



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή Εργασία

Τίτλος Πτυχιακής Εργασίας	Εξατομικευμένη Ηλεκτρονική Περιήγηση με Φορητές Συσκευές Personalized Online Browsing with Mobile Devices
Ονοματεπώνυμο Φοιτητή	Κωνσταντίνα Γεωργακοπούλου
Πατρώνυμο	Ιωάννης
Αριθμός Μητρώου	Π/22027
Επιβλέπων	Ευάγγελος Σακκόπουλος, Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης Ιούλιος 2026

Copyright ©

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν αποκλειστικά τον συγγραφέα και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Ως συγγραφέας της παρούσας εργασίας δηλώνω πως η παρούσα εργασία δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και δεν περιέχει υλικό από μη αναφερόμενες πηγές.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ευάγγελο Σακκόπουλο, για την πολύτιμη καθοδήγηση, την εμπιστοσύνη και τις καίριες παρατηρήσεις του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ την οικογένειά μου και τους φίλους μου για τη συνεχή στήριξη και τη υπομονή τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται τον σχεδιασμό και την υλοποίηση της εφαρμογής ECHO, μιας καινοτόμου λύσης στον τομέα της ηλεκτρονικής περιήγησης στον αστικό ιστό. Σε μια εποχή όπου ο ψηφιακός θόρυβος και ο καταγισμός πληροφοριών δυσχεραίνουν την ανακάλυψη σχετικών ευκαιριών, η ECHO λειτουργεί ως ένας ευφυής διαμεσολαβητής μεταξύ της τοπικής αγοράς και του καταναλωτή.

Η εφαρμογή αξιοποιεί τις δυνατότητες της «Πανταχού Παρούσας Υπολογιστικής» (Ubiquitous Computing) ενσωματώνοντας έναν υβριδικό αλγόριθμο στάθμισης (Weighted Scoring Algorithm). Ο αλγόριθμος αυτός επιτυγχάνει την εξατομίκευση των προτάσεων αναλύοντας σε πραγματικό χρόνο δύο βασικούς άξονες: τις δυναμικές προτιμήσεις του χρήστη («Vibes») και τη γεωγραφική του εγγύτητα μέσω του API Fused Location Provider. Η ECHO έχει αναπτυχθεί ως native Android εφαρμογή σε γλώσσα Kotlin, χρησιμοποιώντας το σύγχρονο δηλωτικό πλαίσιο Jetpack Compose για τη δημιουργία ενός αντιδραστικού περιβάλλοντος χρήστη βασισμένου στις αρχές του Glassmorphism.

Το σύστημα υποστηρίζεται από μια serverless αρχιτεκτονική στο Google Firebase, η οποία διασφαλίζει τον σύγχρονισμό δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μεταξύ του πελάτη και του διαχειριστή. Η εργασία παρουσιάζει αναλυτικά την αρχιτεκτονική MVVM, τη μοντελοποίηση των δεδομένων στο Cloud Firestore, καθώς και το σύστημα ασφαλούς εξαργύρωσης προσφορών μέσω QR Codes. Μέσω της αξιολόγησης και των σεναρίων χρήσης, αποδεικνύεται ότι η |ECHO βελτιώνει σημαντικά την εμπειρία περιήγησης, μειώνοντας το γνωστικό φορτίο του χρήστη και προσφέροντας στις τοπικές επιχειρήσεις ένα ισχυρό εργαλείο στοχευμένου μάρκετινγκ.

Λέξεις Κλειδιά: Android, Kotlin, Jetpack Compose, Firebase, Εξατομίκευση, Υπηρεσίες Βασισμένες στην Τοποθεσία (LBS), Συστήματα Συστάσεων, Context-Awareness, MVVM.

Abstract

This thesis presents the design and implementation of ECHO, an innovative mobile application for personalized urban browsing. In an era where digital noise and information overload make it difficult to discover relevant opportunities, ECHO acts as an intelligent mediator between the local market and the consumer.

The application leverages the capabilities of Ubiquitous Computing by integrating a Weighted Scoring Algorithm. This algorithm achieves personalization by analyzing two key dimensions in real-time: the user's dynamic preferences ("Vibes") and their geographical proximity via the Fused Location Provider API. ECHO is developed as a native Android application using Kotlin and the modern Jetpack Compose framework, creating a reactive user interface based on Glassmorphism design principles.

The system is supported by a serverless architecture on Google Firebase, ensuring real-time data synchronization between the client and the administrator. The thesis details the MVVM architecture, data modeling in Cloud Firestore, and the secure offer redemption system using QR Codes. Through evaluation and use-case scenarios, it is demonstrated that ECHO significantly improves the browsing experience, reduces user cognitive load, and provides local businesses with a powerful targeted marketing tool.

Key Words: Android, Kotlin, Jetpack Compose, Firebase, Personalization, Location-Based Services (LBS), Recommender Systems, Context-Awareness, MVVM.

Αφιερώσεις

Στους δικούς μου ανθρώπους, που ήταν δίπλα μου σε κάθε βήμα αυτής της διαδρομής.

Πίνακας Περιεχομένων

Copyright ©.....	ii
Ευχαριστίες	iii
Περίληψη	iv
Abstract	v
Αφιερώσεις	vi
Κατάλογος Εικόνων	xii
Κατάλογος Πινάκων	xiii
Κατάλογος Κωδίκων.....	xiv
Εισαγωγή.....	1
Πλαίσιο και Κίνητρο	1
Διατύπωση Προβλήματος.....	1
Στόχοι	1
Εμβέλεια και Οριοθετήσεις	2
Οργάνωση του Κειμένου	2
Κεφάλαιο 1 — Θεωρητικό Υπόβαθρο και Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	3
1.1 Υπηρεσίες Βασισμένες στην Τοποθεσία	3
1.2 Τεχνολογίες Ανάπτυξης Android και Cloud Υποδομές.....	3
1.3 Μελέτη Σχετικών Εφαρμογών.....	4
1.3.1 UniOut: Φοιτητική Περιήγηση και Κοινωνική Δικτύωση.....	4
1.3.2 Google Maps: Το Πρότυπο στην Πλοήγηση και τα POIs	5
1.3.3 TripAdvisor: Πλατφόρμα Αξιολόγησης και Ταξιδιωτικού Περιεχομένου	6
1.3.4 AroundMe: Εντοπισμός Υπηρεσιών βάσει Εγγύτητας.....	7
1.3.5 Visit a City: Οργάνωση και Προγραμματισμός Ταξιδιού	7
1.4 Συγκριτική Ανάλυση και Εντοπισμός Λειτουργικού Κενού.....	8
1.4.1 Εντοπισμός Ερευνητικού και Λειτουργικού Κενού	9
Κεφάλαιο 2 — Ανάλυση και Σχεδιασμός Συστήματος.....	10
2.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις.....	10
2.1.1 Απαιτήσεις Τελικού Χρήστη – Πελάτη	10
2.1.2 Απαιτήσεις Διαχειριστή – Επιχείρησης (Admin).....	11
2.2 Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις	12
2.3 Προδιαγραφή Περιπτώσεων Χρήσης	14
2.3.1 UC-01 – Επιλογή Προτιμήσεων Χρήστη.....	14
2.3.2 UC-02 – Προβολή Προσωποποιημένων Echoes	15
2.3.3 UC-03 – Προβολή Σημείου σε Διαδραστικό Χάρτη.....	16

