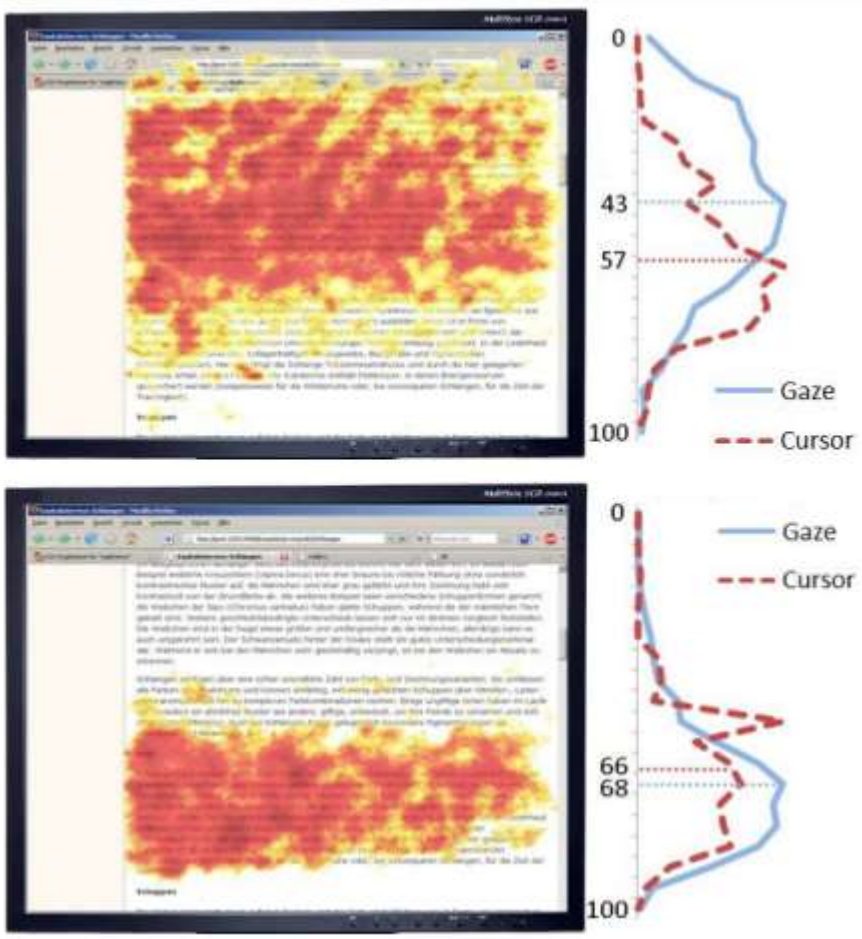
Εικόνα 7: Κατανομή της οπτικής προσοχής στην οθόνη για την εργασία αγορών

Η κατανομή των σημείων εστίασης φαίνεται διαφορετική για την εργασία αγορών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7. Ωστόσο, η ανάλυση των βίντεο της οθόνης με την επικάλυψη των καταγεγραμμένων θέσεων του βλέμματος έδειξε ένα παρόμοιο μοτίβο όπως και για την εργασία ανάγνωσης: το αριστερό όριο του κειμένου, δηλαδή οι τίτλοι και η πρώτη στήλη των πινάκων, χρησιμοποιήθηκαν για τη σάρωση και την εύρεση σχετικών τμημάτων των εγγράφων. Εάν βρεθεί ένα σχετικό τμήμα, τότε οι υπόλοιπες στήλες με πιο συγκεκριμένες πληροφορίες για το προϊόν εστιάζονταν και μετακινούνταν κάθετα στο κέντρο της οθόνης.

Συνολικά, κατά την προβολή μακροσκελών εγγράφων, η κατανομή του βλέμματος μοιάζει με σχήμα Τ περιστρεφόμενο κατά 90° προς τα αριστερά. Το σύνολο των σημείων οριζόντια προέρχεται από τη συμπεριφορά ανάγνωσης, ενώ τα σημεία που καταγράφονται στον κατακόρυφο άξονα (αριστερά) προέρχονται από τη συμπεριφορά σάρωσης.

Στη συνέχεια, με σκοπό να βρεθεί η διακύμανση μεταξύ των χρηστών αναλύθηκε η «χαρτογράφηση» απεικόνισης της προσοχής του χρήστη που φανερώνει τα σημεία εστίασης του βλέμματος για κάθε μεμονωμένο χρήστη. Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει εκπληκτικά μεγάλη διακύμανση μεταξύ των χρηστών, κυρίως σε σχέση με δύο διαφορετικές παραμέτρους που απεικονίζονται στην Εικόνα 6: την κατακόρυφη προτιμώμενη θέση ανάγνωσης «μ» και την κατακόρυφη διασπορά «σ» του βλέμματος γύρω από την προτιμώμενη θέση (δηλαδή την τυπική απόκλιση της ατομικής κατανομής). Παρατηρήθηκε μια συνεχής διακύμανση μεταξύ των χρηστών όσον αφορά και τις δύο παραμέτρους. Δύο υποδειγματικές ατομικές κατανομές βλέμματος στη μορφή

θερμικών χαρτών και διαγραμμάτων από την εργασία ανάγνωσης παρουσιάζονται στην Εικόνα 8.



Εικόνα 8: Ο συμμετέχων 1 (επάνω) έχει μια ευρεία προτιμώμενη περιοχή ανάγνωσης (μεσαίο μ, μεγάλο σ), ενώ το εύρος εστίασης του συμμετέχοντα 2 (κάτω) είναι μάλλον στενά κατανεμημένη (μεγάλο μ, μικρό σ)

Αναφορικά με το αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των κινήσεων του ποντικιού και της κατανομής του εύρους εστίασης στην οθόνη, έγινε διερευνητική ανάλυση των δεδομένων από την εργασία ανάγνωσης (15 συμμετέχοντες), η οποία αποκάλυψε ότι για έναν μεμονωμένο συμμετέχοντα, η κατανομή της κάθετης θέσης του δρομέα με την πάροδο του χρόνου είναι σχετικά παρόμοια με την κατανομή του κάθετου βλέμματος, ιδίως όσον αφορά τις μέσες τιμές των κατανομών.

Αγνοώντας δύο "ακραίους" συμμετέχοντες για τους οποίους οι δύο κατανομές δεν ταίριαζαν καλά, προσδιορίσαμε μια μέση διαφορά 8,0% του ύψους της οθόνης μεταξύ των μέσων όρων των δύο κατανομών για την εργασία ανάγνωσης (τυπική απόκλιση = 5,9%). Για παράδειγμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8 (άνω μέρος), η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων όρων για τον συμμετέχοντα 1 (ο οποίος ήταν ένας από τους δύο συμμετέχοντες που ξεπέρασαν τα όρια) είναι ίση με 57% - 43% = 14%- για τον συμμετέχοντα 2 (σχήμα 3 κάτω) ισούται με 2%.

Ως εκ τούτου, ο μέσος όρος της κατανομής της κατακόρυφης θέσης του δρομέα μπορεί να χρησιμεύσει ως μια καλή εκτίμηση για την ατομικά προτιμώμενη κατακόρυφη θέση ανάγνωσης «μ» ενός χρήστη.

Η υπόθεση των ερευνητών ήταν ότι η απόσταση μιας τυπικής ενέργειας κύλισης μπορεί να αντικατοπτρίζει το μέγεθος της κατακόρυφης εξάπλωσης εύρους εστίασης (δηλαδή το ύψος «σ» της περιοχής ανάγνωσης, βλ. σχήμα 1). Για να δώσουμε δύο ακραία παραδείγματα: από τη μία πλευρά, ένας χρήστης που εκτελεί κύλιση κάθε τόσο για ένα πλήρες ύψος της οθόνης μπορεί να διαβάζει πάντα από το πάνω μέρος της οθόνης προς το κάτω και επομένως, μπορεί να έχει υψηλή κατακόρυφη διασπορά του εύρους εστίασης (όπως ο συμμετέχων 1 στην Εικόνα *3* στο άνω μέρος). Από την άλλη πλευρά, ένας χρήστης που εκτελεί πολύ συχνά κυλίσεις (scrolling) για λίγες μόνο γραμμές μπορεί να έχει πολύ στενή κατακόρυφη εξάπλωση του εύρους εστίασης (όπως ο συμμετέχων 2 στην Εικόνα 8 κάτω μέρος).

Συνολικά, η μέση απόσταση κύλισης ενός χρήστη είναι κατατοπιστική σε σχέση με την κατακόρυφη εξάπλωση «σ» της κατανομής της εστίασης του χρήστη στην οθόνη κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης. Ωστόσο, υπάρχει πολύς θόρυβος στα δεδομένα, ο οποίος προέρχεται από τις αλληλεπιδράσεις πλοήγησης με το έγγραφο που συμβαίνουν όταν ο χρήστης σαρώνει το κείμενο.

Συμπερασματικά, η διερευνητική αυτή μελέτη [12] δείχνει ότι η οπτική προσοχή δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στην οθόνη. Οι χρήστες έχουν διαφορετικές προτιμώμενες περιοχές ανάγνωσης όταν χρησιμοποιούν μεγάλα έγγραφα. Κατακόρυφα, η εστίαση του χρήστη στο έγγραφο μπορεί να προσεγγιστεί από μια κανονική κατανομή που καθορίζεται από δύο παραμέτρους:

1. Την προτιμώμενη κατακόρυφη θέση ανάγνωσης «μ»

   και

2. το ποσό της κατακόρυφης διασποράς «σ».

Φαίνεται λογικό να εκτιμήσουμε την τιμή του «μ» με βάση τη μέση κατακόρυφη θέση του δρομέα στην οθόνη κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης. Η παράμετρος «σ» θα μπορούσε να προσεγγιστεί από το ατομικό μέσο ύψος των ενεργειών κύλισης κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης.

Η δυνατότητα ακριβούς προσέγγισης των τμημάτων ενός εγγράφου στην οθόνη που έχει διαβάσει ο χρήστης είναι πολύτιμη ανατροφοδότηση για την ανάκτηση πληροφοριών, καθώς και για τη βελτίωση της αλληλεπίδρασης με τα έγγραφα.

3

Εργαλεία ανάπτυξης

3.1 Η ανάγκη της υλοποίησης

Για τη διεξαγωγή του πειράματος που περιγράφεται σε αυτή τη διπλωματική εργασία, χρειάστηκε να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί ένα εργαλείο το οποίο θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε καλύτερα το πώς ο χρήστης αλληλοεπιδρά με την οθόνη του έξυπνου κινητού τηλεφώνου του και πιο συγκεκριμένα, πώς διαβάζει ένα μακροσκελές κείμενο, σε συνδυασμό με τον ρυθμό κυλίσεων που διενεργεί κατά την ανάγνωση του εκάστοτε συνόλου προτάσεων κάθε φορά.

Έτσι, για να εξυπηρετηθεί η ανάγκη, που αναφέρεται στη σύντομη περιγραφή παραπάνω, υλοποιήθηκε εφαρμογή (app) android, η οποία θα αποτελέσει το βασικό εργαλείο για την εξομοίωση των συνθηκών προβολής κυλιόμενου κειμένου και καταγραφής της ανάδρασης του χρήστη με το κείμενο αυτό μέσω της οθόνης αφής. Στην προσπάθεια περιγραφής των συνηθειών του χρήστη, κατά την προβολή κυλιόμενου περιεχομένου, χρειάστηκε να δημιουργήσουμε απλές, αλλά ουσιώδεις και σαφώς ορισμένες μετρικές, ώστε να ποσοτικοποιήσουμε τα δεδομένα που καταγράφηκαν κατά

την ανάγνωση των κειμένων. Η καταγραφή των στοιχείων αυτών έγινε μέσω της εφαρμογής που αναπτύχθηκε, η οποία αναλαμβάνει την προώθηση των καταγεγραμμένων πληροφοριών σε βάση δεδομένων, δημιουργώντας διαφορετικές εγγραφές για κάθε χρήστη ξεχωριστά.

Στην επόμενη ενότητα, περιγράφονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη τις εφαρμογής της, αλλά και την συλλογή των δεδομένων που εξάχθηκαν μέσω του πειράματος.

3.2 Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν

Στην ενότητα αυτή πρόκειται να γίνει η καταγραφή, αλλά και η περιγραφή των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του πειράματος για τις ανάγκες της

διπλωματικής εργασίας. Η υλοποίηση αυτή περιλαμβάνει την ανάπτυξη εφαρμογής για λειτουργικό σύστημα android, την αποθήκευση των στοιχείων που προέκυψαν από το πείραμα σε βάση δεδομένων πραγματικού χρόνου καθώς και την περεταίρω επεξεργασία των δεδομένων αυτών.

3.2.1 Android Studio

Το πρώτο βήμα για την υλοποίηση της εφαρμογής για την διεξαγωγή του πειράματος ήταν η επιλογή του λειτουργικού συστήματος για το οποίο θα προορίζεται η εφαρμογή αυτή. Η επιλογή ήταν το λειτουργικό σύστημα Android της Google, καθώς φαίνεται να είναι το πιο δημοφιλές λειτουργικό σύστημα στα έξυπνα κινητά τηλέφωνα, τα οποία αποτελούν και το βασικό μέσο διεξαγωγής του πειράματος.

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία[10] του statcounter.com, αυτή τη στιγμή, η αναλογία χρηστών Android σε σχέση με τους χρήστες iOS είναι υπέρ του λειτουργικού συστήματος Android. Φαίνεται ότι η πλειοψηφία δείχνει εμφανώς την προτίμηση της σε Android συσκευές, καθώς το 72,44% των συσκευών έχουν εγκατεστημένη κάποια έκδοση Android, τη στιγμή που το iOS βρίσκεται αρκετά πιο κάτω με ποσοστό 26.75% σε παγκόσμια κλίμακα, ενώ το υπολειπόμενο 0,81% απαρτίζεται από συσκευές με λειτουργικά συστήματα KaiOS, Samsung OS, Nokia και άλλα (Σεπτέμβριος 2021).

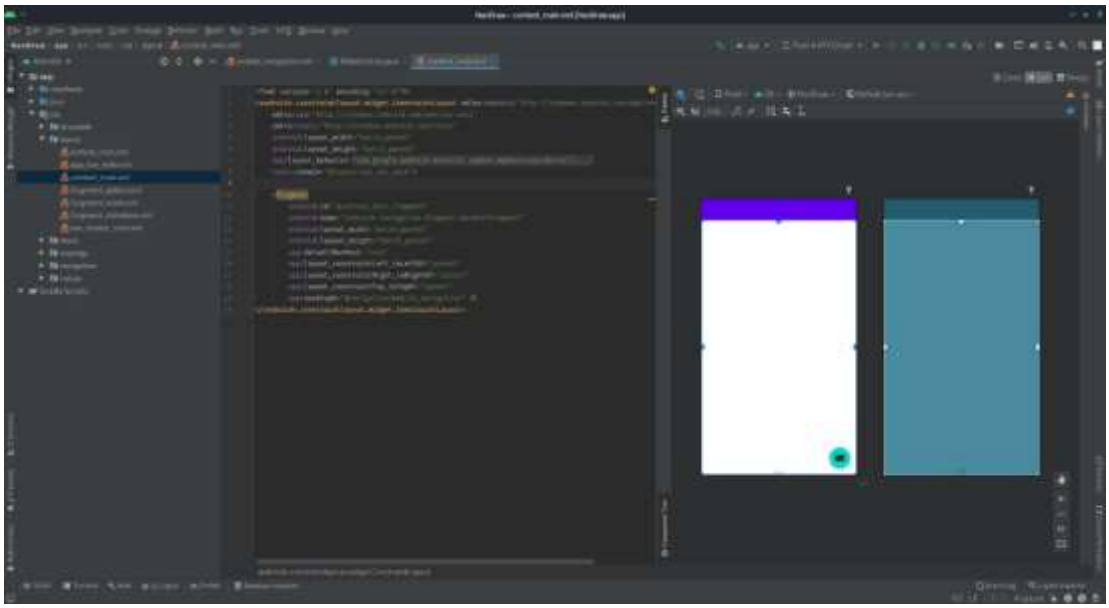
Βέβαια, το γεγονός της προτίμησης από τους χρήστες δεν ήταν ο μοναδικός λόγος για να κατευθυνθούμε στην ανάπτυξη εφαρμογής για λειτουργικό σύστημα Android. Στην πραγματικότητα, η δημιουργία μιας εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα θα μπορούσε να είναι διπλατφορμική (cross-platform), δηλαδή να καλύπτει αμφότερες τις συσκευές οι οποίες έχουν εγκατεστημένο είτε λειτουργικό σύστημα Android είτε iOS. Αυτή η επιλογή θα αποτελούσε τροχοπέδη στην υλοποίηση της εργασίας, καθώς ο χρόνος υλοποίησης και οι διαδικασίες των δοκιμών θα αυξάνονταν σημαντικά για τα δύο λειτουργικά, ενώ ταυτόχρονα η ανάπτυξη μιας τέτοιας εφαρμογής φαινόταν ιδιαιτέρως αυξημένης πολυπλοκότητας σε cross-platform λογική, αφήνοντας ερωτηματικά για το τελικό αποτέλεσμα.

Οι εγγενείς (native) εφαρμογές κάνουν την καλύτερη δυνατή χρήση των πόρων του συστήματος και αξιοποιούν τις δυνατότητες της πλατφόρμας στο μέγιστο των δυνατοτήτων της. Αυτό σημαίνει ότι οι native εφαρμογές είναι εφαρμογές υψηλής απόδοσης, με καλύτερη απόκριση, εν γένει ταχύτερες στην εκτέλεση της και με μειωμένη πιθανότητα η αναπτυσσόμενη εφαρμογή να δημιουργήσει σφάλματα κατά την εκτέλεση και να καταρρεύσει.

Το Android Studio είναι το επίσημο ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE), ειδικά σχεδιασμένο για ανάπτυξη εφαρμογών για το λειτουργικό σύστημα Android της Google[11], το οποίο είναι βασισμένο στο λογισμικό IntelliJ IDEA της JetBrains'. Το

[10] https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide
[11] https://developer.android.com/studio/features

λογισμικό αυτό διατίθεται για λήψη σε λειτουργικά συστήματα βασισμένα σε Windows, MacOS και σε Linux περιβάλλοντα. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 9[12],είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο, ώστε να κάνει την ανάπτυξη του λογισμικού ταχύτερη βοηθώντας τον χρήστη να δημιουργήσει εφαρμογές υψηλής ποιότητας για κάθε συσκευή με εγκατεστημένο το λειτουργικό σύστημα Android.



Η σουίτα ανάπτυξης εφαρμογών της Google προσφέρει ένα σύνολο βοηθητικών Εικόνα 9: Το περιβάλλον του Android Studio (Αριστερά βλέπουμε την περιήγηση στα αρχεία του έργου, στο κέντρο τη διεπαφή σύνταξης του κώδικα και στα δεξιά την προεπισκόπηση της δραστηριότητας που αναφέρεται το συγκεκριμένο αρχείο κώδικα)

εργαλείων και λειτουργιών, οι οποίες αποσκοπούν στην ευκολότερη προσαρμογή του κώδικα και στις ανάγκες κάθε υλοποίησης, προσδίδοντας μια ομαλή ροή εργασίας. Παρακάτω αναφέρονται σύντομα μερικά από τα πολύτιμα χαρακτηριστικά του Android Studio, σαν μια σύντομη επισκόπηση.

3.2.1.1 Εφαρμογή αλλαγών (Apply Changes)

Η λειτουργία αυτή επιτρέπει στον προγραμματιστή να εφαρμόσει αλλαγές στον κώδικα της εφαρμογής και να εκχωρήσει πόρους χωρίς αυτό να επιβάλει την επανεκκίνηση της εφαρμογής, καθώς και σε περιπτώσεις της τρέχουσας δραστηριότητας (activity). Αυτή η λειτουργία προσφέρει ευελιξία, καθώς προσφέρει περισσότερο έλεγχο της εφαρμογής κατά τη διαδικασία της ανάπτυξης, επιταχύνοντας τις δοκιμές μικρών, σταδιακών αλλαγών, ενώ παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα διατήρησης της τρέχουσας κατάστασης (state) της συσκευής.

[12] https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=95495098

3.2.1.2 «Έξυπνος» επεξεργαστής κώδικα

Η διεπαφή του κειμενογράφου για την επεξεργασία του κώδικα στο Android Studio προσφέρει ευκολίες, οι οποίες επιταχύνουν τη διαδικασία της ανάπτυξης και βοηθούν στην αύξηση της παραγωγικότητας. Μερικά από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι το προηγμένο σύστημα αυτόματης συμπλήρωσης κώδικα, καθώς και η αναδιαμόρφωση και ανάλυσή του. Το σύστημα αυτόματης συμπλήρωσης παρέχει προτάσεις στον χρήστη καθώς τις πληκτρολογεί με τη μορφή αναδυόμενης λίστας. Έτσι με το πάτημα του κουμπιού ο χρήστης μπορεί να επιταχύνει τη διαδικασία της ανάπτυξης.

3.2.1.3 Γρήγορη εξομοίωση με πλούσια χαρακτηριστικά

Ο εξομοιωτής (Android Emulator) είναι επί της ουσίας ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο σχεδιασμένο εντός του περιβάλλοντος του Android Studio, με σκοπό την εγκατάσταση και εκτέλεση των εφαρμογών κατά την ανάπτυξη. Βασικό πλεονέκτημα του εξομοιωτή είναι η ταχύτητα εγκατάστασης των εφαρμογών και της εκτέλεσης, αλλά και το γεγονός ότι επιτρέπει τις διαφορετικές διαμορφώσεις των συσκευών. Έτσι, ο προγραμματιστής μπορεί εύκολα και γρήγορα να δοκιμάσει την εφαρμογή του σε διαφορετικές εικονικές συσκευές με διαφορετικά μεγέθη οθονών και διαφορετικού υλισμικού, προσομοιώνοντας τη λειτουργία τις εφαρμογής σε ποικιλία συσκευών. Τέλος, δίνει τη δυνατότητα προσομοίωσης της λειτουργίας του Παγκόσμιου Συστήματος Στιγματοθέτησης (GPS), τις όποιες καθυστερήσεις του δικτύου, αισθητήρες κίνησης και το σύστημα αφής πολλαπλών σημείων.

3.2.1.4 Πρότυπα κώδικα και δείγματα εφαρμογών

Το Android Studio περιλαμβάνει ένα σύνολο από πρότυπα κώδικα (templates), τα οποία διευκολύνουν σημαντικά την προσθήκη κλασσικών λειτουργιών στην εφαρμογή που πρόκειται να υλοποιηθεί, όπως ορισμένα σχεδιαστικά πρότυπα για την πλοήγηση του χρήστη στην εφαρμογή, προβολή σελιδοδεικτών και άλλα. Έτσι, επιτρέπει έναρξη της ανάπτυξης με σαφές «προβάδισμα» με τη χρήση των έτοιμων προτύπων κώδικά, καθώς επίσης προσφέρει αναζήτηση σε άλλα τέτοια πρότυπα μέσω χρήσης API (Application Programming Interface), αλλά και την εισαγωγή κώδικα από την διαδικτυακή πλατφόρμα του GitHub μέσω της οθόνης Create Project.

3.2.1.5 Το εργαλείο Lint

Το Android Studio, ως ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης, παρέχει ένα ισχυρό framework για την ανάλυση και τον έλεγχο του κώδικα, το οποίο πραγματοποιεί πάνω από 365 διαφορετικούς ελέγχους στην αναπτυσσόμενη εφαρμογή με το πάτημα ενός κουμπιού. Επιπλέον, παρέχει ένα σύνολο από γρήγορες προτάσεις επιδιορθώσεων, οι οποίες σχετίζονται με την αντιμετώπιση προβλημάτων γύρω από θέματα απόδοσης, ασφάλειας και της γενικότερης ορθότητας του κώδικα.

3.2.1.6 Εργαλεία δοκιμών και Frameworks

Το Android Studio παρέχει στον χρήστη πλήθος εργαλείων με σκοπό τη εκτέλεση δοκιμών των υλοποιημένων εφαρμογών. Ένα από αυτά είναι το JUnit 4, framework «ανοιχτού κώδικα» της Java, το οποίο χρησιμοποιείται για αυτοματοποιημένους και επαναλαμβανόμενους ελέγχους σε διάφορα κομμάτια του κώδικα. Σε συνδυασμό με ορισμένα frameworks για δοκιμές της διεπαφής χρήστη (UI testing), διασφαλίζεται η ορθή λειτουργία της εφαρμογής, όπως και η σωστή αλληλεπίδραση της με τον χρήστη. Επίσης, στο πλαίσιο των δοκιμών, παρέχεται το Espresso Test Recorder, μέσω του οποίου μπορεί κανείς να δημιουργήσει διαδικασίες δοκιμών με καταγραφή των αλληλεπιδράσεων χρήστη – εφαρμογής είτε αυτή εκτελείται σε «πραγματική» συσκευή είτε στον εξομοιωτή.

3.2.1.7 Στιβαρό και ευέλικτο σύστημα κατασκευής (build)

Αρχικά, πρέπει να αναφερθούμε στη διαδικασία κατασκευής (build), η οποία περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα βήματα για τη δημιουργία «παραδοτέου» έργου και στην προκειμένη περίπτωση την μεταγλώττιση του κώδικα και την παραγωγή του εκτελέσιμου αρχείου. Το Android Studio προσφέρει αυτοματοποιημένο build, διαχείριση των εξαρτήσεων μεταξύ των αρχείων καθώς και σύστημα διαμόρφωσης του build. Η παρεχόμενη δυνατότητα διαμόρφωσης του build, ώστε αυτό να περιέχει διαφορετικές βιβλιοθήκες ή διαφορετικά κομμάτια κώδικα, επιτρέπουν στον προγραμματιστή να ορίσει παραλλαγές οι οποίες χρησιμοποιούν λιγότερους ή περισσότερους πόρους ανάλογα με τις ανάγκες, αλλά και τις δυνατότητες της συσκευής στην οποία εκτελείται η εφαρμογή.

3.2.1.8 Σχεδιασμένο για ομάδες

Πέρα από τις υπόλοιπες δυνατότητες που παρέχει στους χρήστες του, το Android Studio είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να κάνει τη συνεργασία σε πλαίσιο ομάδας ευκολότερη. Για αυτό το λόγο συμπεριλαμβάνει ενσωματωμένα εργαλεία ελέγχου εκδόσεων, όπως το GitHub και το Subversion, έτσι ώστε τα μέλη της ομάδας να δουλεύουν όντας συγχρονισμένα με τις αλλαγές στο έργο και το build της εφαρμογής προς υλοποίηση. Η σουίτα της Google, χρησιμοποιεί το Gradle, μία προηγμένη εργαλειοθήκη για την αυτοματοποίηση και τη διαχείριση των builds, το οποίο δίνει τη δυνατότητα αναπροσαρμογής του build καθώς και την εκτέλεση του μέσω διακομιστή ενοποίησης, όπως το Jenkins.

3.2.1.9 Βελτιστοποιημένο για όλες τις συσκευές Android

Το Android Studio παρέχει ένα ενοποιημένο περιβάλλον ανάπτυξης για τη δημιουργία εφαρμογών για κάθε είδος συσκευής, το οποίο χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα Android. Οι δομημένες μονάδες κώδικα επιτρέπουν στον προγραμματιστή να διαχωρίσει το έργο του σε λειτουργικές μονάδες για κάθε διαφορετική συσκευή, κινητά τηλέφωνα,

τηλεοράσεις, ταμπλέτες, φορητές συσκευές (wearables) και Android Auto. Αυτές οι λειτουργικές μονάδες μπορούν να δημιουργηθούν, να δοκιμαστούν και να αποσφαλματωθούν ανεξάρτητα.

3.2.1.10 Υποστήριξη C++ και NDK

Το Android Studio υποστηρίζει πλήρως την επεξεργασία αρχείων κώδικα C/C++, διευκολύνοντας τη δημιουργία στοιχείων JNI. Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) παρέχει λειτουργίες επισήμανσης και αναδιαμόρφωσης της σύνταξης για τον κώδικα C/C++ και ένα πρόγραμμα εντοπισμού σφαλμάτων βασισμένο σε LLDB (low-level debugger) που επιτρέπει ταυτόχρονες διορθωτικές ενέργειες σε κώδικα Java και C/C++. Τα εργαλεία δημιουργίας μπορούν επίσης να εκτελέσουν σενάρια CMake και ndk - build χωρίς καμία τροποποίηση, ενώ στη συνέχεια προσθέτουν τα απαραίτητα κοινόχρηστα αντικείμενα στο εκτελέσιμο αρχείο APK.

3.2.1.11 Ενσωμάτωση Firebase και Cloud

Το Firebase Assistant επιτρέπει τη διασύνδεση της εφαρμογής στο Firebase, καθώς και την προσθήκη υπηρεσιών όπως το Analytics (για τη δημιουργία αναφορών οι οποίες παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για τη δραστηριότητα των χρηστών εντός της εφαρμογής), τον έλεγχο ταυτοποίησης (Authentication), υπηρεσίες ειδοποιήσεων κ.α. Αυτές οι προσφερόμενες υπηρεσίες ενσωματώνονται και αξιοποιούνται απευθείας στο Android Studio. Επιπλέον, τα προεγκατεστημένα εργαλεία για το Google Cloud Platform επιτρέπουν την ενσωμάτωση υπηρεσιών για τις εφαρμογές, όπως τα Google Cloud Endpoints και λειτουργικές μονάδες του πρότζεκτ (modules) που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για το Google App Engine.

3.2.1.12 Επεξεργαστής διάταξης

Αναφορικά με τη διάταξη των προβαλλόμενων αντικειμένων στην εκάστοτε «οθόνη» της εφαρμογής μέσω αρχείων XML, το Android Studio παρέχει έναν οπτικό επεξεργαστή μεταφοράς και απόθεσης (drag and drop) που διευκολύνει τη δημιουργία μιας νέας διάταξης. Ο επεξεργαστής διάταξης δημιουργήθηκε σε συνδυασμό με το ConstraintLayout API, ώστε να διευκολύνεται η δημιουργία μιας νέας διάταξης, η οποία θα προσαρμόζεται σε διαφορετικά μεγέθη οθόνης, σύροντας τα αντικείμενα στην επιθυμητή θέση και στη συνέχεια προσθέτοντας περιορισμούς διάταξης.

3.2.1.13 Αναλυτής APK

Με τη χρήση του αναλυτή APK επιτυγχάνεται η εύκολη επιθεώρηση των περιεχομένων της εφαρμογής. Το εργαλείο αυτό παρέχει πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος κάθε στοιχείου της εφαρμογής, ώστε να διευκολύνει την εύρεση τρόπων μείωσης του συνολικού μεγέθους του APK. Επίσης, επιτρέπει την προεπισκόπηση αρχείων κειμένου, ήχου, εικόνας και βίντεο, την επιθεώρηση των αρχείων DEX (Dalvik Executable), με σκοπό την αντιμετώπιση προβλημάτων σχετικά με την αρχιτεκτονική πολλαπλών

αρχείων DEX (multidex). Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται η σύγκριση των διαφορών μεταξύ δύο APK.

3.2.1.14 Vector Asset Studio

Το Android Studio επιτρέπει τη δημιουργία ενός νέου στοιχείου εικόνας για κάθε οθόνη με διαφορετική πυκνότητα εικονοστοιχείων. Το Vector Asset Studio επιτρέπει την εισαγωγή εικονιδίων. Τα εικονίδια αυτά μπορεί να προέρχονται από κάποια έτοιμη συλλογή της Google, είτε να εισαχθούν χειροκίνητα από τον χρήστη σε μορφή PSD ή SVG αρχείων. Το Vector Asset Studio μπορεί επίσης να δημιουργήσει αρχεία bitmap για κάθε πυκνότητα οθόνης, με σκοπό την υποστήριξη παλαιότερων συσκευών, οι οποίες έχουν εγκατεστημένες παλαιότερες εκδόσεις Android που δεν υποστηρίζουν το Android vector drawable format.

3.2.1.15 Επιμέλεια μεταφράσεων

Το πρόγραμμα επεξεργασίας μεταφράσεων παρέχει μια ενιαία προβολή όλων των μεταφρασμένων κειμένων εντός της εφαρμογής, διευκολύνοντας την αλλαγή ή την προσθήκη μεταφράσεων, όπως επίσης και την εύρεση μεταφράσεων που λείπουν χωρίς αυτό να απαιτεί τον έλεγχο κάθε έκδοσης του αρχείου strings.xml.

3.2.2 Google Firebase

Η βάση δεδομένων Firebase[13], είναι μια βάση δεδομένων πραγματικού χρόνου, δηλαδή ένα σύστημα βάσης δεδομένων το οποίο διαχειρίζεται τη ροή της πληροφορίας, η οποία μπορεί να αλλάζει συνεχώς σε πραγματικό χρόνο. Η διαχείριση της πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο σημαίνει ότι μία «συναλλαγή» διεκπεραιώνεται αρκετά γρήγορα, ώστε τα δεδομένα να μπορούν να επανακτηθούν, όντας άμεσα διαθέσιμα, για κάποιον άλλο υπολογισμό ή κάποιας μορφής ερώτημα (query) στη βάση δεδομένων χωρίς η πληροφορία να υπάρχει στην κρυφή μνήμη, αλλά να ανακτάται απευθείας από τη βάση δεδομένων.

Η βάση δεδομένων του Firebase φιλοξενείται στο cloud, δηλαδή σε κάποιους απομακρυσμένους διακομιστές, οι οποίοι αποθηκεύουν την πληροφορία διαδικτυακά καθιστώντας την ανάκτηση, την αποθήκευση και την επεξεργασία εφικτή από οπουδήποτε με τη χρήση του διαδικτύου. Η πληροφορία αποθηκεύεται σε μορφή JSON (JavaScript Object Notation), ένα πολύ κοινό μορφότυπο δεδομένων, το οποίο αποτελείται από ζεύγη χαρακτηριστικών-τιμών. Τα δεδομένα συγχρονίζονται σε πραγματικό χρόνο για κάθε συνδεδεμένο πελάτη. Κάθε πελάτης χρησιμοποιεί ένα στιγμιότυπο της βάσης δεδομένων και λαμβάνει ενημερωμένα δεδομένα ανεξαρτήτως της πλατφόρμας που χρησιμοποιεί για τις περιπτώσεις διαπλατφορμικών εφαρμογών.

[13] https://firebase.google.com/docs/guides?authuser=0

Η βάση δεδομένων Firebase είναι μία NoSQL βάση μέσω της οποίας μπορούμε να αποθηκεύσουμε και να συγχρονίσουμε δεδομένα των χρηστών σε πραγματικό χρόνο. Στην πραγματικότητα, πρόκειται για ένα μεγάλου μεγέθους αντικείμενο JSON, το οποίο διαχειρίζεται ο προγραμματιστής που αναπτύσσει την εφαρμογή διαβάζοντας και γράφοντας σε αυτό. Με τη χρήση ενός μόνο API (Application Programming Interface), το οποίο λειτουργεί σαν ένα μεσάζων εργαλείο πληροφόρησης για τη διασύνδεση των δύο εφαρμογών, η βάση δεδομένων Firebase παρέχει στην εφαρμογή την τρέχουσα τιμή των δεδομένων ενώ παράλληλα αυτά μπορούν να ενημερώνονται. Σαν βάση δεδομένων πραγματικού χρόνου, παρέχει τη δυνατότητα στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα τους, εύκολα και γρήγορα από κάθε συσκευή εφόσον αυτή έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Αναφορικά με τη χρήση της βάσης δεδομένων και την ενσωμάτωση στην εφαρμογή, παρέχεται SDK (software development kit) για κινητά και web εφαρμογές, το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία εφαρμογής χωρίς αυτό να απαιτεί τη χρήση κάποιου διακομιστή (server). Επίσης, ένα αρκετά σημαντικό χαρακτηριστικό πλεονέκτημα των SDKs είναι το γεγονός ότι αν ο χρήστης δεν έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο κάποια δεδομένη στιγμή, η πληροφορία προς αποστολή στη βάση δεδομένων αποθηκεύεται σε πρώτη φάση στην προσωρινή μνήμη της συσκευή και σε δεύτερο χρόνο, όταν αποκατασταθεί η σύνδεση στο διαδίκτυο, αποστέλλεται και η πληροφορία στη βάση δεδομένων.

3.2.3 Γλώσσα Java και άλλες γλώσσες προγραμματισμού για ανάπτυξη εφαρμογών

Το πρώτο βήμα για την ανάπτυξη κάποιας εφαρμογής Android είναι η επιλογή γλώσσας προγραμματισμού. Οι διαφορές μεταξύ των υποστηριζόμενων γλωσσών μπορεί να είναι μικρής σημασίας, αλλά πολλές φορές μπορεί να επηρεάσουν τον απαιτούμενο χρόνο υλοποίησης, καθώς κάθε προγραμματιστής έχει διαφορετικές προτιμήσεις, συνήθειες στον τρόπο σύνταξης του κώδικα, όπως επίσης και διαφορετική καμπύλη μάθησης. Βέβαια, αυτό που έχει τη μεγαλύτερη σημασία είναι το πώς αυτή η επιλογή γλώσσας - εργαλείου θα διευκολύνει την όλη διαδικασία της υλοποίησης και πώς αυτή η επιλογή θα εξυπηρετήσει τις ανάγκες της εκάστοτε υλοποίησης. Παρακάτω, θα γίνει μία σύντομη παρουσίαση των υποστηριζόμενων γλωσσών προγραμματισμού για την ανάπτυξη εφαρμογών σε περιβάλλον Android. Αν και οι επιλογές γλώσσας προγραμματισμού φαίνονται να είναι αρκετές, για την ανάπτυξη της εφαρμογής για τις ανάγκες αυτής της εργασίας, χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα Java.