2.3.4 UC-04 – Αυτόματη Ειδοποίηση και Αποθήκευση στο Πορτοφόλι.....	17
2.3.5 UC-05 – Εξαργύρωση Προσφοράς στο Κατάστημα	18
2.3.6 UC-06 – Διαχείριση Συστήματος & Προσφορών	19
2.4 Σχεδιασμός Διεπαφής Χρήστη & Ανθρωποκεντρική Προσέγγιση (UI/UX).....	19
2.4.1 Ροή Εγγραφής και Επιλογή Ενδιαφερόντων.....	19
2.4.2 Κεντρική Λειτουργία Περιήγησης και Χάρτης.....	20
2.4.3 Σχεδιασμός Συναλλαγής & Διαχειριστικού Ελέγχου.....	20
Κεφάλαιο 3 — Αλγόριθμοι Εξατομίκευσης και Συστήματα Συστάσεων	21
3.1 Θεωρία Συστημάτων Συστάσεων	21
3.1.1 Περιεχομενοκεντρικό Φιλτράρισμα.....	21
3.1.2 Συνεργατικό Φιλτράρισμα	21
3.2 Γεωγραφική Εξατομίκευση και Spatial Decay	22
3.3 Μαθηματική Μοντελοποίηση του Αλγορίθμου ECHO	22
3.4 Διαχείριση Ψηφιακού Θορύβου και Sequential Alerts.....	23
Κεφάλαιο 4 — Αρχιτεκτονική Συστήματος	24
4.1 Αρχιτεκτονικό Πρότυπο: MVVM	24
4.2 Δομή Πακέτων και Οργάνωση Κώδικα	24
4.3 Ροή Δεδομένων και Διαχείριση Κατάστασης.....	25
4.4 Μοντέλο Νηματοποίησης και Coroutines	26
4.5 Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων	26
Κεφάλαιο 5 — Υλοποίηση Εφαρμογής	27
5.1 Ενσωμάτωση Google Maps SDK και Custom Styling.....	27
5.2 Pipeline Γεωεντοπισμού: Fused Location Provider API	28
5.3 Υλοποίηση του Αλγορίθμου ECHO σε Kotlin.....	28
5.4 Μηχανισμός Sequential Proximity Alerts.....	28
5.5 Δυναμική Παραγωγή QR Codes και Σύστημα Εξαργύρωσης.....	29
Κεφάλαιο 6 — Υλοποίηση Περιβάλλοντος Χρήσης.....	30
6.1 Σχεδιαστικές Αρχές και Οπτική Ταυτότητα	30
6.2 Ροή Αυθεντικοποίησης και Διαχωρισμός Ρόλων	30
6.2.1 Οπτική Ταυτότητα και Splash Screen.....	31
6.2.2 Minimalist Login και Μείωση Τριβής.....	31
6.2.3 Εγγραφή και Δυναμικός Διαχωρισμός Ρόλων.....	31
6.3 Περιβάλλον Ανακάλυψης	32
6.3.1 Custom Styled Maps και Σημαντική Σήμανση.....	33
6.3.2 Personalized Carousel και Glanceability	33

6.3.3 Dynamic Filtering και Εναλλαγή Πλαισίου	33
6.4 Εξατομίκευση και Δυναμικές Ειδοποιήσεις	35
6.4.1 Vibes Selection: Διαισθητική Διαμόρφωση Προφίλ	35
6.4.2 Proximity Popups: Πληροφορία “Just-in-Time”	35
6.5 Ψηφιακό Πορτοφόλι και Διαχείριση Προσφορών	37
6.5.1 Οπτική Οργάνωση και Κατάσταση Προσφορών	37
6.5.2 Η Έννοια της «Ψηφιακής Συλλογής»	37
6.5.3 Πρόσβαση στις Λεπτομέρειες και το QR Code	37
6.6 Διαχείριση Προφίλ και Στοιχεία Παιχνιδικοποίησης	39
6.6.1 Οπτικοποίηση Δραστηριότητας και Στατιστικών	39
6.6.2 Σύστημα Επιπέδων και Badges	39
6.6.3 Έλεγχος Προτιμήσεων και Διαχείριση Συνεδρίας	40
6.7 Περιβάλλον Διαχειριστή και Έλεγχος Δικτύου	40
6.7.1 Editor: Γεωγραφικός και Περιεχομενικός Προγραμματισμός	40
6.7.2 Network: Διαχείριση Υφιστάμενων Σημείων	41
6.7.3 Redemption Terminal: Επικύρωση και Ολοκλήρωση Συναλλαγής	41
Κεφάλαιο 7 — Μοντελοποίηση Δεδομένων και Cloud Αποθήκευση	44
7.1 Αρχιτεκτονική NoSQL και Cloud Firestore	44
7.2 Μοντελοποίηση Συλλογών και Εγγράφων	44
7.2.1 Συλλογή Users: Διαχείριση Προσωποποιημένης Κατάστασης	44
7.2.2 Συλλογή POIs: Γεωχωρική Πληροφορία και Προσφορές	45
7.2.3 Συλλογή Redemptions: Αρχείο Συναλλαγών	45
7.3 Συγχρονισμός σε Πραγματικό Χρόνο	45
7.4 Ασφάλεια και Επιτήρηση	45
Κεφάλαιο 8 — Περιπτώσεις Χρήσης	46
8.1 Η ECHO ως Εργαλείο Επίγνωσης Πλαισίου	46
8.1.1 Η Γεφύρωση του Ψηφιακού και του Φυσικού Χώρου	46
8.1.2 Μείωση της Πληροφοριακής Υπερφόρτωσης	46
8.2 Σενάριο Α: Έξυπνος Τουρισμός (e-Tourism)	46
8.2.1 Το Πρόβλημα της Γενικευμένης Πληροφόρησης	46
8.2.2 Υλοποίηση ECHO: Εξατομικευμένη Πολιτιστική Περιήγηση	47
8.2.3 Ενίσχυση της Τοπικής Πολιτιστικής Οικονομίας	47
8.3 Σενάριο Β: Φοιτητική Καθημερινότητα και Πανεπιστημιακά Οικοσυστήματα	47
8.3.1 Δυναμική Προώθηση Φοιτητικών Προσφορών	47
8.3.2 Η ECHO ως Εργαλείο Εξοικονόμησης Πόρων	47