Το βασικό πλεονέκτημα της γλώσσας αυτής για την ανάπτυξη Android εφαρμογών είναι το γεγονός ότι προσφέρει το προγραμματιστικό υπόδειγμα του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Η Java είναι μία πανίσχυρη γλώσσα προγραμματισμού, η οποία προσφέρει επεκτασιμότητα και προσαρμοστικότητα,

αναλόγως της φύσεως του προβλήματος που πρόκειται να επιλυθεί με τη χρήση αυτού του εργαλείου. Επίσης, συνοδεύεται από μία πλούσια βιβλιοθήκη, η οποία φιλοξενεί πληθώρα προεπιλεγμένων σχεδιαστικών μοντέλων/μοτίβων, καθώς και τις βέλτιστες πρακτικές που τα συνοδεύουν.

Πρόκειται για μία εξαιρετική επιλογή γλώσσας προγραμματισμού καθώς παρέχει ένα ευρύ σύνολο από βιβλιοθήκες ανοιχτού κώδικα, οι οποίες μπορούν να διευκολύνουν την ανάπτυξη των εφαρμογών και να επιταχύνουν την όλη διαδικασία. Δεδομένου ότι είναι γλώσσα «υψηλού επιπέδου», ο τρόπος γραφής της είναι σχετικά κοντά στην ανθρώπινη γλώσσα. Επομένως, η ανάγνωση, η συγγραφή και η συντήρηση του κώδικα είναι διαδικασίες πιο προσιτές για τον προγραμματιστή.

Ο γλώσσα προγραμματισμού Java συνοδεύεται από ένα σύνολο πανίσχυρων εργαλείων ανάπτυξης, τα οποία διευκολύνουν τη διαδικασία της ανάπτυξης. Μερικά από αυτά τα εργαλεία είναι το IntelliJ, το NetBeans και το Eclipse. Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE), που χρησιμοποιήθηκε για την διεκπεραίωση αυτής της εργασίας, είναι το Android Studio, το οποίο είναι βασισμένο στο IntelliJ, αλλά σαφώς προσανατολισμένο στην ανάπτυξη Android εφαρμογών. Η βασικότερη διευκόλυνση που προσφέρει, πέρα από τη δυνατότητα εντοπισμού σφαλμάτων και άλλων, είναι η δυνατότητα της άμεσης φόρτωσης και εκτέλεσης του εκτελέσιμου αρχείου της αναπτυσσόμενης εφαρμογής στο κινητό τηλέφωνο. Έτσι, οι διαδικασίες δοκιμών (testing) της εφαρμογής γίνονται ταχύτερα, με την εφαρμογή να «φορτώνεται» στη συσκευή σχεδόν άμεσα, αρκεί το τηλέφωνο να είναι συνδεδεμένο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Οι προγραμματιστές Android που χρησιμοποιούν τη γλώσσα Java για την ανάπτυξη των εφαρμογών τους μοιράζονται τη γνώση και συζητούν τα ενδεχόμενα «προβλήματα» που πρόκειται να αντιμετωπίσουν κατά την υλοποίηση, μέσω της διαρκώς αυξανόμενου μεγέθους κοινότητας των προγραμματιστών. Εντός της κοινότητας οι προγραμματιστές μοιράζονται πολύτιμες πληροφορίες σχετικές με την ανάπτυξη των εφαρμογών, με σκοπό να βοηθήσει τους αρχάριους προγραμματιστές να εξελιχθούν, βελτιώνοντας τις δεξιότητες τους στην ανάπτυξη εφαρμογών.

3.2.3.1 Java

Η γλώσσα προγραμματισμού Java είναι η επίσημη γλώσσα ανάπτυξης για Android περιβάλλοντα, η οποία υποστηρίζεται από τη βασική σουίτα ανάπτυξης της Google, το Android Studio, γεγονός το οποίο συνεπάγεται και τη διαρκή διαδικτυακή υποστήριξη. Ήταν η επίσημη γλώσσα ανάπτυξης πριν την εμφάνιση της kotlin, γεγονός το οποίο την καθιστά την πιο δημοφιλή στον χώρο των προγραμματιστών Android. Ο κώδικας Java εκτελείται συνήθως στην εικονική μηχανή Java, στην πλατφόρμα Android βέβαια, ο κώδικας μεταγλωττίζεται από την εικονική μηχανή Dalvik. Γενικότερα, η γλώσσα προγραμματισμού Java είναι μία αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού, η οποία χρησιμοποιείται σε μεγάλη γκάμα εφαρμογών, εφευρέθηκε το 1995 και αποτελεί

εργαλείο ανάπτυξης για πολλούς προγραμματιστές και εκτός των Android εφαρμογών. Η Java και το Android Studio θεωρείται ότι έχουν απότομη καμπύλη εκμάθησης, ωστόσο υπάρχουν πολλοί διαθέσιμοι διαδικτυακοί πόροι εκμάθησης.

3.2.3.2 Kotlin

Η γλώσσα προγραμματισμού Kotlin είναι άλλη μία γλώσσα η οποία συγκαταλέγεται στις επίσημες γλώσσες ανάπτυξης εφαρμογών Android. Θεωρείται αρκετά παρόμοια με τη Java από πολλές απόψεις καθώς και οι δύο εκτελούνται στην εικονική μηχανή (Virtual Machine) της Java. Αυτή η γενικής χρήσης γλώσσα ανοιχτού κώδικα (open - source) σχεδιάστηκε με γνώμονα την πρακτικότητα και την αποτελεσματικότητα. Η Kotlin είναι πλήρως συμβατή με τη Java, με αποτέλεσμα να γίνει σύντομα η δεύτερη επίσημη γλώσσα προγραμματισμού για το Android. Διαθέτει μια πιο λογική διάταξη και μεγαλύτερη αναγνωσιμότητα σε σύγκριση με τον ανταγωνιστή της, πράγμα το οποίο είναι λογικό καθώς σχεδιάστηκε με στόχο να είναι μια πιο σύγχρονη, αποτελεσματική και πρακτική εναλλακτική της Java. Παρ' όλ' αυτά, η Java εξακολουθεί να έχει ένα ευρύ κοινό και είναι αναμφισβήτητα ταχύτερη σε σύγκριση με την Kotlin. Από την άλλη πλευρά, η Kotlin έχει ευκολότερους κανόνες σύνταξης, επιτυγχάνει λειτουργίες σε λιγότερες γραμμές κώδικα και προσφέρει περισσότερες δυνατότητες ασφάλειας.

3.2.3.3 C++

Η γλώσσα προγραμματισμού C++ αποτελεί εξαιρετική επιλογή για τη δημιουργία περίπλοκων εφαρμογών Android. Όντας μία από τις πιο δημοφιλείς γλώσσες προγραμματισμού στον κόσμο, η C++ χρησιμοποιείται για να εξυπηρετήσει πλήθος αναγκών, από το σχεδιασμό βιντεοπαιχνιδιών μέχρι την κατασκευή λειτουργικών συστημάτων και την παραγωγή ταινιών 3D. Η C++ εκτελείται εγγενώς στο τηλέφωνο αξιοποιώντας το Android NDK (Native Development Kit), γεγονός το οποίο συνεπάγεται ότι ο κώδικας δεν εκτελείται στην εικονική μηχανή της Java, με τον προγραμματιστή να έχει καλύτερο έλεγχο σε διάφορα ζητήματα, όπως η διαχείριση της μνήμης. Για αυτόν το λόγο, εφαρμογές οι οποίες είναι πιο απαιτητικές μπορούν να σχεδιαστούν, έτσι ώστε να προσφέρουν μεγαλύτερη επίδοση. Επίσης, η ανάπτυξη εφαρμογών με χρήση της C++ επιτρέπει τη χρήση βιβλιοθηκών της, οι οποίες μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες για τη δημιουργία παιχνιδιών και την υλοποίηση δισδιάστατων ή/και τρισδιάστατων μοντέλων.

3.2.3.4 C#

Η γλώσσα προγραμματισμού C# αναπτύχθηκε το 2000 από τη Microsoft με σκοπό να συνδυάσει τη δυναμική της C++ με την «ευκολία» της Visual Basic. Ο τρόπος σύνταξής της είναι αρκετά παρόμοιος με της Java, υπάγεται και αυτή στο σύνολο των αντικειμενοστραφών γλωσσών προγραμματισμού και αποτελεί μια γλώσσα υψηλότερου επιπέδου από την «οικογένεια» των C – γλωσσών (C/C++). Ενώ είναι σχετικά νεότερη από τις περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού, έχει αποκτήσει μια

μεγάλη κοινότητα προγραμματιστών από τη στιγμή της δημιουργίας της. Η γλώσσα αυτή έχει μια λογική καμπύλη εκμάθησης, χρησιμοποιώντας απλούστερη σύνταξη από πολλές άλλες γλώσσες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαφόρους σκοπούς. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι η C# μπορεί να συνδυαστεί με το Xamarin μέσω του Visual Studio για τη δημιουργία διαπλατφορμικών εφαρμογών με έναν κώδικα για δύο λειτουργικά συστήματα (Android και iOS). Εν γένει, αποτελεί μία εξαιρετική επιλογή γλώσσας για ανάπτυξη εφαρμογών Android.

3.2.3.5 LUA (Corona)

Το Corona αποτελεί μια αρκετά απλούστερη επιλογή για την ανάπτυξη εφαρμογών Android, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι στερείται δύναμης ή ελέγχου. Η συγγραφή κώδικα σε LUA είναι αρκετά πιο απλή από αυτή στη Java, και σε συνδυασμό με το Corona SDK (Software Development Kit) η ανάπτυξη λογισμικού μπορεί να απλοποιηθεί σε σημαντικό βαθμό. Η LUA υποστηρίζει όλες τις εγγενείς βιβλιοθήκες του Android και επιτρέπει την ανάρτηση της εφαρμογής σε πολλαπλές πλατφόρμες. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται για τη δημιουργία παιχνιδιών, χωρίς αυτό να συνεπάγεται ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με άλλους τρόπους. Χάρη στην απλότητα της, ο κώδικάς της δεν χρειάζεται καν να μεταγλωττιστεί, αντιθέτως μπορεί να γραφεί σε έναν επεξεργαστή κειμένου (π.χ.: Notepad++) και να εκτελεστεί μέσω χρήσης εξομοιωτή. Η δημιουργία του εκτελέσιμου αρχείου APK γίνεται μέσω της χρήσης διαδικτυακού εργαλείου.

3.2.3.6 Python

Παρόλο που το Android δεν υποστηρίζει την εγγενή (native) ανάπτυξη σε Python, αυτή η υψηλού επιπέδου γλώσσα προγραμματισμού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη εφαρμογών Android. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση διάφορων εργαλείων που μετατρέπουν τις εφαρμογές Python σε πακέτα, τα οποία μπορούν να εκτελεστούν σε συσκευές Android. Ένα παράδειγμα τέτοιου εργαλείου είναι η βιβλιοθήκη Kivy ανοιχτού κώδικα της Python, η οποία χρησιμοποιείται για την ταχεία ανάπτυξη εφαρμογών για κινητά.

3.2.3.7 React Native

Η React Native αποτελεί ένα πλαίσιο λογισμικού (software framework), το οποίο αναπτύχθηκε από το Facebook αρχικά για να εξυπηρετήσει τις εσωτερικές ανάγκες της εταιρίας. Σε σύντομο χρονικό διάστημα έγινε μία από τις καλύτερες γλώσσες προγραμματισμού η οποία αξιοποιείται από πολλούς προγραμματιστές για τη δημιουργία εφαρμογών οι οποίες μπορούν να εκτελεστούν σε οποιαδήποτε πλατφόρμα (Android, Android TV, iOS, macOS, tvOS, Web, Windows κ.α.). Ως μία διαπλατφορμική γλώσσα παρέχει την εξής ευκολία, ο προγραμματιστής αρκεί να γράψει έναν κώδικα, ο οποίος θα μπορεί να εκτελείται σε περισσότερες από μία πλατφόρμες. Η γλώσσα αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ευρέως γνωστών εφαρμογών, όπως το Airbnb και το Uber, ενώ συχνά αποκαλείται «το μέλλον των υβριδικών εφαρμογών». Επιπλέον, η

React περιλαμβάνει ένα σύνολο από προκατασκευασμένα στοιχεία, τα οποία είναι διαθέσιμα μέσω μιας βιβλιοθήκης ανοιχτού κώδικα. Θεωρείται ιδανική για τη δημιουργία εφαρμογών με έμφαση στην ομαλότητα και την ταχύτητα στη χρήση.

3.2.3.8 Flutter

Το Flutter αναπτύχθηκε από την Google ως ένα SDK (Software Development Tool) για εφαρμογές κινητών τηλεφώνων, το οποίο παρέχει έναν εύκολο και γρήγορο τρόπο δημιουργίας εφαρμογών για κινητά με γνώμονα την υψηλή απόδοση.

3.2.4 Jupyter Notebook και η γλώσσα Python

Εκτός από τα εργαλεία για την ανάπτυξη της εφαρμογής, καθώς και την αποθήκευση των δεδομένων του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή του Jupyter Notebook. Το συγκεκριμένο εργαλείο αξιοποιήθηκε για την ανάλυση και την εξερεύνηση των δεδομένων, τόσο για την εξαγωγή συμπερασμάτων μέσω αυτών των δεδομένων όσο και για την οπτικοποίησή τους. Παρακάτω, πρόκειται να γίνει μια σύντομη ανάλυση του εργαλείου αυτού.

Το Jupyter Notebook είναι ένα έργο spin-off προερχόμενο από το IPyhton, το οποίο συμπεριλάμβανε ένα IPython Notebook έργο. Το όνομά του, Jupyter, προέχεται από τις βασικές γλώσσες προγραμματισμού που υποστηρίζει και πιο συγκεκριμένα από τα ονόματα Julia, Python και R. Το Jupyter εμπεριέχει το IPython kernel, το οποίο μας επιτρέπει τη συγγραφή προγραμμάτων σε γλώσσα προγραμματισμού Python, βέβαια αυτή τη στιγμή υποστηρίζονται πάνω από 100 άλλα kernels τα οποία διατίθενται προς χρήση. Το Jupyter Notebook υποστηρίζει διάφορες διανομές της γλώσσα Python, για τις ανάγκες αυτής της εργασίας χρησιμοποιήθηκε η έκδοση Python 3.

Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιεί κελιά (cells) κώδικα, τα οποία μπορεί να περιέχουν κείμενο, απεικονίσεις, κώδικα και εξισώσεις. Όπως υποδηλώνεται και από το όνομά του, το Jupyter Notebook έχει μορφή «σημειωματάριου», καθώς δύναται να συγκεντρώνει τίτλους και γραπτό κείμενο, τα οποία ακολουθούνται από σύντομα τμήματα κώδικα και διάφορες απεικονίσεις. Τα τμήματα κώδικα ενδέχεται να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους είτε να μοιράζονται ορισμένες μεταβλητές. Έτσι, το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα τμηματοποίησης μεγάλων αρχείων κώδικα, τα οποίο μπορεί να εκτελούν ένα σύνολο από διαδικασίες χωρίς να χρειάζεται να επανεισάγουμε τις βιβλιοθήκες που χρειάζονται κάθε φορά ή να ορίσουμε ξανά κάποια συνάρτηση.

Κατά την εκτέλεση ενός Notebook εμφανίζονται κάποιοι αριθμοί στο αριστερό τμήμα κάθε κελιού, οι οποίοι υποδεικνύουν τη σειρά με την οποία πρόκειται να εκτελεστούν τα κελιά κώδικα. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να παρεμβάλλει άλλα κελιά μεταξύ των ήδη υπάρχοντων με δυναμικό τρόπο, καθώς το εργαλείο δεν έχει κάποιο αυστηρό μοντέλο σύνταξης/γραφής. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να προσθέτει επιπλέον περιεχόμενο καθώς γράφει κελιά κώδικα, όπως για παράδειγμα απεικονίσεις με διάφορα διαγράμματα (π.χ. μέσω της βιβλιοθήκης Matplotlib), τίτλους

διαφόρων μεγεθών, σημειώσεις κειμένου με δυνατότητα διαμόρφωσης μεγέθους και χρωμάτων γραμματοσειράς ή ακόμα κι έναν πίνακα περιεχομένου για το συγκεκριμένο σημειωματάριο. Τέλος, δίνεται η δυνατότητα εξαγωγής των περιεχομένων του Notebook σε πληθώρα μορφών αρχείου, υποστηρίζοντας τα πρότυπα HTML, LaTeX, PDF, RevealJS, Markdown, ReStructured Text και Executable script.

4

Η ανάπτυξη της εφαρμογής

Με στόχο την καταγραφή των συνηθειών του χρήστη καθώς και της ερμηνείας αυτών, χρειάστηκε να γίνει ανάπτυξη εφαρμογής, η οποία θα περιλαμβάνει κείμενα προς μελέτη για τον χρήστη, ενώ την ίδια στιγμή η εφαρμογή θα καταγράφει ορισμένες ενέργειες σχετικά με τη δραστηριότητα κύλισης (scrolling), το χρόνο που χρειάστηκε για την ολοκλήρωση της ανάγνωσης και πόσες γραμμές κειμένου βρίσκονται κάποια δεδομένη στιγμή στην οθόνη του χρήστη. Συνδυάζοντας κατάλληλα τις καταγραφόμενες πληροφορίες, προκύπτουν μετρικές αναφορικά με το ποσοστό χρήσης της οθόνης κατά την ανάγνωση κυλιόμενου περιεχομένου εντός της οθόνης. Σε αυτή την ενότητα συμπεριλαμβάνονται τα στάδια ανάπτυξης της εφαρμογής, τα επιμέρους στοιχεία / οθόνες, καθώς και η μεταξύ τους διασύνδεση.

4.1.1 Το ποσοστό χρήσης της οθόνης

Κάθε γραμμή κειμένου που εμφανίζεται στην οθόνη αποτελεί μία ξεχωριστή οντότητα (View) για την οποία γνωρίζουμε πότε και αν εμφανίζεται στην οθόνη της συσκευής του χρήστη καθώς αυτός μελετά το κείμενο. Σε πρώτη φάση, με χρήση “listener” συναρτήσεων του android, ελέγχουμε πόσες γραμμές κειμένου χωρούν στην οθόνη της συσκευής.

Στη συνέχεια, σε κάθε δραστηριότητα κύλισης (scroll event) ή πολύ απλά κάθε φορά που ο χρήστης χρησιμοποιεί το δάχτυλό του για να περιηγηθεί στο κείμενο, καταγράφεται πόσες νέες γραμμές εμφανίζονται στην οθόνη, ενώ παράλληλα καταγράφεται και ο αριθμός τον κυλίσεων (scroll) που εκτελεί. Η διαδικασία αυτή σταματάει όταν προσπελαστούν όλες οι γραμμές του κειμένου.

Συνδυάζοντας τις παραπάνω πληροφορίες, καταλήξαμε στη χρήση των παρακάτω δύο μετρικών, ώστε να ποσοτικοποιήσουμε τα συμπεράσματά μας και να περιγράψουμε με αριθμούς τη συμπεριφορά ενός χρήστη κατά την ανάγνωση κυλιόμενου περιεχομένου από την οθόνη της έξυπνης κινητής συσκευής, χωρίς αυτό να γίνει με χρήση εξοπλισμού οφθαλμικής ιχνηλάτισης. Παρακάτω, πρόκειται να γίνει μια σύντομη αναφορά σε αυτές τις μετρικές:

4.1.1.1 Γραμμές ανά κύλιση (Lines per Scroll)

Αναφέρεται στο άθροισμα των νέων γραμμών κειμένου που «έρχονται» στο οπτικό πεδίο του χρήστη σε κάθε κύλιση, προς τον συνολικό αριθμό των κυλίσεων που κάνει ο χρήστης. Με πιο απλά λόγια, αναφέρεται στο μέσο όρο γραμμών που «ανακαλύπτει» ο χρήστης σε κάθε κύλιση. Για παράδειγμα, αν ο αριθμός αυτός είναι ίσος με ένα τότε σημαίνει ότι κάθε δραστηριότητα κύλισης του χρήστη κατά μέσο όρο συνεπάγεται την «ανακάλυψη» μίας νέας γραμμής.

$$\text{Γραμμές ανά κύλιση} = \frac{\Sigma(\ \nu\acute{\epsilon}\epsilon\varsigma\ \gamma\rho\alpha\mu\mu\acute{\epsilon}\varsigma\ )}{\#\ \delta\rho\alpha\sigma\tau\eta\rho\iota\acute{o}\tau\eta\tau\epsilon\varsigma\ \kappa\acute{\upsilon}\lambda\iota\sigma\eta\varsigma}$$

4.1.1.2 Ποσοστό χρήσης οθόνης (Screen usage %)

Αναφέρεται στο ποσοστό χρήσης της οθόνης και υπολογίζεται από το πηλίκο του «Γραμμές ανά κύλιση» προς τον αριθμό γραμμών οι οποίες χωρούν στην εκάστοτε οθόνη.

$$\text{Χρήση Οθόνης \%} = \frac{\Gamma\rho\alpha\mu\mu\acute{\epsilon}\varsigma\ \alpha\nu\acute{\alpha}\ \kappa\acute{\upsilon}\lambda\iota\sigma\eta}{\#\ \gamma\rho\alpha\mu\mu\acute{\omega}\nu\ \pi o\upsilon\ \chi\omega\rho o\acute{\upsilon}\nu\ \sigma\tau\eta\nu\ o\theta\acute{o}\nu\eta}$$

4.1.2 Οι φάσεις ανάπτυξης

Η ανάπτυξη της εφαρμογής ξεκίνησε από μικρά βήματα και αποτέλεσε μία διαδικασία εξελικτική. Σε μία πρώτη επαφή με το έργο, αυτό που υλοποιήθηκε ήταν μία εφαρμογή, η οποία περιείχε δύο οθόνες δραστηριοτήτων. Η πρώτη, σε ρόλο αρχικής οθόνης, είχε τοποθετημένο ένα κουμπί στο κέντρο της, το οποίο κατά το πάτημά του μετέφερε το χρήστη από την πρώτη στη δεύτερη οθόνη, η οποία περιείχε ένα κείμενο με δυνατότητα κύλισης. Σε αυτό το σημείο υπήρχε μία βάση για να ξεκινήσει το έργο.

Σε δεύτερο χρόνο, τοποθετήθηκαν αριθμημένες γραμμές κειμένου αντικαθιστώντας το συνεχές κείμενο με σκοπό τη δημιουργία του μηχανισμού αναγνώρισης γραμμών εντός της οθόνης. Σε αυτό το σημείο, τοποθετήθηκε ένα View στο πάνω μέρος της οθόνης το οποίο μας ενημέρωνε για το πόσες και ποιες γραμμές κειμένου βρίσκονται εντός της οθόνης αξιοποιώντας τη διεπαφή ακροατή συμβάντων (event listeners) του λειτουργικού συστήματος Android. Στη συνέχεια, και έχοντας αξιολογήσει το πώς μπορεί να αξιοποιηθεί κάθε listener, το επόμενο στάδιο ήταν να δημιουργηθεί ένας μηχανισμός, ο οποίος θα καταγράφει πόσες είναι οι γραμμές που «ανακαλύπτει» ο χρήστης σε κάθε δραστηριότητα κύλισης, ενώ στο τέλος να υπολογίζει τον μέσο όρο αυτών. Παράλληλα, μέσω τις καταγραφής των γραμμών που δύναται να τοποθετηθούν στην οθόνη, άρα και στο οπτικό πεδίο του χρήστη, έγινε η συσχέτιση των δύο αυτών τιμών για τον υπολογισμό του ποσοστού χρήσης της οθόνης.

Με σκοπό το πείραμα να γίνει πιο ολοκληρωμένο, δημιουργήθηκε η ανάγκη για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με το χρήστη, όπως η ηλικία και το φύλο κάθε συμμετέχοντα. Για αυτό το λόγο τοποθετήθηκαν ακόμα δύο οθόνες χρονικά τοποθετημένες πριν το κείμενο, ώστε να προετοιμάσουν το χρήστη σχετικά με τις

ενέργειες που θα χρειαστεί να εκτελέσει καθώς και να τον ενημερώσουν για τη διαχείριση των προσωπικών του δεδομένων, όπως επίσης και μία φόρμα για να συμπληρώσει το φύλο και το έτος γέννησής του. Αυτή η φόρμα χρησιμοποιεί διάφορους ελέγχους εγκυρότητας, με σκοπό τη διασφάλιση κάποιου επιπέδου ποιότητας του δείγματος. Για παράδειγμα, δεν μπορεί κάποιος χρήστης να συνεχίσει στο πείραμα αν δεν πληκτρολογήσει κάποιο έτος γέννησης μεταξύ των 1935 και 2010 είτε να το αφήσει κενό. Επίσης, ο χρήστης καλείται να διαλέξει κάποιο φύλο από την αναδυόμενη λίστα για να συνεχίσει, αλλιώς το σύστημα εμφανίζει σχετικό μήνυμα.

Το επόμενο βήμα ήταν η προσθήκη μιας ακόμη δραστηριότητας, η οποία περιέχει ένα κείμενο συνεχές σε αντίθεση με το προϋπάρχουν, το οποίο είναι χωρισμένο σε παραγράφους, με σκοπό να μπούμε σε μία διαδικασία σύγκρισης διαφορετικών τύπων κειμένου. Αυτή η προσθήκη ήταν αρκετά εύκολη, με την επεκτασιμότητα τέτοιων ελέγχων να γίνεται γρήγορα, καθώς ο μηχανισμός που αναπτύχθηκε για την προηγούμενη δραστηριότητα μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Παράλληλα με την παραπάνω προσθήκη, έγινε και η επικοινωνία με τη βάση δεδομένων του Google Firebase. Για τον λόγο αυτό, δημιουργήθηκε μοντέλο δεδομένων με χρήση σαν αντικείμενο κλάσης Java. Στο τέλος κάθε εκτέλεσης, εφόσον δηλαδή έχει γίνει η καταγραφή των στοιχείων του χρήστη και ο ίδιος έχει μελετήσει και τα δύο κείμενα, η πληροφορία ταξιδεύει μέσω διαδικτύου στη βάση δεδομένων κάθε φορά με μοναδικό αριθμό ID, ο οποίος παράγεται αυτόματα από το SDK του firebase σε κάθε εκτέλεση της εφαρμογής.

Τέλος, έχοντας φτάσει στο στόχο λειτουργικότητας, προστέθηκαν οι τελευταίες εικαστικές λεπτομέρειες. Πιο συγκεκριμένα, προστέθηκαν έγχρωμα κουμπιά για τη διεπαφή χρήστη (UI), κάθε στοιχείο εντός της οθόνης τοποθετήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να μην αλλάζει ιδιαίτερα η εμφάνιση σε κάθε διαφορετική οθόνη των συμμετεχόντων στο πείραμα και η εφαρμογή δοκιμάστηκε σε δύο διαφορετικού μεγέθους συσκευές.

Έτσι, με τη βοήθεια της κονσόλας για την αποσφαλμάτωση, διασφαλίστηκε ότι η εφαρμογή λειτουργεί απροβλημάτιστα και κάνει αυτό για το οποίο έχει σχεδιαστεί. Σαν μια τελευταία προσθήκη, δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του Adobe Photoshop, το λογότυπο της εφαρμογής, όπως επίσης έλαβε και το νέο της όνομα, ώστε να έχουμε ένα πιο ολοκληρωμένο αποτέλεσμα.



Εικόνα 10: Το λογότυπο της εφαρμογής Catya

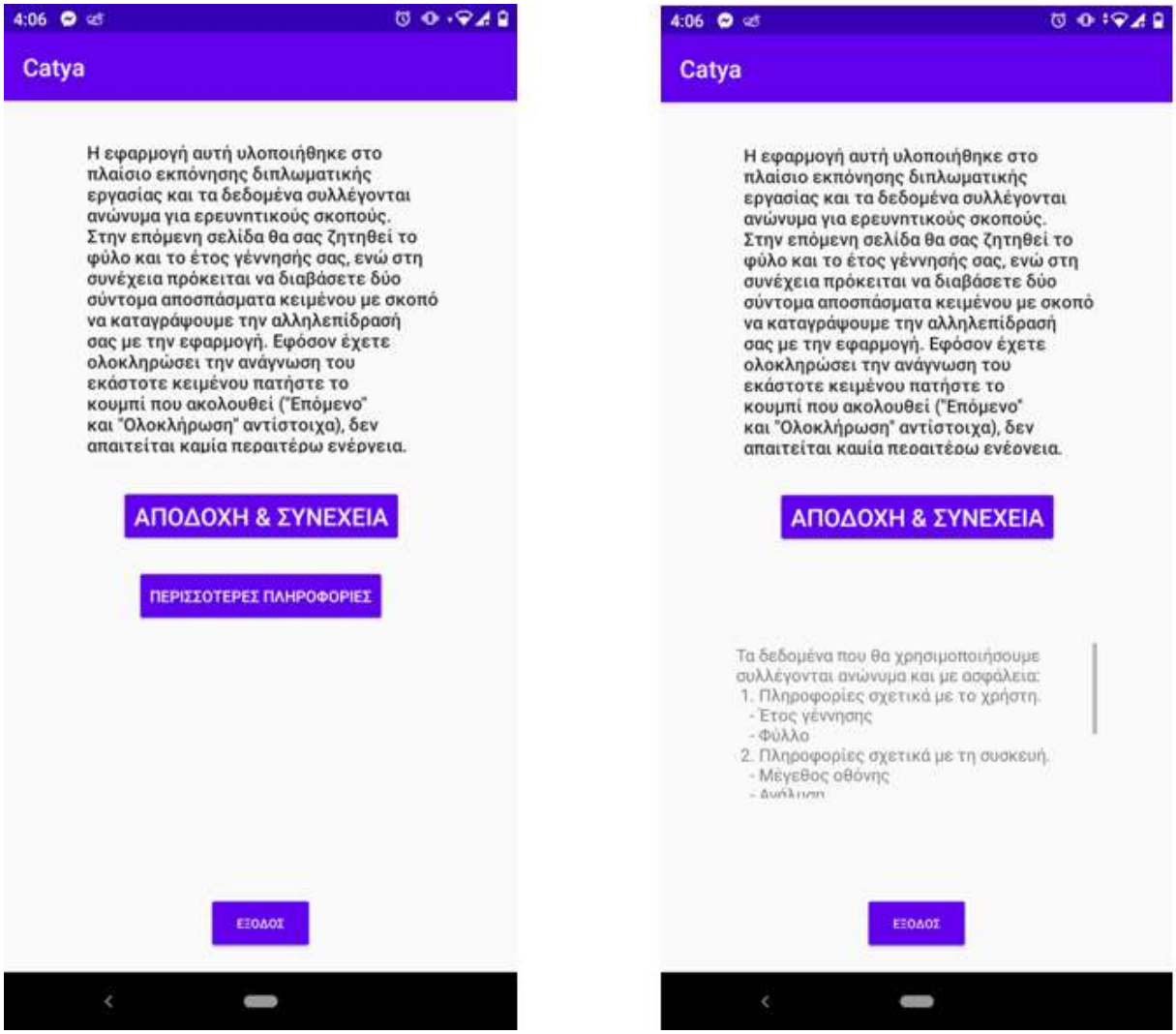
4.1.3 Περιγραφή επιμέρους οθονών

Η εφαρμογή περιλαμβάνει τέσσερεις διαφορετικές οθόνες οι οποίες δύνανται να εναλλάσσονται σειριακά. Παρακάτω, θα γίνει μια σύντομη περιγραφή κάθε οθόνης (Activity) ακολουθούμενη από εικόνες και μια εκτενέστερη ανάλυση αναφορικά με το προγραμματιστικό επίπεδο.

4.1.3.1 1η Οθόνη ή Android Activity

Πρόκειται για την πρώτη οθόνη την οποία αντικρίζει ο χρήστης κατά την εκκίνηση της εφαρμογής. Σε αυτή την πρώτη επαφή με τον χρήστη, παρέχονται οδηγίες για τη συνέχεια και τη συμμετοχή στο πείραμα, ενώ παράλληλα του γνωστοποιείται ο σκοπός της συγκεκριμένης εφαρμογής. Επιπλέον, ενημερώνεται ότι τα στοιχεία που θα συλλεχθούν θα είναι ανώνυμα. Αν ο χρήστης θέλει να μάθει περισσότερες λεπτομέρειες για τα δεδομένα που πρόκειται να ληφθούν κατά την εκτέλεση της εφαρμογής έχει τη δυνατότητα να επιλέξει το κουμπί «ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ».

Σε αυτή την περίπτωση, η εφαρμογή εξαφανίζει το συγκεκριμένο κουμπί και το αντικαθιστά με ένα κυλιόμενο πεδίο (ScrollView), το οποίο περιέχει κείμενο με τις λεπτομέρειες σχετικά με τις πληροφορίες που θα καταγραφούν. Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα να επιλέξει το κουμπί «ΕΞΟΔΟΣ» με την εφαρμογή σε αυτή την περίπτωση να τερματίζει τη λειτουργία της. Παρακάτω, βλέπουμε στιγμιότυπα της οθόνης που περιγράφεται παραπάνω:



Εικόνα 11: Αριστερά βλέπουμε την 1η οθόνη όπως αυτή εμφανίζεται στον χρήστη εκτελώντας την εφαρμογή, στα δεξιά φαίνεται το σενάριο χρήσης κατά το οποίο ο χρήστης επιλέγει το κουμπί «ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ»

Τα δομικά στοιχεία αυτής της οθόνης, είναι κατά βάση δύο αρχεία, ένα .java και το αντίστοιχο .xml. Στο πρώτο βρίσκεται το πιο λειτουργικό κομμάτι και η διαχείριση των στοιχείων που περιέχει, ενώ στο δεύτερο ορίζονται οι τρόποι τοποθέτησης στην οθόνη και πώς αυτά θα αλληλοεπιδρούν με τις διαφορετικού μεγέθους οθόνες είτε διαφορετικής πυκνότητας. Η συγκεκριμένη οθόνη χρησιμοποιεί το ConstrainLayout, το οποίο είναι ένα ViewGroup που μας επιτρέπει να τοποθετήσουμε τα στοιχεία εντός της οθόνης με ευέλικτο τρόπο, αναλόγως της οθόνης στην οποία εκτελείται η εφαρμογή.

Πιο συγκεκριμένα, η οθόνη αυτή συμπεριλαμβάνει τρία κουμπιά, κείμενο κι ένα κυλιόμενο πλαίσιο το οποίο εμπεριέχει κείμενο. Καθένα από τα κουμπιά συνοδεύεται από κάποιον ακροατή συμβάντος και στην προκειμένη ακροατή κλικ (onClickListener), έτσι ώστε στο πάτημα του κάθε κουμπιού να συντελείται κάποια διαδικασία.

Το κουμπί « Αποδοχή και συνέχεια » ευθύνεται για τη μετάβαση από το συγκεκριμένο Activity στο επόμενο με χρήση Intent. Το Intent αποτελεί αφηρημένη περιγραφή μιας λειτουργίας που πρέπει να εκτελεστεί. Σε αυτή την περίπτωση

χρησιμοποιείται μαζί με τη μέθοδο startActivity για την εκτέλεση της επόμενης δραστηριότητας (activity), επομένως και της μεταφοράς του χρήστη στην επόμενη οθόνη. Είναι βασικά μια παθητική δομή δεδομένων που περιέχει μια αφηρημένη περιγραφή μιας ενέργειας που πρέπει να εκτελεστεί.

Το κουμπί « Περισσότερες Πληροφορίες » έχει ακροατή κλικ κατά το οποίο αλλάζει τη αρχική συνθήκη VSIBLE σε INVISIBLE, με αποτέλεσμα να « εξαφανίζει » το συγκεκριμένο κουμπί από την οθόνη και στη θέση του να ορίζει ως VISIBLE το κυλιόμενο κείμενο με τις λεπτομέρειες σχετικά με τις πληροφορίες που καταγράφονται.

Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα Εξόδου από την εφαρμογή με το πάτημα του κουμπιού έξοδος, κατά το οποίο εκτελούνται δύο εντολές finishAffinity(); και System.exit(0);, με την πρώτη να απενεργοποιεί όλα τις δραστηριότητες (Activities), τα οποία είναι συσχετιζόμενα με την εφαρμογή και με τη δεύτερη να προκαλεί την έξοδο.

4.1.3.2 2η Οθόνη ή Android Activity

Σε αυτό το σημείο, ο χρήστης έχει ενημερωθεί σχετικά με την εφαρμογή και έχει συναινέσει σχετικά με την επεξεργασία ορισμένων στοιχείων. Σε αυτή την οθόνη εμπεριέχεται μια φόρμα, ώστε ο χρήστης να καταγράψει το έτος γέννησής του καθώς και το φύλο του για να προχωρήσει στην επόμενη οθόνη - δραστηριότητα και να ξεκινήσει το πείραμα.

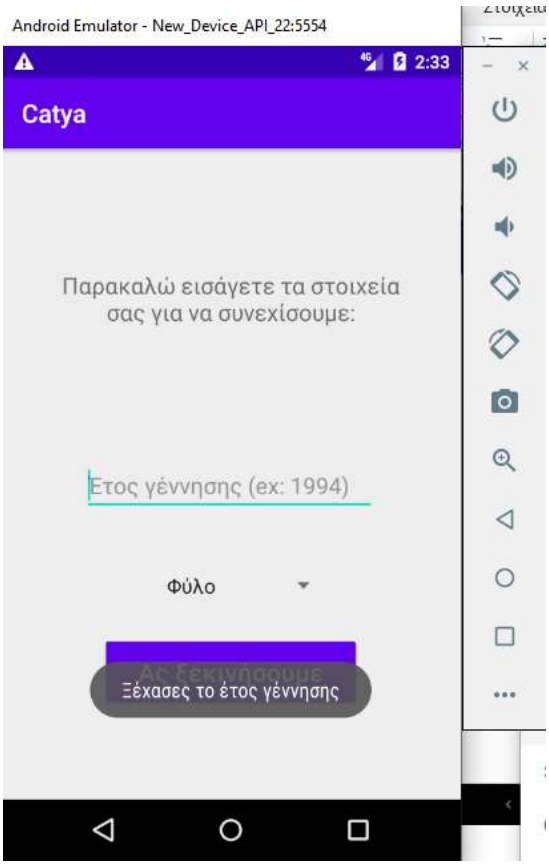


Εικόνα 12: Η 2η οθόνη με τη φόρμα για την εισαγωγή στοιχείων του συμμετέχοντος

Στην οθόνη αυτή υπάρχουν τρία δομικά στοιχεία. Το πεδίο της ηλικίας είναι ένα πλαίσιο ελεύθερου κειμένου, το οποίο είναι ορισμένο, έτσι ώστε να δέχεται αποκλειστικά ακέραιους αριθμούς. Πιο συγκεκριμένα, το πεδίο αυτό μπορεί να λάβει τιμές στο διάστημα [1935 – 2010] με αυτό να διασφαλίζεται με μία απλή λογική ελέγχων εγκυρότητας των εισαγόμενων δεδομένων, η οποία διαχειρίζεται και σενάρια μη εισαγωγής.