8.4 Σενάριο Γ: Ενίσχυση Μικρομεσαίων Επιχειρήσεων	47
8.4.1 Proximity Marketing με Μηδενικό Κόστος.....	47
8.4.2 Διαχείριση Αποθέματος μέσω Real-Time Προσφορών	48
8.5 Κοινωνικές και Οικονομικές Προεκτάσεις.....	48
8.5.1 Υποστήριξη Ατόμων με Ειδικές Ανάγκες (Προοπτική).....	48
8.5.2 Gamification της Αστικής Περιήγησης.....	48
Κεφάλαιο 9 — Γεωχωρική Ανάλυση και Υποστήριξη Αποφάσεων	49
9.1 Από την Ατομική Περιήγηση στη Συλλογική Γεωχωρική Νοημοσύνη	49
9.1.1 Το σύνολο Δεδομένων της ECHO ως «Ψηφιακό Αποτύπωμα» της Πόλης	49
9.2 Ανάλυση Χωρικής Πυκνότητας και Εμπορικά Hotspots	49
9.2.1 Παταγωγή Θεμρικών χαρτών (Heatmaps) βάσει Vibes	49
9.2.2 Εντοπισμός «Ψηφιακών Ερήμων» στην Τοπική Αγορά	49
9.3 Ανάλυση Χρονικών Προτύπων και Αστικός Παλμός	50
9.3.1 Συσχέτιση Ώρας και Καταναλωτικής Πρόθεσης	50
9.4 Υποστήριξη Θεσμικών και Επιχειρηματικών Αποφάσεων.....	51
9.4.1 Βελτιστοποίηση Αστικής Κινητικότητας και Πεζοδρόμησης	51
9.4.2 Στρατηγική Επιλογή Τοποθεσίας.....	51
9.5 Ιδιωτικότητα και Δεοντολογία Δεδομένων.....	51
9.5.1 Ανωνυμοποίηση και Συγκέντρωση	51
9.5.2 Διαφάνεια και Συναίνεση	51
Κεφάλαιο 10 — Αξιολόγηση	52
10.1 Μετρήσεις Απόδοσης	52
10.1.1 Καθυστερήση Αλγορίθμου Ταξινόμησης.....	52
10.1.2 Ταχύτητα Συγχρονισμού Εξαργύρωσης.....	52
10.2 Ποιοτική Αξιολόγηση Ευχρηστίας.....	53
10.2.1 Μεθοδολογία και Σενάρια Δοκιμών	53
10.2.2 Αποτελέσματα και Feedback Χρηστών	53
10.3 Αξιολόγηση Ασφάλειας και Ιδιωτικότητας	53
Κεφάλαιο 11 — Περιορισμοί και Μελλοντική Εργασία	54
11.1 Τρέχοντες Περιορισμοί	54
11.1.1 Ακρίβεια Γεωεντοπισμού σε Εσωτερικούς Χώρους	54
11.1.2 Κατανάλωση Ενεργειακών Πόρων.....	54
11.1.3 Στατικότητα Προτιμήσεων Χρήστη	54
11.2 Μελλοντικές Κατευθύνσεις και Επεκτάσεις	54
11.2.1 Ενσωμάτωση Μηχανικής Μάθησης	54

11.2.2 Επαυξημένη Πραγματικότητα.....	55
11.2.3 Παιχνιδικοποίηση και Σύστημα Ανταμοιβών	55
11.2.4 Εντοπισμός Ακριβείας με Beacons.....	55
11.2.5 Cross-Platform Ανάπτυξη και Wearables	55
Συμπεράσματα.....	56
Πίνακας ορολογίας.....	58
Πίνακας συντμήσεων-αρτικόλεξων-ακρονυμίων	60
Βιβλιογραφία	61
Παράρτημα Α — Δομή Αρχείων Έργου	64
Παράρτημα Β — Κατάλογος Εξαρτήσεων.....	65

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.0.1 Κεντρική οθόνη προτάσεων της εφαρμογής UniOut.	4
Εικόνα 1.0.2 Οθόνη προτάσεων και χαρτογράφησης της εφαρμογής Google Maps.	5
Εικόνα 1.0.3 Οθόνη προτεινόμενων προορισμών της εφαρμογής Tripadvisor.	6
Εικόνα 1.0.4 Οθόνη κατηγοριών σημείων ενδιαφέροντος της εφαρμογής AroundMe.	7
Εικόνα 1.0.5 Οθόνη δημιουργίας ταξιδιωτικού πλάνου στην εφαρμογή Visit a City.	7
Εικόνα 4.0.1 Οργάνωση του πηγαίου κώδικα της εφαρμογής ECHO βάσει λειτουργιών (Feature-based structure) στο Android Studio.	25
Εικόνα 4.0.2 Απεικόνιση της δομής των δεδομένων και των πεδίων της συλλογής POIs στο περιβάλλον του Cloud Firestore.	26
Εικόνα 5.0.1 Υλοποίηση Custom Map Styling με αφαίρεση περιττών POIs και ανάδειξη των Echo Points.	27
Εικόνα 5.0.2 Δυναμική παραγωγή QR Code και Echo-ID για την ταυτοποίηση της προσφοράς στο σημείο πώλησης.	29
Εικόνα 6.0.1 Η οθόνη έναρξης “Splash Screen” της εφαρμογής.	32
Εικόνα 6.0.2 Ροή αυθεντικοποίησης και διαχωρισμός ρόλων μεταξύ Customer και Admin.	32
Εικόνα 6.0.3 Η κεντρική οθόνη ανακάλυψης με το Contextual Carousel προσωποποιημένων προτάσεων.	34
Εικόνα 6.0.4 Μορφοποιημένος χάρτης με Echo Points.	34
Εικόνα 6.0.5 Λειτουργία δυναμικού φιλτραρίσματος βάσει ετικετών (hashtags).	35
Εικόνα 6.0.6 Η διεπαφή επιλογής Vibes για τη διαμόρφωση του αλγορίθμου εξατομίκευσης.	36
Εικόνα 6.0.7 Αυτοματοποιημένη ειδοποίηση εγγύτητας (Proximity Alert).	36
Εικόνα 6.0.8 Το ψηφιακό πορτοφόλι (Wallet) με αρχειοθετημένες και εξαργυρωμένες προσφορές.	38
Εικόνα 6.0.9 Η διεπαφή του ψηφιακού πορτοφολιού σε κατάσταση αναμονής (Empty State), όπου το σύστημα παροτρύνει τον χρήστη να εξερευνήσει την πόλη για την ανακάλυψη νέων Echoes.	38
Εικόνα 6.0.10 Οπτικοποίηση της επιλεγμένης προσφοράς με δυναμικά παραγόμενο QR Code και το αντίστοιχο Echo-ID, έτοιμο προς επικύρωση από το τερματικό της επιχείρησης.	39
Εικόνα 6.0.11 Η διεπαφή προφίλ χρήστη με ενσωματωμένα στοιχεία παιχνιδιοποίησης (Gamification) και συνοπτική απεικόνιση της καταναλωτικής δραστηριότητας.	40
Εικόνα 6.0.12 Το περιβάλλον διαχειριστή (Control Center) της εφαρμογής ECHO με διαχωρισμό λειτουργικών αρμοδιοτήτων.	42
Εικόνα 6.0.13 Η διεπαφή διαχείρισης δικτύου (Network Tab), όπου επιτρέπεται η εποπτεία και η τροποποίηση των ενεργών Echo Points.	42
Εικόνα 6.14 Η διεπαφή του τερματικού εξαργύρωσης (Redemption Terminal), η οποία επιτρέπει στον διαχειριστή την επικύρωση του μοναδικού αναγνωριστικού Echo-ID του πελάτη σε πραγματικό χρόνο.	43