Σε κάθε περίπτωση, το σύστημα υποδεικνύει στο χρήστη το λάθος – παράληψή του και τον κατευθύνει με το ανάλογο μήνυμα μέσω της μεθόδου Toast, η οποία εμφανίζει ένα διακριτικό αναδυόμενο μήνυμα στην οθόνη. Παραδείγματος χάριν, εάν ο χρήστης δεν δώσει καθόλου έτος γέννησης και πατήσει το κουμπί « Ας ξεκινήσουμε », τότε το σύστημα θα τον ενημερώσει με μήνυμα το οποίο αναγράφει « Ξέχασες το έτος γέννησης ».

Αντίστοιχη διαχείριση έχει γίνει και στην περίπτωση της κενής επιλογής φύλου. Παρακάτω, βλέπουμε το μήνυμα του συστήματος για την πρώτη περίπτωση - σενάριο χρήσης.



Εικόνα 13: Μήνυμα συστήματος για μη εισαγωγή δεδομένων έτους γέννησης κατά την εκτέλεση της εφαρμογής με χρήση εξομοιωτή

4.1.3.3 3η Οθόνη ή Android Activity

Η τρίτη και η τέταρτη οθόνη αποτελούν τον πυρήνα του πειράματος αυτού. Σε αυτή την οθόνη ο χρήστης δεν βλέπει τίποτα άλλο παρά μόνο το κείμενο το οποίο πρέπει να

μελετήσει και τα κουμπιά περιήγησης του Android (αν αυτά είναι εντός οθόνης/εικονικά). Εφόσον ο χρήστης ολοκληρώσει την ανάγνωση του κειμένου, στο τέλος αυτού ακολουθεί κουμπί, το οποίο φέρει αναγραφόμενη τη λέξη «Επόμενο». Κατά το πάτημα του κουμπιού αυτού ο χρήστης μεταφέρεται στην τέταρτη και τελευταία δραστηριότητα - οθόνη της εφαρμογής, μεταφέροντας παράλληλα την πληροφορία που έχει συλλεχθεί από τις προηγούμενες με τελικό προορισμό τη βάση δεδομένων.



Εικόνα 14: Στα αριστερά βλέπουμε την 3η οθόνη με το κείμενο προς ανάγνωση να είναι χωρισμένο σε παραγράφους και δεξιά βλέπουμε το τέλος του κειμένου με το κουμπί μετάβασης στην επόμενη δραστηριότητα

Κάπου εδώ ξεκινούν οι μετρήσεις, πιο συγκεκριμένα με το που εκκινήσει η νέα δραστηριότητα και εμφανιστεί το κείμενο, με τη βοήθεια της εντολής currentTimeMillis(); της βιβλιοθήκης System, γίνεται καταγραφή της συγκεκριμένης χρονικής στιγμής, ως μέσο χρονομέτρησης της μελέτης του χρήστη. Την ίδια στιγμή, με τη χρήση της συνάρτησης getGlobalVisibleRect και ενός επαναλληπτικού βρόχου, υπολογίζουμε πόσα ήταν τα View (σε μορφή γραμμών κειμένου), τα οποία εμφανίζονται μέσα στην οθόνη τη δεδομένη χρονική στιγμή.

Στη συνέχεια και από εδώ και στο εξής, σε κάθε δραστηριότητα κύλισης, καταγράφονται οι γραμμές που εμφανίζονται εντός της οθόνης σε μία λίστα, όπως επίσης και οι γραμμές που εμφανίζονται μετά την κύλιση. Αυτές οι λίστες με τη σειρά τους

μετατρέπονται σε Set. Ο στόχος ήταν να βρεθούν τα διαφορετικά Views μεταξύ των δύο λιστών, ώστε να καταγραφούν σαν πλήθος για τις νέες γραμμές που εμφανίζονται στην οθόνη μετά την κύλιση. Για να γίνει αυτή η σύγκριση εύκολα και γρήγορα, αξιοποιήθηκε η συνάρτηση Sets.difference(set1, set2);, η οποία κατά την εκτέλεσή της μας επιστρέφει ένα Set, το οποίο περιέχει όλα εκείνα τα στοιχεία του set1 τα οποία δεν υπάρχουν στο set2.

Επομένως, αν σκεφτεί κανείς ότι το set1 αποτελείται από τις γραμμές που βλέπει ο χρήστης μετά τη διαδικασία κύλισης (Scroll) και ότι το set2 περιέχει τις γραμμές πριν από αυτό το γεγονός, τότε εύκολα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι στο επιστρεφόμενο set θα υπάρχουν οι νέες γραμμές που έχει φέρει ο χρήστης μέσω της μετατόπισης του κειμένου κατά την κύλιση.

Έως ότου τελειώσει ο χρήστης την ανάγνωση του κειμένου, η διαδικασία επαναλαμβάνεται σε κάθε δραστηριότητα κύλισης του χρήση και συγκεκριμένα όταν αυτός θα σηκώσει το δάκτυλο του από την οθόνη. Έτσι λοιπόν, όταν ο χρήστης «ανακαλύψει» και την τελευταία γραμμή του κειμένου, η διαδικασία αυτή σταματά και έχουν γίνει όλες οι κατάλληλες μετρήσεις.

Τέλος, το κουμπί «Επόμενο» κατά το πάτημά του καλεί μία συνάρτηση, η οποία είναι υπεύθυνη για τους τελευταίους υπολογισμούς με την εφαρμογή των μετρικών, τη μεταφορά των δεδομένων στην επόμενη δραστηριότητα και την εκκίνησή της μέσω του Intent.

4.1.3.4 4η Οθόνη ή Android Activity

Η τέταρτη και τελευταία οθόνη – δραστηριότητα είναι αρκετά παρόμοια με την προηγούμενη. Όπως η Τρίτη, έτσι και αυτή περιέχει οντότητες τύπου View για τις γραμμές του κειμένου, όπως επίσης κι ένα κουμπί μετά το τέλος του κειμένου. Στην προκειμένη περίπτωση, το πρώτο πράγμα, το οποίο είναι εμφανές στα μάτια του χρήστη, είναι το γεγονός ότι υπάρχει συνεχές κείμενο, σε αντίθεση με το προηγούμενο Activity στο οποίο το κείμενο ήταν χωρισμένο σε παραγράφους.

Σαν λειτουργικότητα, αναφορικά με τις μετρήσεις και την καταγραφή δεδομένων, δεν υπάρχει κάποια σημαντική διαφορά καθώς επαναχρησιμοποιούνται οι συναρτήσεις που έχουν συνταχθεί για το προηγούμενο Activity. Βέβαια, σε αυτό το σημείο γίνεται η διασύνδεση με τη βάση δεδομένων Google Firebase, η οποία επιτεύχθηκε με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης firebase. Χρησιμοποιώντας τις έτοιμες βιβλιοθήκες και ακολουθώντας τα βήματα από την αναλυτική τεκμηρίωση στην επίσημη ιστοσελίδα της Google, εκτελέστηκαν τα παρακάτω βήματα για την προσθήκη του firebase στην εφαρμογή μέσω της online κονσόλας του firebase:

Βήμα 1ο *: Δημιουργία project*

Για να προστεθεί το Firebase στην Android εφαρμογή πρέπει σε πρώτη φάση να δημιουργηθεί ένα έργο Firebase, ώστε να συνδεθεί με την εφαρμογή μας. Γεγονός το οποίο πραγματοποιήθηκε γρήγορα και εύκολα μέσω της κονσόλας του Firebase με μερικά μόνο κλικς,

***Βήμα 2ο**: Καταχώρηση της εφαρμογής στο Firebase*
Για την καταχώρηση της εφαρμογής, επί της ουσίας είναι μια διαδικασία προσθήκης της εφαρμογής στο Firebase πρότζεκτ μέσω της κονσόλας του Firebase, με μια απλή σειρά βημάτων με μοναδικό απαιτούμενο το όνομα πακέτου της εφαρμογής.
***Βήμα 3ο**: Προσθήκη αρχείου ρυθμίσεων παραμέτρων*
Μέσω του Google Firebase παρέχεται η δυνατότητα να λάβουμε το αρχείο με τις απαιτούμενες ρυθμίσεις σύνδεσης με την εφαρμογή. Απλώς επιλέγουμε «Λήψη» και η πλατφόρμα δημιουργεί ένα αρχείο με όνομα google-services.json. Το αρχείο αυτό τοποθετείται στο φάκελο του έργου, ενώ στη συνέχεια πρέπει να προσθέσουμε χειροκίνητα τις εξαρτήσεις (dependencies) στο αρχείο build.gradle. Έχοντας ολοκληρώσει τα παραπάνω βήματα, η διαδικασία έχει φτάσει στο τέλος της.

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε η κλάση Data στο πλαίσιο μοντελοποίησης του αντικειμένου δεδομένων, το οποίο πρόκειται να αποστέλλεται στη Βάση Δεδομένων. Γι' αυτόν τον λόγο, χρησιμοποιήθηκαν συναρτήσεις τύπου getters και setters, όπως επίσης και constructor. Έτσι λοιπόν, στο σημείο αυτό η εφαρμογή είναι έτοιμη να αποστείλλει τα δεδομένα όντας συνδεδεμένη με τη Βάση Δεδομένων.

Η διαδικασία επικοινωνίας με τη βάση γίνεται κατά το πάτημα του κουμπιού «Ολοκλήρωση», το οποίο με τη σειρά του καλεί συνάρτηση στην οποία γίνονται οι τελευταίοι υπολογισμοί των μετρικών και η συλλογή της πληροφορίας για τη δημιουργία του αντικειμένου Data. Αμέσως μετά, η εφαρμογή «αιτείται» ένα μοναδικό αριθμό ID για τη συγκεκριμένη εγγραφή, το οποίο αποστέλλεται μαζί με τα δεδομένα του χρήστη.

Τέλος, η εφαρμογή «περιμένει» τέσσερα δευτερόλεπτα έως ότου αποσταλούν τα δεδομένα στην εφαρμογή του Firebase. Ο λόγος για τον οποίο προστέθηκε η καθυστέρηση αυτή είναι για τον συγχρονισμό των δύο διαδικασιών. Αμέσως μετά, παρουσιάζει μήνυμα και τερματίζει τη λειτουργία της, ώστε να μη δεσμεύει υπολογιστικούς πόρους από τη συσκευή του χρήστη, εφόσον η διαδικασία έχει πλέον ολοκληρωθεί.

5

Αξιολόγηση εφαρμογής με συμμετοχή χρηστών

5.1 Η διεξαγωγή του πειράματος

Με την εφαρμογή να είναι έτοιμη και λειτουργική, το επόμενο βήμα για τη διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας ήταν η εκτέλεση του πειράματος. Το πείραμα αυτό διεξήχθη αποκλειστικά εξ' αποστάσεως, χωρίς τη φυσική παρουσία των συμμετεχόντων σε κάποιο χώρο εργαστηρίου, καθώς έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της πανδημίας Covid - 19. Η μόνη συσκευή που χρησιμοποιήθηκε ήταν το προσωπικό κινητό τηλέφωνο κάθε συμμετέχοντα στο πείραμα, γεγονός το οποίο διευκόλυνε τη διαδικασία και μείωσε σημαντικά πιθανά έξοδα για εξοπλισμό.

Οι συμμετέχοντες του πειράματος έλαβαν μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου το εκτελέσιμο αρχείο της εφαρμογής που δημιουργήθηκε, καθώς κι έναν σύντομο οδηγό για το πώς θα γίνει η εγκατάσταση της εφαρμογής στο προσωπικό κινητό τηλέφωνο κάθε χρήστη.

Κάθε χρήστης εκτελώντας την εφαρμογή αντικρίζει ένα σύντομο κείμενο με οδηγίες, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα βήματα που πρέπει να γίνουν από τους συμμετέχοντες για την επιτυχημένη εκτέλεση του πειράματος. Στη συνέχεια, με τον χρήστη να αποδέχεται τη διαχείριση και καταγραφή των δεδομένων του για τις ανάγκες του πειράματος, καλείται να συμπληρώσει το έτος γέννησης όπως επίσης και το φύλο του, ώστε να ξεκινήσει η πειραματική διαδικασία.

Το πείραμα ξεκινάει τη χρονική στιγμή που ο χρήστης έρχεται σε επαφή με το πρώτο κείμενο «σκανδαλίζοντας» με αυτόματο τρόπο τον χρονομετρητή. Η αναμενόμενη συμπεριφορά του χρήστη, όπως αυτή περιγράφεται και στις οδηγίες, είναι ο χρήστης να μελετήσει τα κείμενα όπως θα διάβαζε ένα άρθρο στον περιηγητή του ιστού (web browser), χωρίς κάποιον συγκεκριμένο τρόπο αναφορικά με τις ενέργειες κύλισης ή την ταχύτητα ανάγνωσης για παράδειγμα.

Έτσι, δίνοντας την ελευθερία στον χρήστη και με τον αλγόριθμο πίσω από τις μετρήσεις να είναι ικανός να καταγράψει τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε χωρίς να

ορίσουμε «καλούπια», καταγράφονται επιτυχημένα τα δεδομένα από τις φυσικές συμπεριφορές των διαφορετικών χρηστών, ανεξαρτήτως της πυκνότητας και του μεγέθους της οθόνης.

Έχοντας ολοκληρώσει την ανάγνωση του πρώτου κειμένου, ο χρήστης πατώντας το πλήκτρο «Επόμενο», το σύστημα του εμφανίζει το δεύτερο και συνεχές κείμενο αντίστοιχης έκτασης με το προηγούμενο, η εφαρμογή καταγράφει ξανά με όμοιο τρόπο τα δεδομένα και στην επιβεβαίωση της ολοκλήρωσης της διαδικασίας τα δεδομένα αποστέλλονται στη Βάση Δεδομένων.

Η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω εκτελέστηκε ακριβώς με τον ίδιο τρόπο για όλους τους συμμετέχοντες, ενώ υπήρξε μία περίπτωση ασυμβατότητας με συγκεκριμένο μοντέλο κινητής συσκευής, πρόβλημα το οποίο ξεπεράστηκε με τη χρήση κάποιου άλλου έξυπνου κινητού τηλεφώνου.

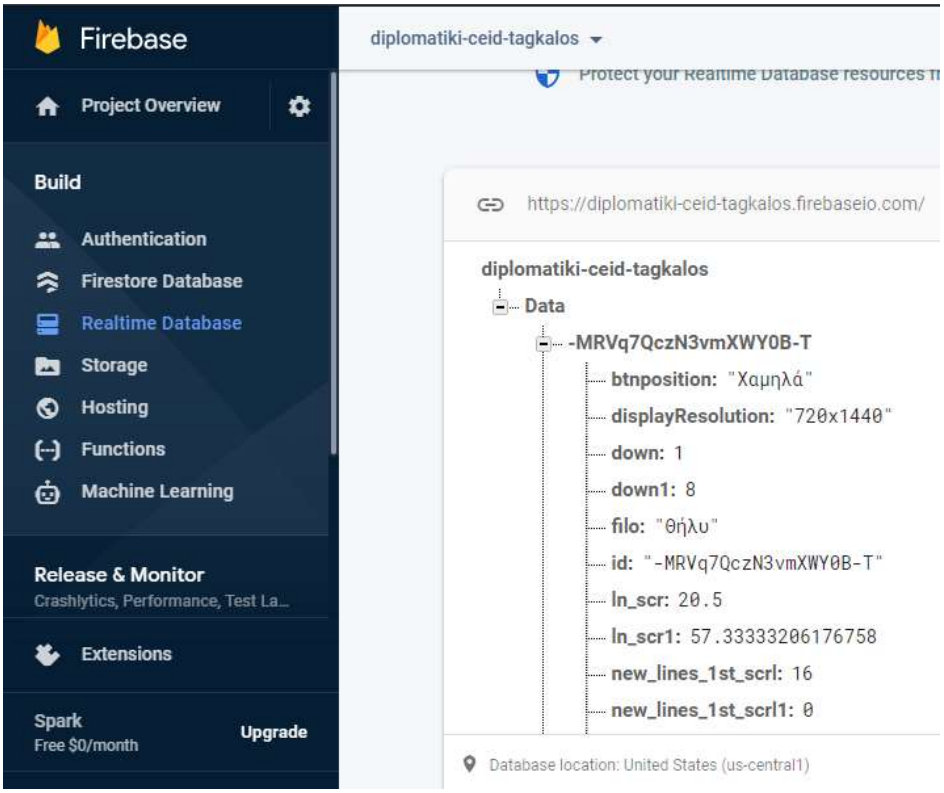
Με τα δεδομένα να είναι συγκεντρωμένα στη Βάση Δεδομένων του Firebase, το επόμενο βήμα είναι η διερευνητική ανάλυσή τους. Στην επόμενη ενότητα, πρόκειται να μελετήσουμε εκτενέστερα το πώς έγινε και ποια εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν για τη διαδικασία αυτή.

5.2 Διερευνητική ανάλυση δεδομένων

Σε αυτή την ενότητα πρόκειται να μελετήσουμε εκτενέστερα την ανάλυση των δεδομένων, σχετικά με τις μεθόδους και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν.

5.2.1 Προετοιμασία των δεδομένων

Αναφορικά με τη διαχείριση των δεδομένων, το Google Firebase παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής των αποθηκευμένων δεδομένων. Το παραγόμενο αρχείο δεν είναι κάτι παραπάνω από ένα json αρχείο, το οποίο έχει σαν κλειδί το όνομα της αποθηκευμένης πληροφορίας, ενώ στις αντίστοιχες τιμές τους βρίσκονται αποθηκευμένα τα μεγέθη, με κάθε εγγραφή να ξεχωρίζει μέσω του μοναδικού ID που έχει δοθεί όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 15: Απόκομμα από τα δεδομένα της βάσης δεδομένων στην κονσόλα του Google Firebase

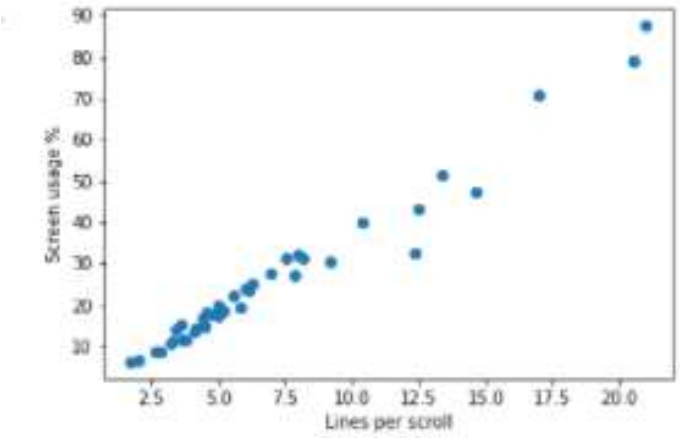
Το αρχείο αυτό μετετράπη σε csv, ώστε στη συνέχεια να διαχειριστεί ως dataframe σε Python script με τη χρήση της βιβλιοθήκης Pandas. Η βιβλιοθήκη αυτή είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη μεταξύ των επαγγελματιών του χώρου της ανάλυσης δεδομένων. Η Pandas παρέχει ποικιλία από δομές δεδομένων για τη διαχείριση διαφορετικών τύπων δεδομένων, όπως σημασμένων (labeled) και σχεσιακών (relational). Αυτό καθιστά τη γλώσσα προγραμματισμού Python ως ένα εξαιρετικά ευέλικτο και εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για τον καθαρισμό και τη διαχείριση δεδομένων. Η Pandas παρέχει συναρτήσεις για την εκτέλεση λειτουργιών, όπως η συγχώνευση, η αναμόρφωση, η ένωση και η μαζική επεξεργασία δεδομένων ή το φιλτράρισμά τους.