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1 Συγκριτική αξιολόγηση λειτουργιών υφιστάμενων εφαρμογών.....	8
Πίνακας 2.1 Πίνακας Μη Λειτουργικών Απαιτήσεων.....	12
Πίνακας 2.2 Πίνακας Επιλογής Προτιμήσεων Χρήστη	14
Πίνακας 2.3 Πίνακας Προβολής Προσωποποιημένων Echoes.....	15
Πίνακας 2.4 Πίνακας Προβολής Σημείου σε Διαδραστικό Χάρτη	16
Πίνακας 2.5 Πίνακας Αυτόματης Ειδοποίησης και Αποθήκευσης στο Πορτοφόλι.....	17
Πίνακας 2.6 Πίνακας Εξαργύρωσης Προσφοράς στο Κατάστημα	18
Πίνακας 2.7 Πίνακας Διαχείρισης Συστήματος & Προσφορών.....	19
Πίνακας 4.1 Σχήμα Συλλογών στο Cloud Firestore.....	26
Πίνακας 9.1 Ενδεικτική ποσοστιαία κατανομή ενεργοποίησης ειδοποιήσεων εγγύτητας (Proximity Alerts) ανά χρονική ζώνη και κατηγορία ενδιαφέροντος (Vibe) βάσει συγκεντρωτικών δεδομένων 50	
Πίνακας 10.1 Συγκεντρωτικές μετρήσεις απόδοσης συστήματος	52

Κατάλογος Κωδίκων

Κώδικας 1 Η δένδροειδής δομή των πακέτων της εφαρμογής ECHO	24
Κώδικας 2 Η υλοποίηση του Weighted Scoring Algorithm στο ViewModel	28

Εισαγωγή

Πλαίσιο και Κίνητρο

Στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή, η τεχνητή νοημοσύνη και οι τεχνολογίες επίγνωσης πλαισίου (context-awareness) έχουν μεταφέρει την υπολογιστική ισχύ από τα παραδοσιακά γραφεία στο φυσικό περιβάλλον του χρήστη. Τα σύγχρονα συστήματα σε ολοκληρωμένο κύκλωμα (SoC) των κινητών συσκευών επιτρέπουν την εκτέλεση σύνθετων αλγορίθμων σε πραγματικό χρόνο, μετατρέποντας τα smartphones σε πανταχού παρούσες πλατφόρμες αισθητήρων. Η έννοια της «Πανταχού Παρούσας Υπολογιστικής» (Ubiquitous Computing), όπως διατυπώθηκε από τον Mark Weiser [1], αποτελεί πλέον την καθημερινή πραγματικότητα, όπου η τεχνολογία ενσωματώνεται οργανικά στις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Το κίνητρο για τη δημιουργία της εφαρμογής ECHO πηγάζει από την ανάγκη γεφύρωσης του χάσματος μεταξύ της αφθονίας της ψηφιακής πληροφορίας και της φυσικής παρουσίας του καταναλωτή στον αστικό χώρο. Ενώ οι χρήστες περιηγούνται στην πόλη, συχνά στερούνται πρόσβασης σε στοχευμένη πληροφόρηση που να αφορά την τοπική αγορά και τις τρέχουσες προσφορές, με τρόπο που να ανταποκρίνεται στα προσωπικά τους ενδιαφέροντα. Η ECHO σχεδιάστηκε για να λειτουργήσει ως ένας ευφυής διαμεσολαβητής, ο οποίος φιλτράρει τον ψηφιακό θόρυβο και αναδεικνύει μόνο τις πληροφορίες που έχουν πραγματική αξία για τον χρήστη, τη στιγμή που βρίσκεται σε γεωγραφική εγγύτητα με αυτές. [2]

Διατύπωση Προβλήματος

Παρά τη ραγδαία τεχνολογική πρόοδο, η αποτελεσματική σύνδεση των καταναλωτών με τις τοπικές επιχειρήσεις αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Ο σύγχρονος καταναλωτής κατακλύζεται από γενικευμένες διαφημίσεις και ειδοποιήσεις (spam) μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή κοινωνικών δικτύων, τις οποίες τείνει να αγνοεί λόγω έλλειψης συνάφειας και χρονικού πλαισίου. [3] Αυτό το φαινόμενο του ψηφιακού κορεσμού οδηγεί σε απώλεια ευκαιριών τόσο για τον χρήστη, που δεν ανακαλύπτει προσφορές που τον αφορούν, όσο και για τις τοπικές επιχειρήσεις, που αδυνατούν να δεσμεύσουν τον πελάτη (engagement) στο σημείο πώλησης (Point of Sale).

Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη εφαρμογών που διαχειρίζονται δεδομένα τοποθεσίας σε πραγματικό χρόνο απαιτεί προηγμένες αρχιτεκτονικές λύσεις. Η ανάγκη για υψηλή ακρίβεια γεωεντοπισμού, η αποδοτική διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας και η διατήρηση ενός αντιδραστικού (reactive) περιβάλλοντος χρήστη που συγχρονίζεται ακαριαία με cloud υποδομές, αποτελούν τεχνικά εμπόδια που απαιτούν προσεκτικό σχεδιασμό και χρήση σύγχρονων προτύπων ανάπτυξης.

Στόχοι

Ο κύριος στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου συστήματος εξατομικευμένης ηλεκτρονικής περιήγησης. Οι επιμέρους στόχοι περιλαμβάνουν:

- Την ανάπτυξη ενός υβριδικού αλγορίθμου στάθμισης (Weighted Scoring Algorithm) που εξισορροπεί τις προσωπικές προτιμήσεις του χρήστη με τη γεωγραφική του θέση.

- Την υλοποίηση μηχανισμών αυτόματης ειδοποίησης εγγύτητας (Proximity Alerts) με χρήση τεχνολογιών Geofencing.
- Την ανάπτυξη μιας native Android εφαρμογής με χρήση Kotlin και Jetpack Compose, ακολουθώντας το αρχιτεκτονικό πρότυπο MVVM.
- Τη διασύνδεση του συστήματος με την cloud πλατφόρμα Firebase για τη διαχείριση δεδομένων και τον real-time συγχρονισμό μεταξύ επιχειρήσεων και καταναλωτών.
- Τη δημιουργία ενός ασφαλούς συστήματος εξαργύρωσης προσφορών μέσω QR Codes.

Εμβέλεια και Οριοθετήσεις

Η εφαρμογή απευθύνεται σε χρήστες συσκευών Android με έκδοση λειτουργικού 7.0 (API 24) ή νεότερη. Η μελέτη επικεντρώνεται στην εξατομίκευση προτάσεων εντός αστικού ιστού, με τα δεδομένα των δοκιμών να αφορούν την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Δεν περιλαμβάνεται στην παρούσα φάση η ανάπτυξη έκδοσης για περιβάλλον iOS ή Web. Η λειτουργικότητα της εφαρμογής προϋποθέτει την ύπαρξη ενεργής σύνδεσης στο διαδίκτυο και την ενεργοποίηση των υπηρεσιών τοποθεσίας (GPS) από την πλευρά του χρήστη.

Οργάνωση του Κειμένου

Το υπόλοιπο κείμενο της εργασίας οργανώνεται ως εξής: Το Κεφάλαιο 1 ανασκοπεί το θεωρητικό υπόβαθρο των υπηρεσιών τοποθεσίας και τις σύγχρονες τεχνολογίες ανάπτυξης Android. Το Κεφάλαιο 2 προδιαγράφει τις λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος. Το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζει την αρχιτεκτονική της εφαρμογής και τη δομή των πακέτων. Το Κεφάλαιο 4 αναλύει τη μαθηματική μοντελοποίηση του αλγορίθμου ECHO και την τεχνική υλοποίηση των υπηρεσιών. Το Κεφάλαιο 5 περιγράφει τον σχεδιασμό του περιβάλλοντος χρήστη. Το Κεφάλαιο 6 καλύπτει τη μοντελοποίηση των δεδομένων στο Cloud. Το Κεφάλαιο 7 απαριθμεί πραγματικές περιπτώσεις χρήσης της εφαρμογής. Το Κεφάλαιο 8 εξετάζει τις δυνατότητες γεωχωρικής ανάλυσης. Το Κεφάλαιο 9 παρουσιάζει την αξιολόγηση της απόδοσης και της ευχρηστίας, ενώ το Κεφάλαιο 10 συζητά τους περιορισμούς και τις μελλοντικές κατευθύνσεις.

Κεφάλαιο 1 — Θεωρητικό Υπόβαθρο και Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

1.1 Υπηρεσίες Βασισμένες στην Τοποθεσία

Οι Υπηρεσίες Βασισμένες στην Τοποθεσία (LBS) αποτελούν το τεχνικό θεμέλιο της εφαρμογής ECHO. Σύμφωνα με την ακαδημαϊκή προσέγγιση, ένα σύστημα LBS ορίζεται ως μια υπηρεσία πληροφοριών που είναι προσβάσιμη μέσω κινητών συσκευών και δικτύων, η οποία αξιοποιεί την ικανότητα προσδιορισμού της γεωγραφικής θέσης της τερματικής συσκευής. Η αρχιτεκτονική ενός τέτοιου συστήματος περιλαμβάνει τρεις βασικούς πυλώνες: τον μηχανισμό προσδιορισμού θέσης (Positioning), το δίκτυο μεταφοράς δεδομένων και την εφαρμογή παροχής της υπηρεσίας [4].

Στην παρούσα εργασία, δίνεται έμφαση στα «αντιδραστικά» (reactive) συστήματα τοποθεσίας, τα οποία δεν περιορίζονται στην παθητική απεικόνιση ενός σημείου στον χάρτη, αλλά προσαρμόζουν το περιεχόμενό τους δυναμικά. Η ECHO ενσωματώνει την έννοια της «επίγνωσης πλαισίου» (context-awareness), όπου η πληροφορία φιλτράρεται όχι μόνο βάσει των συντεταγμένων, αλλά και βάσει της σημασιολογικής συνάφειας με τις προτιμήσεις του χρήστη, μειώνοντας έτσι την υπολογιστική προσπάθεια που απαιτείται από την πλευρά του καταναλωτή για την ανακάλυψη πληροφορίας.

1.2 Τεχνολογίες Ανάπτυξης Android και Cloud Υποδομές

Η υλοποίηση σύγχρονων εφαρμογών LBS απαιτεί τη χρήση εργαλείων που επιτρέπουν τη διαχείριση ασύγχρονων ροών δεδομένων και την άμεση ενημέρωση της διεπαφής χρήστη.