Ο κώδικας για την παραπάνω διαδικασία αναπτύχθηκε με το Visual Studio σε Jupyter Notebook (*.ipynb), με το αρχείο αυτό να περιέχει περιγραφικούς τίτλους, εικόνες με τα παραγόμενα διαγράμματα και εκτυπώσεις του κώδικα. Η ανωτέρω αναπαράσταση φαίνεται στην Εικόνα 16.

Correlation between "Lines per scroll" and "Usage percentage"

```
# generate related variables
from numpy import mean
from numpy import std
from numpy.random import randn
from numpy.random import seed
from matplotlib import pyplot
# prepare data
data1 = df['|__ln_scr']
data2 = df['|__usage_percent']
# summarize
print('Lines per scroll: mean=%.3f stdv=%.3f' % (mean(data1), std(data1)))
print('Usage percentage %% : mean=%.3f stdv=%.3f' % (mean(data2), std(data2)))
# plot
pyplot.scatter(data1, data2)
pyplot.xlabel('Lines per scroll')
pyplot.ylabel('Screen usage %')
pyplot.show()
```

```
Lines per scroll: mean=7.348 stdv=5.092
Usage percentage % : mean=27.257 stdv=20.079
```



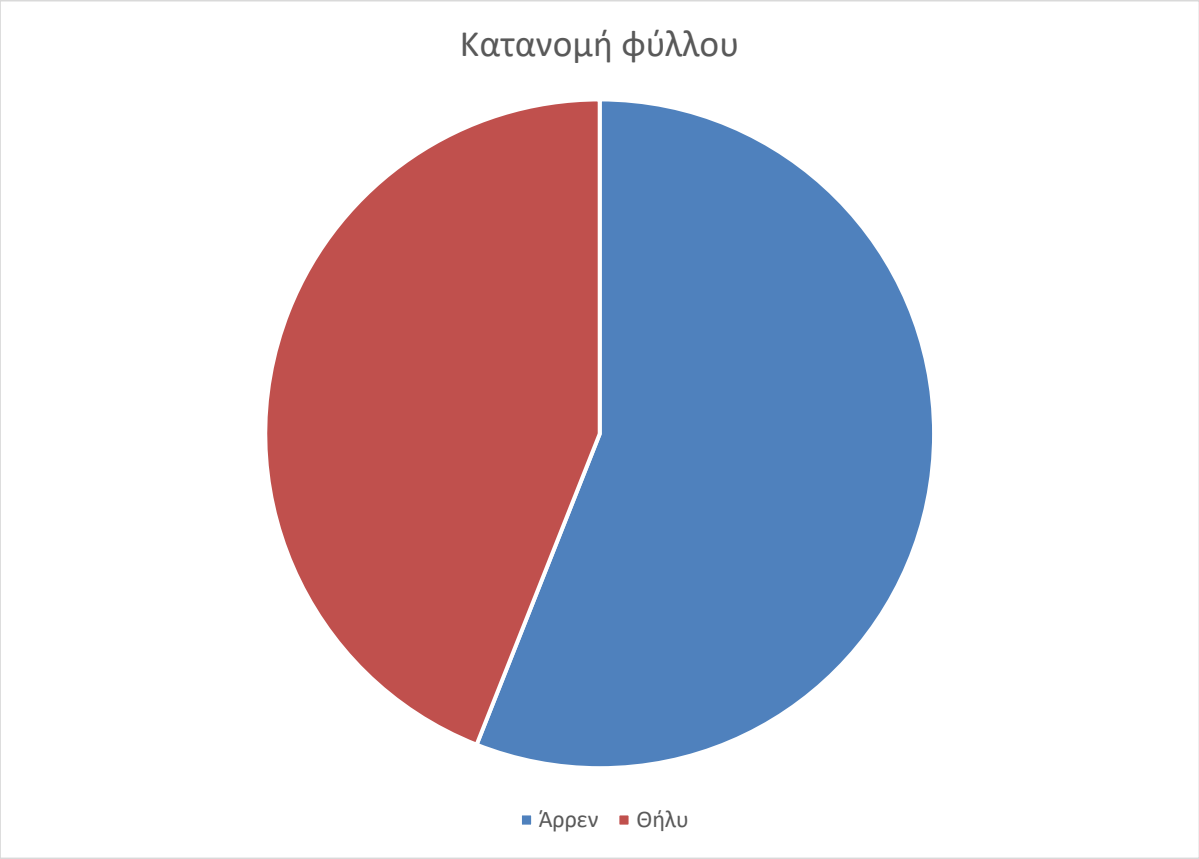
Εικόνα 16: Απόκομμα από το Jupyter Notebook στο οποίο βλέπουμε τίτλο στο άνω μέρος ακολουθούμενο από κώδικα, ενώ παρακάτω υπάρχουν οι εκτυπώσεις του κώδικα (μέσος όρος, τυπική απόκλιση και διάγραμμα διασποράς)

5.2.2 Αποτελέσματα αξιολόγησης

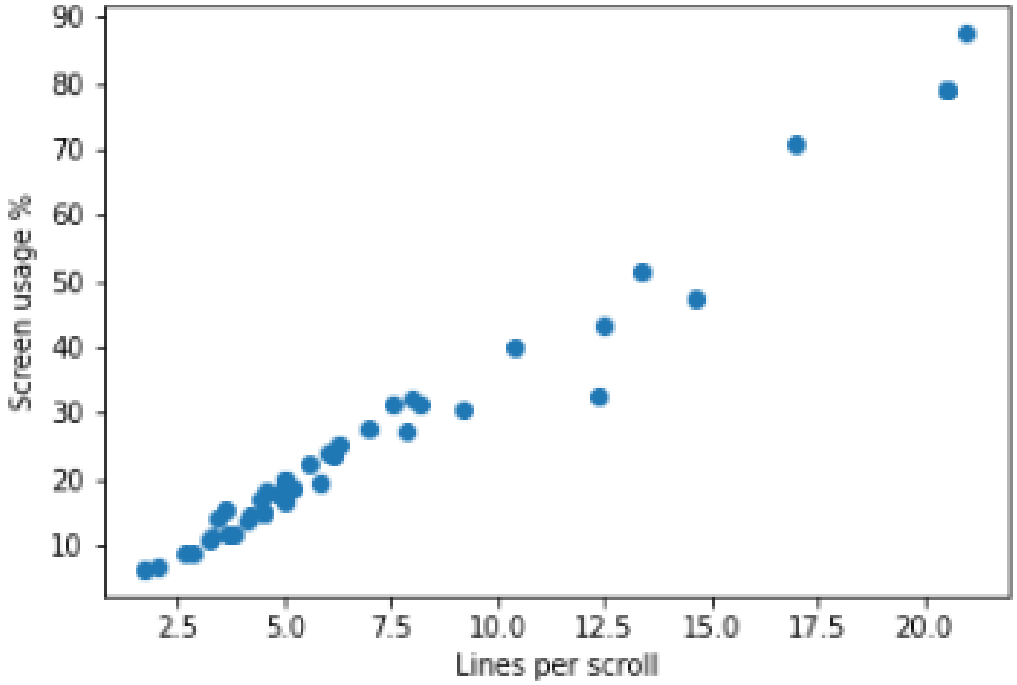
Στο πείραμα συμμετείχαν 42 χρήστες, όπως αυτό υπολογίστηκε με τη χρήστη της εντολής shape, εφαρμόζοντας την στο πλαίσιο δεδομένων (dataframe) που εξήχθησαν από τη Βάση Δεδομένων. Σε πρώτη ανάλυση, αναφορικά με το δείγμα μας, οι χρήστες φαίνεται να είναι σχετικά ισομοιρασμένοι όσον αφορά το φύλο τους, καθώς από τα δεδομένα προκύπτει ότι στο πείραμα συμμετείχαν 23 άνδρες και 19 γυναίκες. Αυτό διαπιστώνεται

και από το σχετικό διάγραμμα πίτας. Το αποτέλεσμα αυτό υπολογίστηκε με τη χρήση της εντολής value_counts() επί της σχετικής κολώνας (φύλο) του dataframe. Επίσης, το ηλικιακό εύρος των συμμετεχόντων στο συγκεκριμένο πείραμα είναι από 22 ετών έως 50. Με την κατανομή των χρηστών να φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Έτος Γέννησης	1997	1996	1998	1999	1993	1992	1994	2000	1972	1976
Πλήθος Χρηστών	18	6	6	4	3	1	1	1	1	1



Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η συσχέτιση (correlation) μεταξύ των μεγεθών του ποσοστού χρήσης της οθόνης και του μέσου όρου αριθμού γραμμών ανά δραστηριότητα κύλισης. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα σημείων, υπάρχει φανερή αναλογία των μεγεθών αυτών, η οποία είναι σχετικά σταθερή με μικρές αποκλίσεις. Καθώς αυξάνεται ο μέσος όρος των νέων γραμμών που «φέρνει» ο χρήστης στην οθόνη με κάθε κύλιση, αυξάνεται σταθερά και το ποσοστό χρήσης της οθόνης. Το γεγονός αυτό είναι λογικό διότι, αν ο χρήστης σε κάθε κύλιση εισάγει περισσότερες γραμμές, σημαίνει ότι μεγαλύτερο μέρος της οθόνης, τις μελετά και στη συνέχεια επαναλαμβάνει με την επόμενη κύλιση. Εν αντιθέσει, χρήστες οι οποίοι διαβάζουν σε μικρότερο εύρος της οθόνης εκτελούν συντομότερες και περισσότερες κυλίσεις στο κείμενο.



Εικόνα 17: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων, στον οριζόντιο άξονα βλέπουμε το μέσο όρο γραμμών ανά κύλιση, ενώ στον κατακόρυφο το ποσοστό χρήσης επί τοις εκατό

Πιο συγκεκριμένα, από την ανάλυση των δεδομένων για το πρώτο (και συνεχές) κείμενο προκύπτει ότι ο μέσος όρος των γραμμών ανά κύλιση είναι ίσος με ~7,3 γραμμές ανά κύλιση, με το δείκτη τυπικής απόκλισης να είναι περίπου ίσος με 5, ενώ για ποσοστό χρήσης ο μέσος όρος είναι στο 27% με την τυπική απόκλιση να ισούται με 19,9. Παρακάτω βλέπουμε τις ακριβείς τιμές των μετρικών:

- **Lines per scroll**

  Mean = 7.293

  Standard deviation = 5.043

- **Usage percentage %**

  Mean =27.004

  Standard deviation =19.905

Αντίστοιχα για το δεύτερο κείμενο το οποίο είναι χωρισμένο σε παραγράφους, ο μέσος όρος γραμμών ανά κύλιση φαίνεται να είναι αρκετά κοντά με τον προηγούμενο, στις 7 γραμμές ανά scroll με τυπική απόκλιση ίση με ~4, ενώ το ποσοστό χρήσης είναι ίσο με 27,5%, με τυπική απόκλιση στο 18,7. Παρακάτω, βλέπουμε τις ακριβείς τιμές των μετρικών:

- **Lines per scroll**

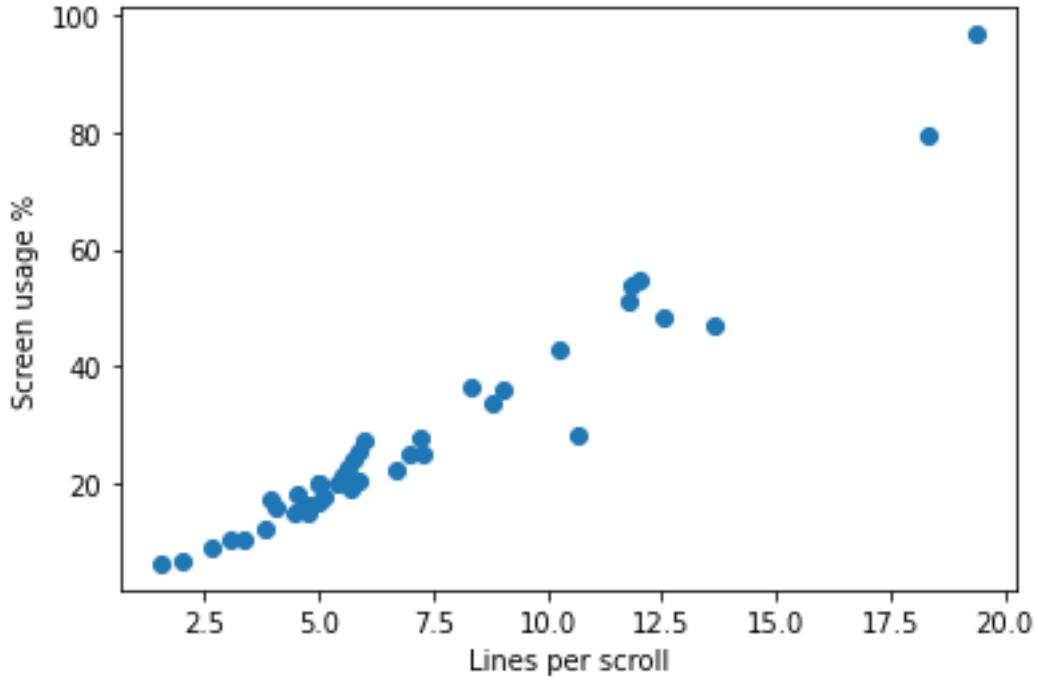
  Mean = 7.030

  Standard deviation = 3.976

- **Usage percentage %**

  Mean = 27.548

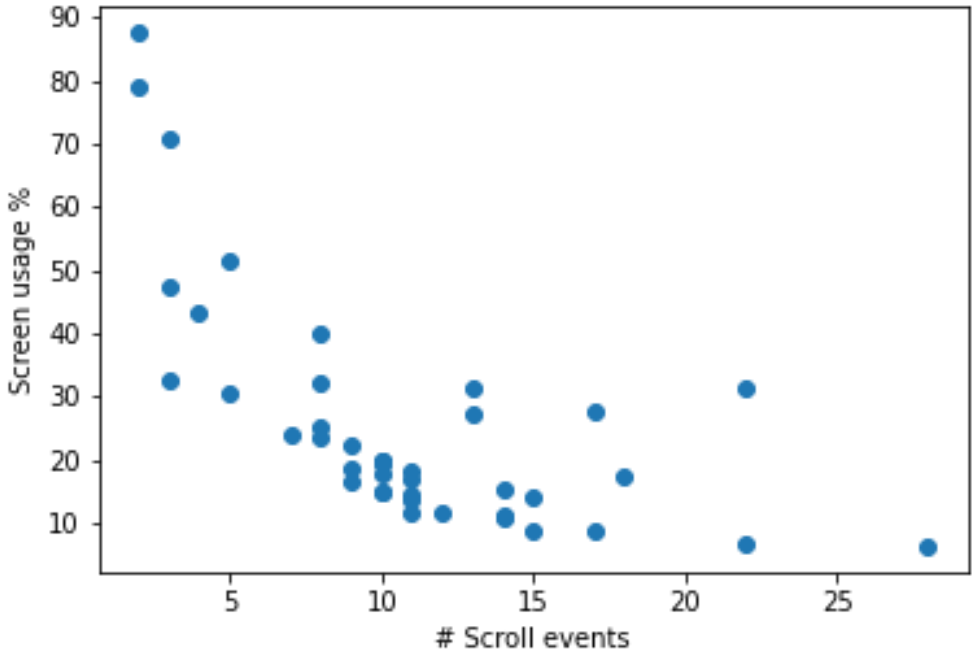
  Standard deviation = 18.717



Εικόνα 18: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για τα δεδομένα από το δεύτερο κείμενο (χωρισμένο σε παραγράφους), στον οριζόντιο άξονα βλέπουμε το μέσο όρο γραμμών ανά κύλιση, ενώ στον κατακόρυφο το ποσοστό χρήσης επί τοις εκατό

Αμέσως μετά ελέγχθηκε η συσχέτιση μεταξύ του συνολικού αριθμού κυλίσεων που εκτελεί ο χρήστης καθώς διαβάζει και του ποσοστού χρήσης της οθόνης. Παρακάτω, παρατίθενται τα ευρήματα για τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση του αριθμού κυλίσεων κατά την ανάγνωση του πρώτου συνεχούς κειμένου όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη χρήση της βιβλιοθήκης numpy της Python.