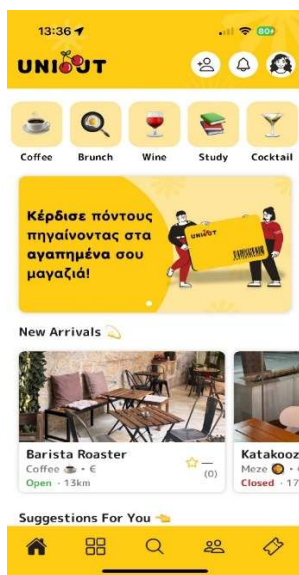
- **Η Γλώσσα Kotlin και το Παράδειγμα των Coroutines:** Η επιλογή της Kotlin ως κύριας γλώσσας ανάπτυξης βασίζεται στην ικανότητά της να διαχειρίζεται πολύπλοκες λειτουργίες στο παρασκήνιο χωρίς να επηρεάζει την ομαλότητα του UI. Μέσω των Coroutines, η ECHO εκτελεί τον αλγόριθμο στάθμισης και την επικοινωνία με το Firebase ασύγχρονα, διασφαλίζοντας ότι η εφαρμογή παραμένει αποκρίσιμη ακόμα και κατά τη διάρκεια έντονων υπολογιστικών διεργασιών [5].
- **Jetpack Compose και Δηλωτικό UI:** Η μετάβαση από το προστακτικό (imperative) μοντέλο των XML αρχείων στο δηλωτικό (declarative) πλαίσιο του Jetpack Compose αποτελεί κρίσιμο σημείο για την ECHO. Το Compose επιτρέπει στο περιβάλλον χρήστη να λειτουργεί ως συνάρτηση της κατάστασης (state), πράγμα που σημαίνει ότι ο χάρτης και οι προσφορές ανανεώνονται οργανικά μόλις μεταβληθεί η τοποθεσία ή οι προτιμήσεις του χρήστη [6].
- **Firebase και Serverless Backend:** Για τη διασφάλιση της κλιμακωσιμότητας και του συγχρονισμού σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιήθηκε το οικοσύστημα του Firebase. Το Cloud Firestore, ως NoSQL βάση δεδομένων, προσφέρει τη δυνατότητα “Real-time Listeners”, η οποία επιτρέπει την άμεση αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ διαχειριστή και πελάτη, καταργώντας την ανάγκη για συνεχή αιτήματα (polling) στον διακομιστή [7].

1.3 Μελέτη Σχετικών Εφαρμογών

Για την κατανόηση του υφιστάμενου τοπίου και τον εντοπισμό των αναγκών που καλύπτει η ECHO, πραγματοποιήθηκε λεπτομερής μελέτη των κυριότερων εφαρμογών περιήγησης και ανακάλυψης σημείων ενδιαφέροντος (POIs).

1.3.1 UniOut: Φοιτητική Περιήγηση και Κοινωνική Δικτύωση

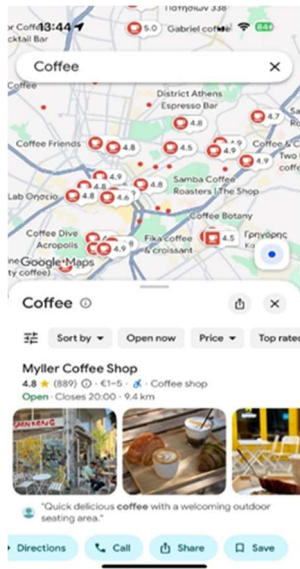
Η εφαρμογή UniOut (Εικόνα 1.1) εστιάζει στη νεανική κοινότητα, παρέχοντας προτάσεις για εκδηλώσεις και σημεία διασκέδασης. Το κύριο πλεονέκτημά της είναι η δημιουργία ενός κοινωνικού οικοσυστήματος γύρω από τα σημεία ενδιαφέροντος (POIs) [8]. Ωστόσο, η εξατομίκευση που προσφέρει παραμένει σε επίπεδο στατικών κατηγοριών και δεν αξιοποιεί την ακριβή γεωγραφική εγγύτητα για την αποστολή δυναμικών προσφορών την ώρα που ο χρήστης κινείται.



Εικόνα 1.0.1 Κεντρική οθόνη προτάσεων της εφαρμογής UniOut.

1.3.2 Google Maps: Το Πρότυπο στην Πλοήγηση και τα POIs

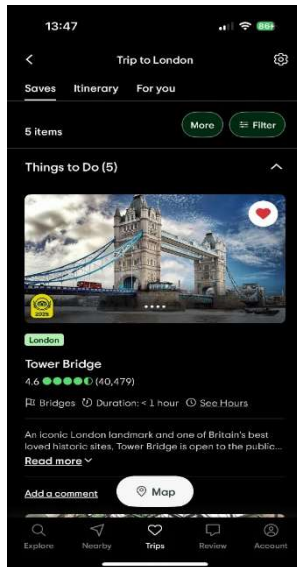
Ως η δημοφιλέστερη πλατφόρμα χαρτογράφησης, το Google Maps (Εικόνα 1.2) προσφέρει αξεπέραστη ακρίβεια δεδομένων και δυνατότητες πλοήγησης [9]. Παρά την ενσωμάτωση λειτουργιών εξατομίκευσης (“Places you might like”), η εφαρμογή παραμένει ένα χρηστικό εργαλείο αναζήτησης. Ο χρήστης πρέπει να αλληλεπιδράσει ενεργά με την μπάρα αναζήτησης, καθώς λείπει ένας μηχανισμός που να «προκαλεί» την προσοχή του βάσει προτιμήσεων και εγγύτητας με αυτόματο τρόπο.



Εικόνα 1.0.2 Οθόνη προτάσεων και χαρτογράφησης της εφαρμογής Google Maps.

1.3.3 TripAdvisor: Πλατφόρμα Αξιολόγησης και Ταξιδιωτικού Περιεχομένου

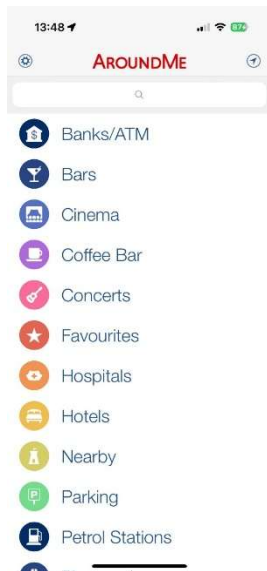
Το TripAdvisor (Εικόνα 1.3) βασίζεται στη δύναμη της κοινότητας και των κριτικών (User-Generated Content) [10]. Παρέχει εξαιρετική πληροφόρηση για τουριστικούς προορισμούς, αλλά η δομή του είναι προσανατολισμένη στον προγραμματισμό πριν από το ταξίδι. Η διεπαφή του είναι αρκετά φορτωμένη με πληροφοφορίες, γεγονός που αυξάνει το γνωστικό φορτίο (cognitive load) του χρήστη που επιθυμεί μια γρήγορη ανακάλυψη ευκαιριών ενώ βρίσκεται ήδη στον δρόμο.