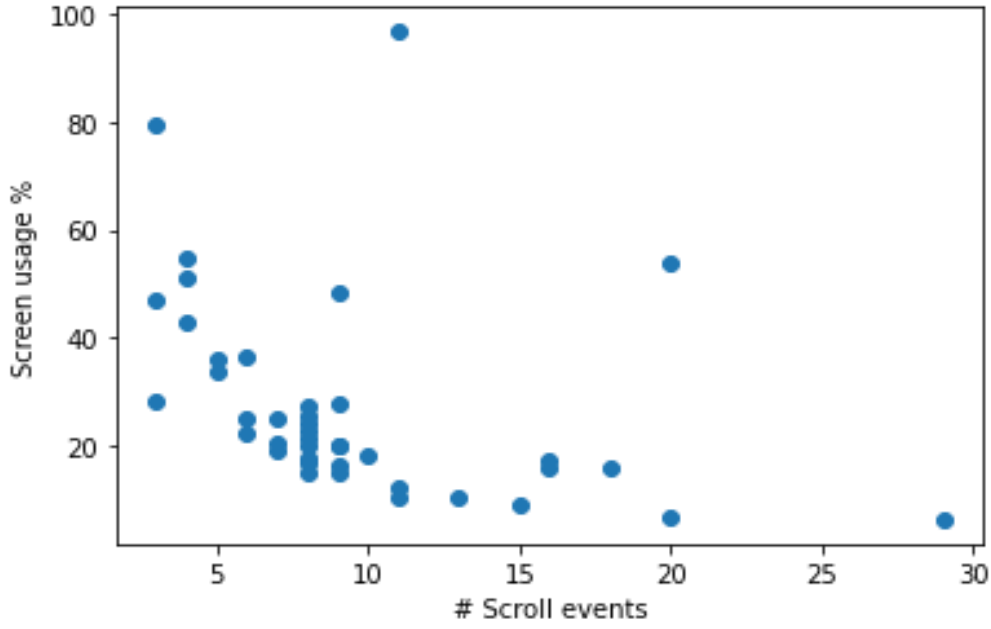
- Mean = 10,571 κυλίσεις
- Standard deviation = 5,645



Εικόνα 19: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για το πρώτο κείμενο, στον οριζόντιο άξονα βλέπουμε το σύνολο των κυλίσεων (scroll events), ενώ στον κατακόρυφο το ποσοστό χρήσης επί τοις εκατό

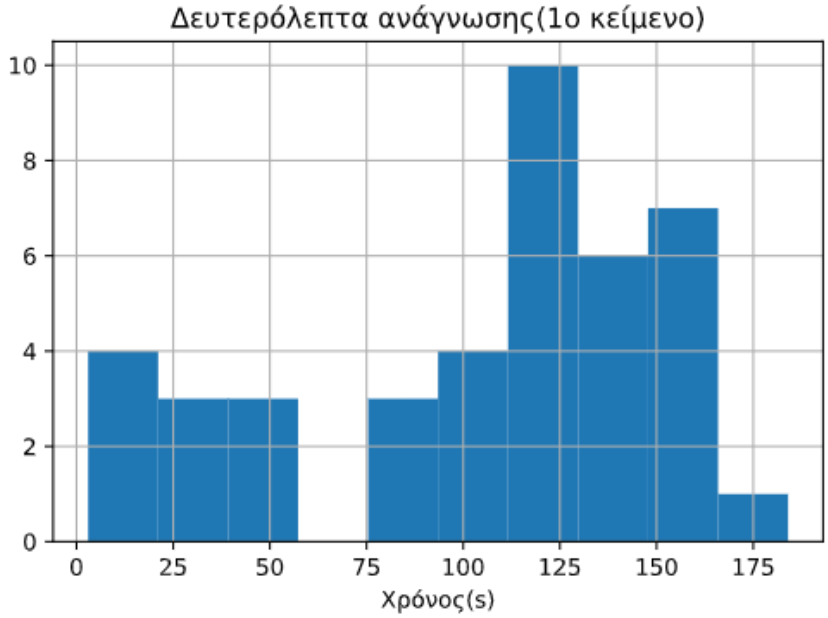
Με αντίστοιχο τρόπο υπολογίστηκαν οι τιμές για το δεύτερο (συνεχές κείμενο), όπως αυτές φαίνονται παρακάτω:

- Mean = 9.415 κυλίσεις
- Standard deviation = 5.278

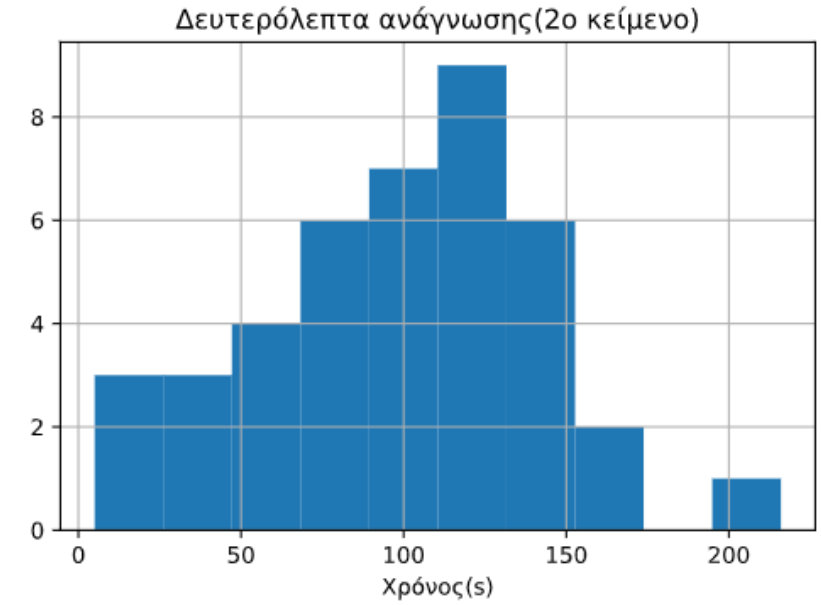


Εικόνα 20: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για το δεύτερο κείμενο, στον οριζόντιο άξονα βλέπουμε το σύνολο των κυλίσεων (scroll events), ενώ στον κατακόρυφο το ποσοστό χρήσης επί τοις εκατό

Παρακάτω δημιουργήθηκαν και διαγράμματα σχετικά με την κατανομή του χρόνου που αφιέρωσαν οι χρήστες σε κάθε κείμενο. Παρατηρώντας τα διαγράμματα, φαίνεται ότι οι χρήστες ξόδεψαν περισσότερο χρόνο στην ανάγνωση του πρώτου κειμένου, το οποίο είναι χωρισμένο σε παραγράφους, ενώ στη δεύτερη περίπτωση που το κείμενο είναι συνεχούς μορφής, η πλειονότητα των χρηστών φαίνεται να χρειάστηκε λιγότερο χρόνο.



Εικόνα 21: Απεικόνιση του χρόνου (σε δευτερόλεπτα) που αφιερώθηκε από τους χρήστες σε ραυδόγραμμα για το πρώτο κείμενο



Εικόνα 22: Απεικόνιση του χρόνου (σε δευτερόλεπτα) που αφιερώθηκε από τους χρήστες σε ραυδόγραμμα για το δεύτερο κείμενο.

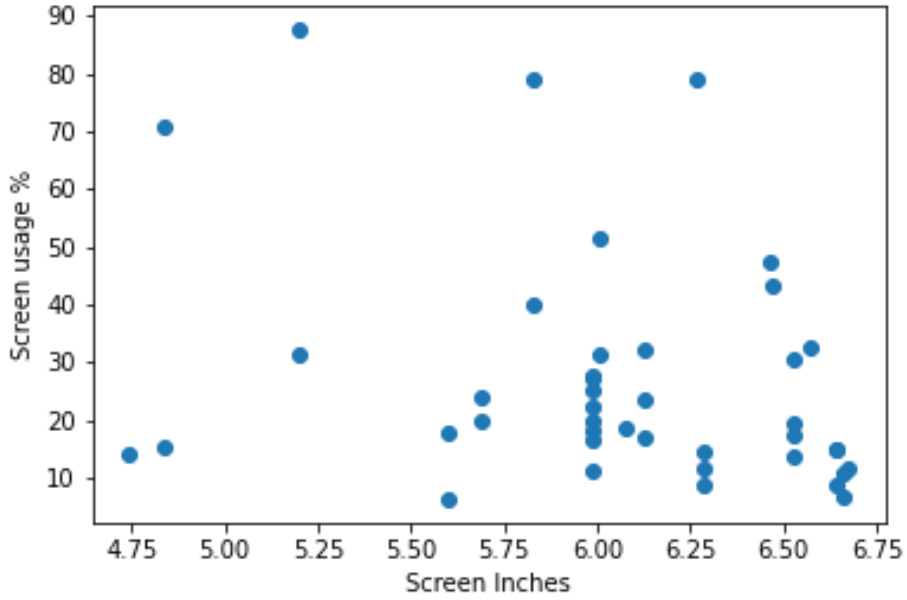
Κατά την αναζήτηση συσχέτισης μεταξύ του ποσοστού χρήσης της οθόνης με άλλων μεγεθών τα οποία καταγράφηκαν κατά την εκτέλεση του πειράματος, δημιουργήθηκαν ερωτήματα όπως:

«Κατά πόσο το μέγεθος επηρεάζει το ποσοστό χρήσης της οθόνης;»

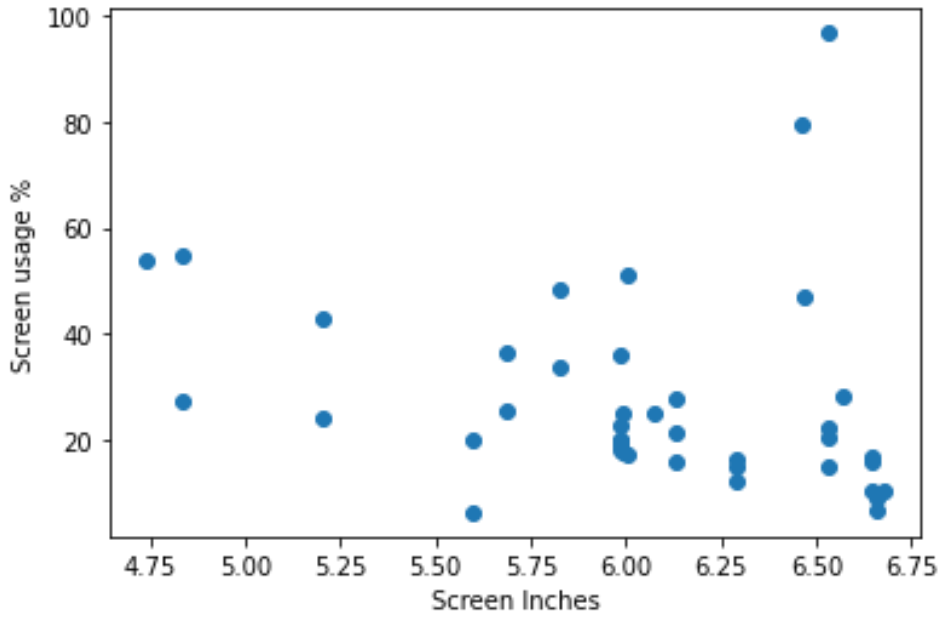
«Υπάρχει τελικά συσχέτιση μεταξύ μεγέθους και ποσοστού χρήσης;»

«Μήπως το μέγεθος επηρεάζει τους χρόνους ανάγνωσης;»

Αυτή η συσχέτιση έχει μελετηθεί και σε άλλα πειράματα, χωρίς όμως τα συμπεράσματα να είναι απολύτως ξεκάθαρα. Στην περίπτωση του πειράματος αυτού, ερευνήθηκε η συσχέτιση μεταξύ μεγέθους και ποσοστού χρήσης, όπως επίσης και η σχέση χρόνου ανάγνωσης και μεγέθους της χρησιμοποιούμενης οθόνης. Παρακάτω, με τη βοήθεια διαγραμμάτων σημείων, γίνεται η απεικόνιση των ευρημάτων του πειράματος:



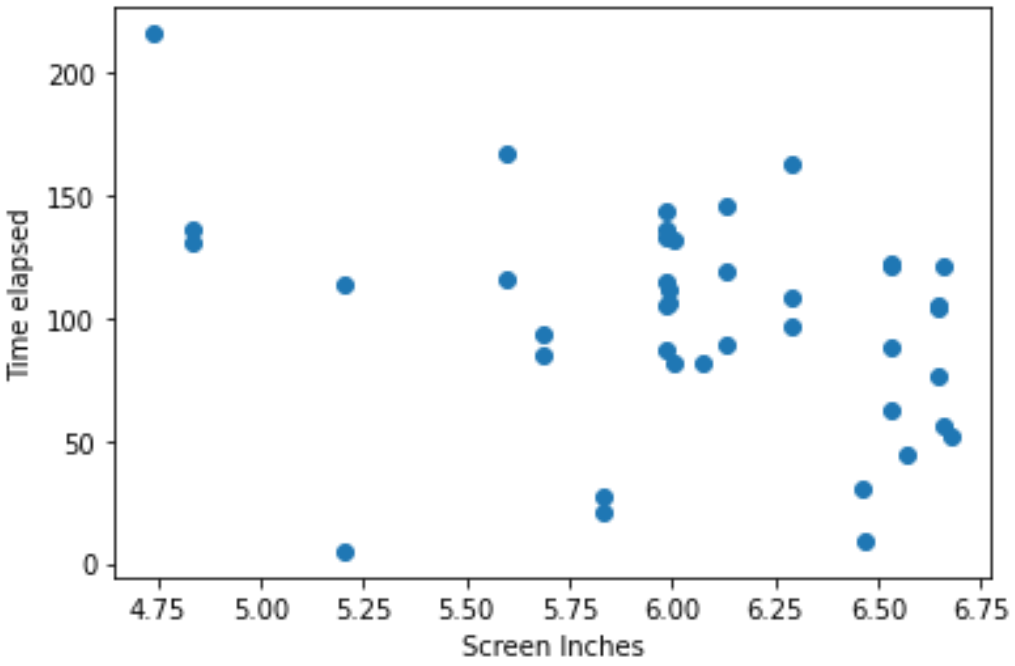
Εικόνα 23: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για την απεικόνιση του ποσοστού χρήσης της οθόνης συναρτήσει του μεγέθους της εκάστοτε οθόνης για τα δεδομένα του πρώτου κειμένου



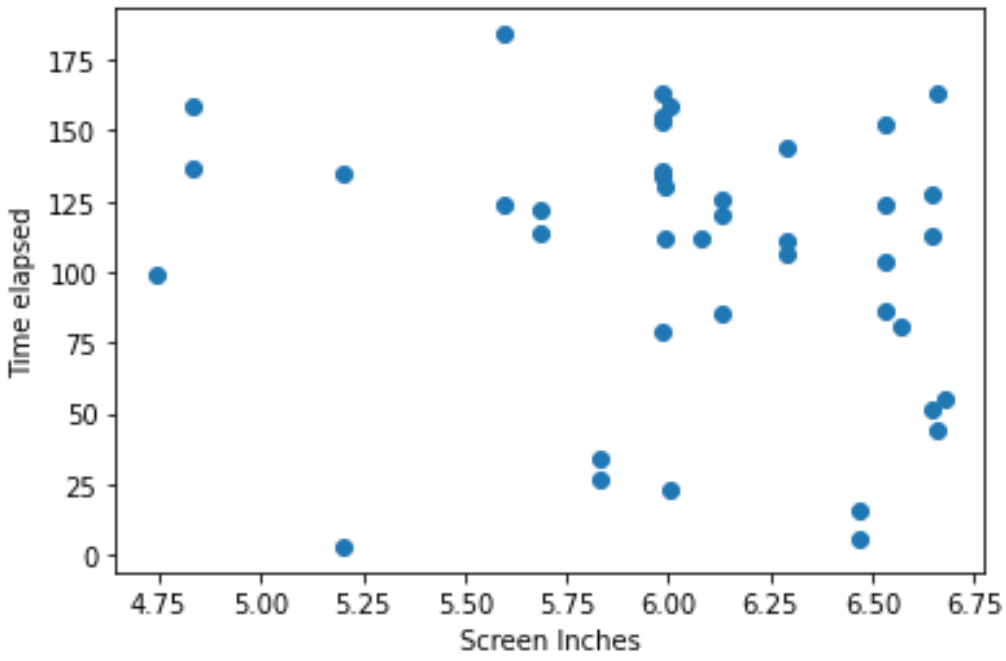
Εικόνα 24: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για την απεικόνιση του ποσοστού χρήσης της οθόνης συναρτήσει του μεγέθους της εκάστοτε οθόνης για τα δεδομένα του δεύτερου κειμένου.

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται ότι δεν υπάρχει κάποια συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού χρήσης της οθόνης και του μεγέθους της. Όσον αφορά το συγκεκριμένο δείγμα, δεν προκύπτει κάποια τάση στις μεγάλες είτε στις μικρές οθόνες αναφορικά με το ποσοστό χρήσης της οθόνης. Κάποιος θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι κάθε χρήστης μπορεί να μελετά αποδοτικότερα στη συσκευή που έχει συνηθίσει, χωρίς αυτό να έχει να κάνει απαραίτητα με το μέγεθος. Ίσως με ένα μεγαλύτερο δείγμα χρηστών και εντός ενός πιο «αυστηρού» πειραματικού πλαισίου να μπορούσαν να εξαχθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα για τη συσχέτιση των δύο αυτών μεγεθών.

Σε συνέχεια των παραπάνω, μελετήθηκε και η πιθανή συσχέτιση του χρόνου ανάγνωσης με το μέγεθος της οθόνης. Παρατηρώντας τα παρακάτω διαγράμματα σημείων, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια συσχέτιση καθώς τα σημεία φαίνονται να είναι αρκετά «διασκορπισμένα» στις διαφορετικές τιμές, χωρίς να παρουσιάζουν κάποιο μοτίβο ή τάση.



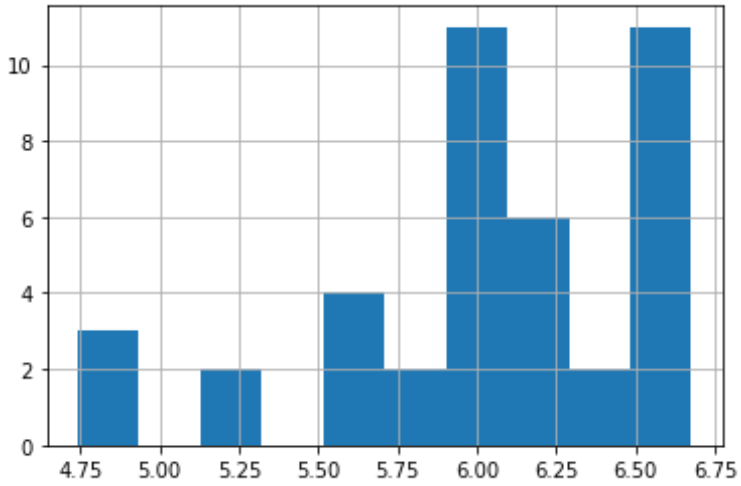
Εικόνα 25: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για τη συσχέτιση μεγέθους της οθόνης και του χρόνου μελέτης (κείμενο 1)



Εικόνα 26: Παραγόμενο διάγραμμα σημείων για τη συσχέτιση μεγέθους της οθόνης και του χρόνου μελέτης (κείμενο 2)

Αναφορικά με το μέγεθος των οθονών που χρησιμοποιήθηκαν για το συγκεκριμένο πείραμα, έγινε καταγραφή του μεγέθους της εκάστοτε οθόνης που διαθέτει ο χρήστης/συμμετέχων. Έτσι, το εύρος του μεγέθους των οθονών είναι από 4.7 ίντσες έως 6.7. Με τα μεγέθη των οθονών να ποικίλουν, καταγράφηκε και διαφορετικό πλήθος γραμμών κειμένου που «χωρούν» εντός της οθόνης, με τον αριθμό αυτό να

ξεκινάει από 24 γραμμές έως 38. Παρακάτω, βλέπουμε την κατανομή των διαφορετικών μεγεθών οθόνης που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

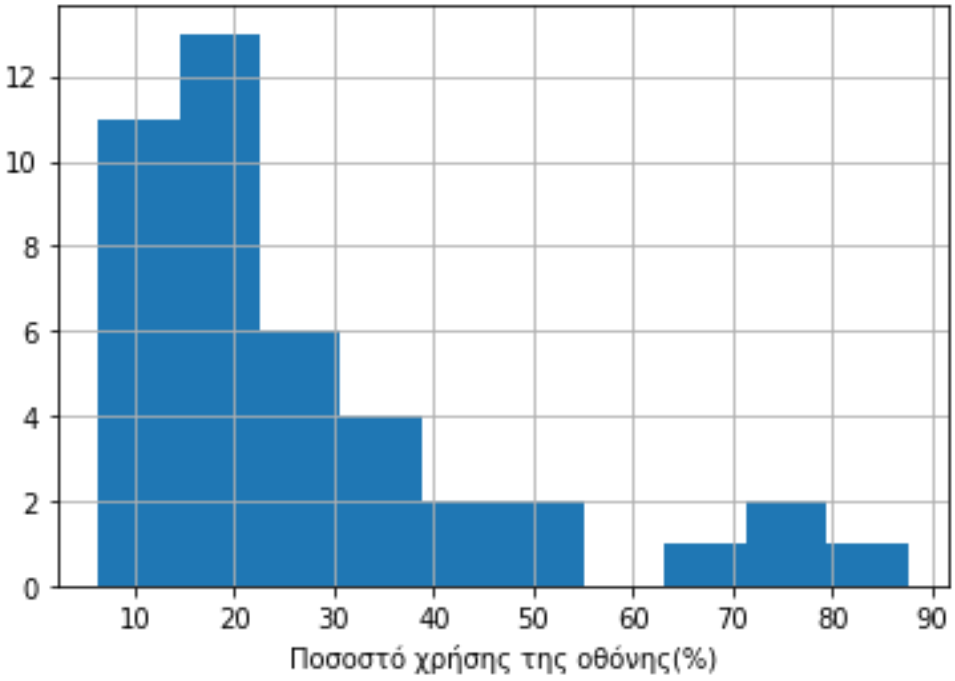


Εικόνα 27: Ραυδόγραμμα για την κατανομή των μεγεθών οθόνης που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα

Βλέποντας το παραπάνω διάγραμμα κατανομής των διαφορετικών μεγεθών οθονών είναι εύκολο κανείς να καταλάβει ότι οι περισσότεροι χρήστες χρησιμοποιούν κινητά με οθόνες άνω των 6 ιντσών, καθώς στο δείγμα μας άνω του πενήντα τοις εκατό (50%) των χρηστών συγκεντρώνονται στα κινητά από 5,99 και πάνω. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά τα διαφορετικά μεγέθη οθονών που καταγράφηκαν, όπως επίσης και το πλήθος των συσκευών αυτών.