Εικόνα 1.0.3 Οθόνη προτεινόμενων προορισμών της εφαρμογής TripAdvisor.

1.3.4 AroundMe: Εντοπισμός Υπηρεσιών βάσει Εγγύτητας

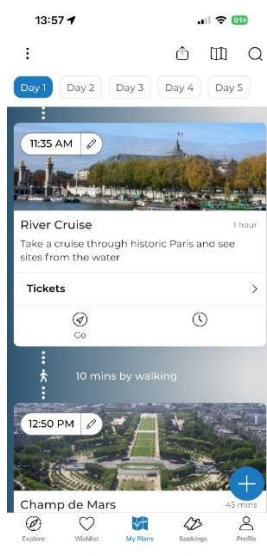
Η εφαρμογή AroundMe (Εικόνα 1.4) αποτελεί ένα από τα παλαιότερα παραδείγματα LBS εφαρμογών που βασίζονται αποκλειστικά στην τοποθεσία [11]. Επιτρέπει τον ταχύτατο εντοπισμό κοντινών τραπεζών, νοσοκομείων ή καταστημάτων. Ο περιορισμός της είναι η παντελής έλλειψη “context-awareness”: προβάλλει τα ίδια αποτελέσματα σε κάθε χρήστη, αγνοώντας το προσωπικό προφίλ και τα ενδιαφέροντα, λειτουργώντας περισσότερο ως ένας ψηφιακός «χρυσός οδηγός» παρά ως εξατομικευμένος βοηθός.



Εικόνα 1.0.4 Οθόνη κατηγοριών σημείων ενδιαφέροντος της εφαρμογής AroundMe.

1.3.5 Visit a City: Οργάνωση και Προγραμματισμός Ταξιδιού

Το Visit a City (Εικόνα 1.5) ειδικεύεται στη δημιουργία itineraries και προγραμμάτων περιήγησης [12]. Αν και είναι πολύτιμο για την offline πρόσβαση σε χάρτες, δεν διαθέτει μηχανισμό real-time αλληλεπίδρασης με την τοπική αγορά (π.χ. προσφορές καταστημάτων) και η εξατομίκευση περιορίζεται στη διάρκεια του ταξιδιού και όχι στις βαθύτερες επιθυμίες του χρήστη.



Εικόνα 1.0.5 Οθόνη δημιουργίας ταξιδιωτικού πλάνου στην εφαρμογή Visit a City.

1.4 Συγκριτική Ανάλυση και Εντοπισμός Λειτουργικού Κενού

Προκειμένου να αναδειχθεί η ανάγκη για την εφαρμογή ECHO, συντάχθηκε ο παρακάτω συγκριτικός πίνακας που αξιολογεί τις εφαρμογές βάσει των κρίσιμων λειτουργιών που απαιτούνται για μια σύγχρονη εξατομικευμένη περιήγηση.

Πίνακας 1.1 Συγκριτική αξιολόγηση λειτουργιών υφιστάμενων εφαρμογών.

Λειτουργία/ Εφαρμογή	UniOut	Google Maps	TripAdvisor	AroundMe	Visit a City
Προβολή κοντινών σημείων ενδιαφέροντος (POIs)	✓	✓	✓	✓	✓
Εξατομίκευση βάσει προτιμήσεων χρήστη	✓	✓	✓	X	✓
Χρήση τοποθεσίας (GPS)	✓	✓	✓	✓	✓
Αξιολογήσεις/ σχόλια χρηστών	✓	✓	✓	X	✓
Δυνατότητα αποθήκευσης αγαπημένων	✓	✓	✓	X	✓
Offline λειτουργία	X	✓	X	X	✓
Δημιουργία προγράμματος περιήγησης/διαδρομής	X	✓	✓	X	✓
Προτάσεις βάσει feedback ή ιστορικού	✓	✓	✓	X	X
Κοινωνική διάδραση μεταξύ χρηστών	✓	X	✓	X	X
Ενσωμάτωση με άλλες υπηρεσίες (π.χ. κρατήσεις, reviews)	X	✓	✓	X	✓

1.4.1 Εντοπισμός Ερευνητικού και Λειτουργικού Κενού

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι, ενώ οι υπάρχουσες λύσεις καλύπτουν μεμονωμένες ανάγκες (όπως η πλοήγηση ή οι κριτικές), καμία δεν προσφέρει έναν κλειστό κύκλο αλληλεπίδρασης που να ξεκινά από την αυτόματη ειδοποίηση εγγύτητας βάσει προσωπικών προτιμήσεων και να καταλήγει στην άμεση συναλλαγή μέσω εξαργύρωσης προσφοράς.

Το κενό εντοπίζεται στη σύνδεση του “Digital” (προσφορά/ενδιαφέρον) με το “Physical” (παρουσία στο κατάστημα). Η ECHO καλύπτει αυτό το κενό, προσφέροντας έναν ενοποιημένο μηχανισμό που μειώνει την προσπάθεια του χρήστη για ανακάλυψη πληροφορίας και ταυτόχρονα δίνει στις τοπικές επιχειρήσεις ένα άμεσο κανάλι επικοινωνίας με πελάτες που βρίσκονται ήδη στον χώρο τους.

Κεφάλαιο 2 — Ανάλυση και Σχεδιασμός Συστήματος

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία σχεδιασμού και ανάλυσης της εφαρμογής ECHO. Η διαδικασία ακολούθησε τις επίσημες αρχές της Μηχανικής Λογισμικού (Software Engineering) [13], ξεκινώντας από τον αυστηρό καθορισμό των λειτουργικών και μη λειτουργικών απαιτήσεων και των περιπτώσεων χρήσης (Use Cases). Στη συνέχεια, περιγράφεται η σχεδιαστική φιλοσοφία της διεπαφής χρήστη (UI/UX Design), η οποία στοχεύει στην εξισορρόπηση της υπολογιστικής ισχύος του αλγορίθμου εξατομίκευσης με μια απλή, διαισθητική και «αόρατη» εμπειρία χρήστη.

2.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις

Οι λειτουργικές απαιτήσεις περιγράφουν με σαφήνεια τις υπηρεσίες και τις δυνατότητες που το σύστημα πρέπει να παρέχει στους χρήστες του. Στην εφαρμογή ECHO, οι απαιτήσεις διαχωρίζονται ανάλογα με τον ρόλο του χρήστη (Customer ή Admin), εφαρμόζοντας τις αρχές του Έλεγχου πρόσβασης Βασισμένου σε Ρόλους (Role-Based Access Control – RBAC).