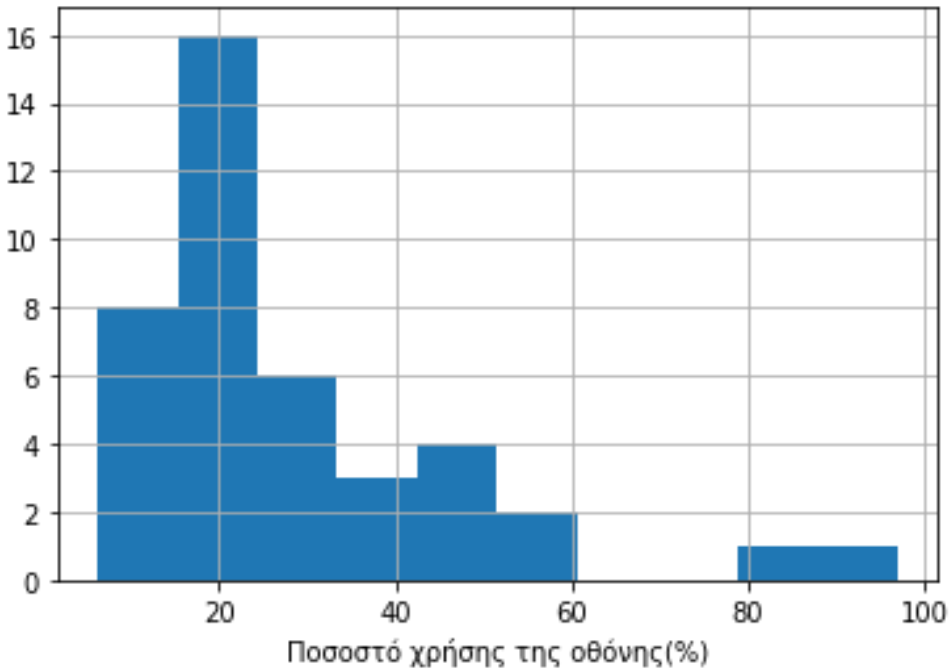
Μέγεθος οθόνης σε ίντσες	Πλήθος χρηστών
4.7	1
4.8	2
5.2	2
5.6	2
5.7	2
5.8	2
6.0	10
6.1	4
6.3	3
6.5	6
6.6	4
6.7	3

Τέλος, «πρωταγωνιστή» των μετρήσεων και των καταγραφών που έγιναν, αποτελεί το ποσοστό χρήσης της οθόνης το οποίο καταγράφηκε τόσο για το πρώτο κείμενο όσο και για το δεύτερο. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων μετρήσεων οπτικοποιημένα σε μορφή διαγραμμάτων κατανομής όπως αυτά φαίνονται παρακάτω.



Εικόνα 28: Ραυδόγραμμα κατανομής του ποσοστού χρήσης της οθόνης κατά την ανάγνωση του πρώτου συνεχούς κειμένου

Από το παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι περισσότεροι χρήστες χρησιμοποιούν λιγότερη από τη μισή οθόνη κατά την ανάγνωση, ενώ ταυτόχρονα είναι φανερή η ύπαρξη κάποιου είδους τάσης στη χρήση μεταξύ του δέκα με είκοσι τοις εκατό χρήσης (10% - 20%), με το πλήθος των χρηστών να αρχίζει να μειώνεται από το είκοσι πέντε με τριάντα τοις εκατό (25% - 30%), ενώ υπήρξαν χρήστες που φαίνεται να χρησιμοποιούν μεγαλύτερο ποσοστό της τάξης του εβδομήντα πέντε τοις εκατό (75%). Στη συνέχεια, αναλύονται τα δεδομένα για το δεύτερο κείμενο, το οποίο είναι χωρισμένο σε παραγράφους.

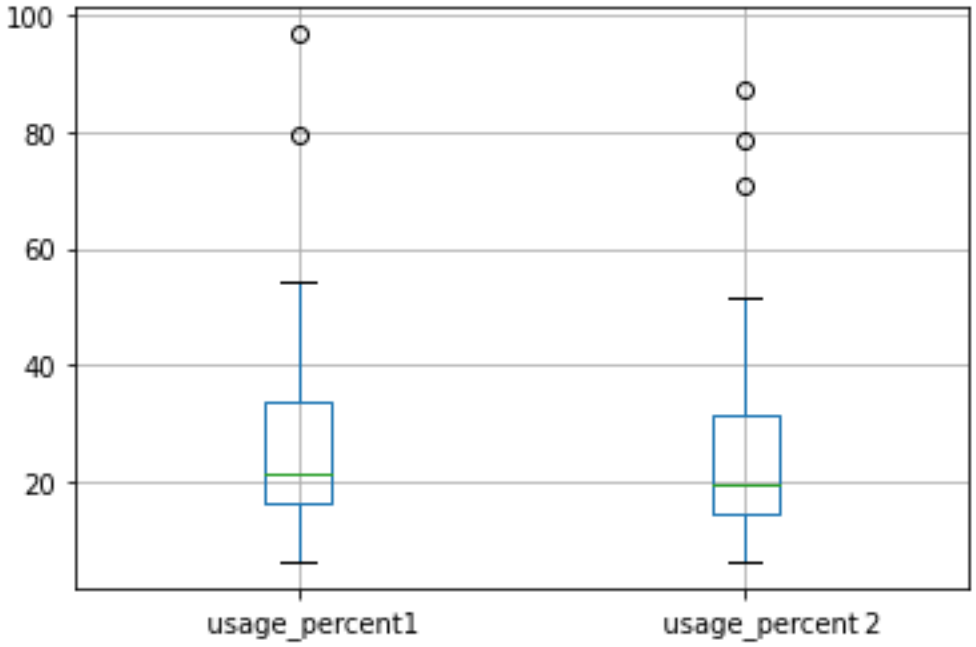


Εικόνα 29: Ραβδόγραμμα κατανομής του ποσοστού χρήσης της οθόνης κατά την ανάγνωση του δεύτερου κειμένου, το οποίο είναι χωρισμένο σε παραγράφους

Στο παραπάνω ραβδόγραμμα κατανομής του ποσοστού χρήσης, κατά την ανάγνωση του δεύτερου κειμένου, το οποίο διαφέρει κατά βάση στη δομή, όντας χωρισμένο σε παραγράφους των επτά γραμμών η κάθε μία, φαίνεται η τάση των χρηστών ακόμα εντονότερα σε σχέση με το πρώτο κείμενο. Στην περίπτωση αυτή, θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι ένα κείμενο το οποίο έχει κάποια συγκεκριμένη δομή, δύναται να περιορίσει το εύρος στο οποίο μελετά ο χρήστης.

Φαίνεται ότι ακόμα περισσότεροι χρήστες στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούν μικρότερο ποσοστό της οθόνης. Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι δεκαέξι (16) από τους συμμετέχοντες, δηλαδή περίπου το σαράντα τοις εκατό (40%) των χρηστών, διαβάζει περί το είκοσι τοις εκατό της οθόνης. Παρόλο που στο δεύτερο κείμενο η τάση των χρηστών να χρησιμοποιούν μικρότερο ποσοστό της οθόνης είναι μεγαλύτερη, δεν λείπουν οι χρήστες οι οποίοι χρησιμοποιούν την οθόνη σε ποσοστά μεγαλύτερα του πενήντα τοις εκατό (50%).

Τέλος, παράχθηκε θηκόγραμμα (boxplot) ώστε να μελετήσουμε καλύτερα το εύρος και την κατανομή των τιμών σχετικά με το ποσοστό χρήσης της οθόνης δίνοντας έμφαση στο μεσοτεταρτημόριο και στις τιμές που το ορίζουν (25ο εκατοστημόριο ή 25th percentile & 75ο εκατοστημόριο ή 75th percentile). Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται ότι για το πρώτο κείμενο, το άνω όριο του μεσοτεταρτημορίου ισούται με 31.36%, τη στιγμή που το κάτω όριο ισούται με 14.42%. Στην περίπτωση του δεύτερου κειμένου οι αντίστοιχες τιμές βρίσκονται στο διάστημα 16.47% - 33.85%. Παράλληλα ο μέσος όρος βρίσκεται στο 21.15% και 19.33% για τα δύο κείμενα.



Εικόνα 30: Παραγόμενο θηκόγραμμα για την αποτύπωση της κατανομής του ποσοστού χρήσης της οθόνης για το πρώτο και το δεύτερο κείμενο αντίστοιχα

6

Συμπεράσματα και Προοπτικές

6.1 Σύνοψη

Οι στόχοι της διπλωματικής εργασίας ολοκληρώθηκαν με επιτυχία. Αρχικά καθορίστηκε ο στόχος, ο οποίος αφορά την εύρεση του ποσοστού χρήσης της οθόνης κατά την προβολή κυλιόμενου περιεχομένου. Για το έργο αυτό αναπτύχθηκε εφαρμογή με τη χρήση του εργαλείου Android Studio και η συγγραφή του κώδικα έγινε με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Java.

Η φάση της υλοποίησης ήταν μια εξελικτική διαδικασία κατά την οποία κληθήκαμε να πάρουμε αποφάσεις, ώστε να αντιμετωπιστούν κατάλληλα τα διάφορα προβλήματα λειτουργικού χαρακτήρα και της ακρίβειας των καταγεγραμμένων μετρήσεων/στοιχείων. Προτού ξεκινήσει ο διαμοιρασμός της εφαρμογής στους συμμετέχοντες, διασφαλίστηκε ότι η εφαρμογή εκτελείται απροβλημάτιστα σε δύο συσκευές διαφορετικού μεγέθους και διαφορετικής έκδοσης του λειτουργικού συστήματος Android. Αφού διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή δεν έχει κάποιο λειτουργικό πρόβλημα, ξεκίνησε το πείραμα και η βάση δεδομένων εμπλουτίστηκε με τις μετρήσεις για τον κάθε χρήστη.

Εφόσον πλέον υπήρχαν τα δεδομένα, διενεργήθηκε ανάλυση των καταγεγραμμένων στοιχείων, αφού πρώτα εξήχθησαν από τη βάση δεδομένων του Firebase. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Python και σχετικές βιβλιοθήκες για την αποδοτική διαχείριση του συνόλου δεδομένων, καθώς και βιβλιοθήκες για την εικονοποίηση των δεδομένων μέσω των οποίων προέκυψαν διάφορα συμπεράσματα.

Συμπερασματικά, ενώ οι χρήστες χρησιμοποιούν διαφορετικά τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα για τη μελέτη ενός εγγράφου αναφορικά με τον χρόνο που χρειάζονται για την ανάγνωση είτε με το εύρος της οθόνης που χρησιμοποιούν, τα δεδομένα παρουσιάζουν κάποια «τάση» στο 20% χρήσης της οθόνης.

6.2 Πιθανές επεκτάσεις για μελλοντική εργασία

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, ο στόχος της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η διερεύνηση του ποσοστού χρήσης της οθόνης κατά τη διάρκεια κυλιόμενου περιεχομένου.

Η πληροφορία αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό από τους σχεδιαστές εφαρμογών είτε ιστοσελίδων και να φέρει βελτιώσεις στο UI/UX. Γνωρίζοντας την πληροφορία αυτή, κάποιος σχεδιαστής μπορεί να τροποποιήσει κατάλληλα κάποια διεπαφή χρήστη είτε μία ιστοσελίδα, ώστε να παρουσιάσει με πιο αποδοτικό τρόπο το περιεχόμενο που τον ενδιαφέρει.

Βέβαια, εκτός του ποσοστού χρήσης της οθόνης θα ήταν εξίσου χρήσιμο να γνωρίζαμε και το ύψος στο οποίο εστιάζει την προσοχή του ο χρήστης επί της οθόνης. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί αποδοτικά με χρήση κάποιας συσκευής οφθαλμικής ιχνηλάτησης (Eye Tracking), ώστε παράλληλα με τις υπόλοιπες καταγραφές να γίνεται και η καταγραφή των σημείων εστίασης του χρήστη. Για να γίνει αυτό εφικτό θα πρέπει να γίνει επανέναρξη του πειράματος σε περιβάλλον εργαστηρίου, ώστε να διασφαλιστεί η κατάλληλη χρήση του εξοπλισμού και άλλοι παράγοντες, όπως η απόσταση της οθόνης από τα μάτια του χρήστη. Ο συνδυασμός των δύο αυτών πληροφοριών θα μπορούσε να αξιοποιηθεί σε εμπορικό επίπεδο για την προβολή διαφημίσεων, οι οποίες θα ήταν τοποθετημένες κατάλληλα, ώστε να λαμβάνουν περισσότερη προσοχή από τον χρήστη, εξατομικευμένα ανάλογα με τον τρόπο που χρησιμοποιεί τη συσκευή.

Βιβλιογραφία- Αναφορές

[1] T. Chawana και F. Adebesin, 'The current state of measuring return on investment in user experience design', *South Afr. Comput. J.*, τ. 33, τχ. 1, σσ. 22–36, Απριλίου 2021, doi: 10.18489/sacj.v33i1.950.

[2] P. E. Ross *κ.ά.*, 'Top 11 technologies of the decade', *IEEE Spectr.*, τ. 48, τχ. 1, σσ. 27–63, Ιανουαρίου 2011, doi: 10.1109/MSPEC.2011.5676379.

[3] Group N.P.D, 'Feature phones comprise overwhelming majority of mobile phone sales in Q2 2009', *NPD Group Httpwww Npd Compressreleasespress090819 Html Accessed August 1 2009 SnapTell"Technology Overv.*, 2009.

[4] N. Bevan, 'International Standards for Usability Should Be More Widely Used'.

[5] T. Jokela, N. Iivari, J. Matero, και M. Karukka, 'The standard of user-centered design and the standard definition of usability: analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11', στο *Proceedings of the Latin American conference on Human-computer interaction*, New York, NY, USA, Μαΐου 2003, σσ. 53–60. doi: 10.1145/944519.944525.

[6] B. Bridgeman, M. L. Lennon, και A. Jackenthal, 'Effects of Screen Size, Screen Resolution, and Display Rate on Computer-Based Test Performance', *Appl. Meas. Educ.*, τ. 16, τχ. 3, σσ. 191–205, Απριλίου 2003, doi: 10.1207/S15324818AME1603_2.

[7] D. Raptis, N. Tselios, J. Kjeldskov, και M. B. Skov, 'Does size matter? investigating the impact of mobile phone screen size on users' perceived usability, effectiveness and efficiency.', στο *Proceedings of the 15th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*, New York, NY, USA, Μαΐου 2013, σσ. 127–136. doi: 10.1145/2493190.2493204.

[8] K. Holmqvist, M. Nyström, R. Andersson, R. Dewhurst, H. Jarodzka, και J. van de Weijer, *Eye Tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. OUP Oxford, 2011.

[9] O. Asan και Y. Yang, 'Using Eye Trackers for Usability Evaluation of Health Information Technology: A Systematic Literature Review', *JMIR Hum. Factors*, τ. 2, τχ. 1, σ. e4062, Απριλίου 2015, doi: 10.2196/humanfactors.4062.

[10] E. Shishido, S. Ogawa, S. Miyata, M. Yamamoto, T. Inada, και N. Ozaki, 'Application of eye trackers for understanding mental disorders: Cases for schizophrenia and autism spectrum disorder', *Neuropsychopharmacol. Rep.*, τ. 39, τχ. 2, σσ. 72–77, 2019, doi: 10.1002/npr2.12046.

[11] A. A. B. Mansor και S. M. Isa, 'The Impact of Eye Tracking on Neuromarketing for Genuine Value-Added Applications', τ. 10, τχ. 1, σ. 12, 2018.

[12] G. Buscher, R. Biedert, D. Heinesch, και A. Dengel, 'Eye tracking analysis of preferred reading regions on the screen', στο *CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, Δεκεμβρίου 2010, σσ. 3307–3312. doi: 10.1145/1753846.1753976.

[13] A. L. Cox και M. M. Silva, 'The role of mouse movements in interactive search', στο *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 2006, τ. 28, τχ. 28.
[14] K. Rodden, X. Fu, A. Aula, και I. Spiro, 'Eye-mouse coordination patterns on web search results pages', στο *CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, Δεκεμβρίου 2008, σσ. 2997–3002. doi: 10.1145/1358628.1358797.
[15] R. Atterer και P. Lorenzi, 'A heatmap-based visualization for navigation within large web pages', στο *Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges*, New York, NY, USA, Ιουλίου 2008, σσ. 407–410. doi: 10.1145/1463160.1463206.

Σύντομο Βιογραφικό Συγγραφέα

Ο Τάγκαλος Δημήτριος εισήχθη στο τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Πατρών το 2015. Κατά τη διάρκεια των σπουδών του εκτέλεσε επικουρικό έργο στο εργαστήριο «Βασικά Ηλεκτρονικά» ως βοηθός για τη διεξαγωγή του. Στη συνέχεια συμμετείχε στο επιμορφωτικό σεμινάριο του ReGeneration Academy με θέμα Big Data & AI το οποίο χρηματοδοτήθηκε από τη Microsoft και διεξήχθη σε συνεργασία με την Code.Hub, ενώ αμέσως μετά πιστοποιήθηκε από τη Microsoft με το Azure Data Fundamentals. Αυτή την περίοδο εργάζεται ως εξωτερικός συνεργάτης στον Όμιλο ΟΤΕ (Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος) μέσω τρίτης εταιρίας στο τμήμα DevOps.