2.1.1 Απαιτήσεις Τελικού Χρήστη – Πελάτη

- FR-01 (Διαχείριση Προφίλ): Το σύστημα θα επιτρέπει τη δημιουργία λογαριασμού, την ταυτοποίηση και την ασφαλή σύνδεση του χρήστη (Email/Password). Ο χρήστης θα δύναται να διαμορφώνει και να επεξεργάζεται δυναμικά τα ενδιαφέροντά του («Vibes») μέσα από ένα προκαθορισμένο δέντρο επιλογών.
- FR-02 (Εξατομικευμένη Περιήγηση & Χαρτογράφηση): Το σύστημα θα προβάλλει έναν διαδραστικό χάρτη υψηλής ακρίβειας, στον οποίο θα απεικονίζονται τα σημεία ενδιαφέροντος (Echo Points) που υπολογίζονται και ταξινομούνται βάσει του υβριδικού αλγορίθμου στάθμισης.
- FR-03 (Αναζήτηση και Φιλτράρισμα): Η εφαρμογή θα παρέχει ενοποιημένο σύστημα αναζήτησης μέσω κειμένου ή επιλογής ετικετών (hashtags), επιτρέποντας στον χρήστη να περιορίσει τον «ψηφιακό θόρυβο» και να φιλτράρει τις προσφορές σε πραγματικό χρόνο.
- FR-04 (Αυτόματες Ειδοποιήσεις Εγγύτητας – Proximity Alerts): Το σύστημα θα αναγνωρίζει αυτοματοποιημένα την είσοδο του χρήστη στην καθορισμένη ακτίνα δράσης (detection radius) μιας επιχείρησης και θα προβάλλει αναδυόμενη ειδοποίηση, εφόσον το σημείο έχει υψηλό σκορ συνάφειας.
- FR-05 (Ψηφιακό Πορτοφόλι – Wallet): Κάθε «ξεκλειδωμένο» Echo Point θα αποθηκεύεται αυτόματα στον προσωπικό ψηφιακό χώρο (Wallet) του χρήστη, επιτρέποντας την ανάγνωση των λεπτομερειών και τη μελλοντική εξαργύρωση.
- FR-06 (Μηχανισμός Εξαργύρωσης): Το σύστημα θα παράγει μοναδικό οπτικό κώδικα (QR Code) και αντίστοιχο alphanumeric Echo-ID για την επιβεβαίωση και επικύρωση της συναλλαγής στο φυσικό κατάστημα.

2.1.2 Απαιτήσεις Διαχειριστή – Επιχείρησης (Admin)

- FR-07 (Διαχείριση Σημείων Ενδιαφέροντος – CRUD): ο διαχειριστής θα διαθέτει πλήρη δικαιώματα δημιουργίας, προβολής, τροποποίησης και διαγραφής των επιχειρήσεων, καταστημάτων και των προσφορών τους (Control Center).
- FR-08 (Ορισμός Γεωγραφικών Παραμέτρων): παροχή ακριβούς καθορισμού των γεωγραφικών συντεταγμένων (Γεωγραφικό Πλάτος/ Μήκος) και επιλογής της ακτίνας ειδοποίησης (Radius in meters) μέσω οπτικού ρυθμιστή (slider).
- FR-09 (Τερματικό Εξαργύρωσης – Terminal): Το σύστημα θα παρέχει στον διαχειριστή ειδικό τερματικό επικύρωσης (Redemption Terminal), το οποίο θα επαληθεύει και θα μεταβάλλει την κατάσταση μιας προσφοράς σε «Χρησιμοποιημένη» σε πραγματικό χρόνο (Real-time Snapshot Sync).

2.2 Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις

Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις ορίζουν τα ποιοτικά κριτήρια, τους τεχνικούς περιορισμούς και τις προδιαγραφές απόδοσης που εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία και υιοθέτηση του λογισμικού.

Πίνακας 2.1 Πίνακας Μη Λειτουργικών Απαιτήσεων

Κωδικός	Χαρακτηριστικό	Τεχνική Προδιαγραφή & Στόχος
NRF-01	Απόδοση	Ο υβριδικός αλγόριθμος ταξινόμησης (Weighted Sum Model) και το φιλτράρισμα των POIs πρέπει να εκτελούνται σε λιγότερο από 1 δευτερόλεπτο (Latency < 1s) για σύνολα δεδομένων έως και 50 ταυτόχρονων σημείων στον χάρτη.
NRF-02	Ευχρηστία	Η διεπαφή χρήστη οφείλει να ακολουθεί τις επίσημες κατευθύνσεις του Material Design 3 της Google, μειώνοντας τις απαιτούμενες ενέργειες (clicks/taps) για την εύρεση προσφοράς στις 3 το μέγιστο (3-Tap Rule) [14].
NRF-03	Αξιοπιστία & Συγχρονισμός	Ο συγχρονισμός δεδομένων μεταξύ του Cloud Firestore και του Client πρέπει να επιτυγχάνεται σε πραγματικό χρόνο. Σε περίπτωση οφείλει να προβάλλει ομαλά τα δεδομένα του τοπικού cache [15].
NRF-04	Ασφάλεια Δεδομένων	Η πρόσβαση στα διαχειριστικά API και στο Control Center θα προστατεύεται από κρυπτογραφημένα tokens και κανόνες διακομιστή (Firebase Security Rules), διασφαλίζοντας 100%

		απομόνωση των λογαριασμών.
NRF-05	Φορητότητα	Η εφαρμογή πρέπει να εκτελείται αυτόνομα σε όλα τα SoCs και Android συσκευές που φέρουν έκδοση λειτουργικού Android 7.0 (API Level 24) ή μεταγενέστερη.

2.3 Προδιαγραφή Περιπτώσεων Χρήσης

Για την εξάντληση της σχεδιαστικής ανάλυσης, ακολουθεί η λεπτομερής προδιαγραφή των βασικών περιπτώσεων χρήσης. Ο πίνακας κάθε περίπτωσης καθορίζει τη ροή ενεργειών (Basic Flow) και την ακριβή αλληλεπίδραση μεταξύ χρήστη, διεπαφής (UI) και cloud διακομιστή.

2.3.1 UC-01 – Επιλογή Προτιμήσεων Χρήστη

Πίνακας 2.2 Πίνακας Επιλογής Προτιμήσεων Χρήστη

Πεδίο	Περιγραφή
Περιγραφή	Ο χρήστης επιλέγει κατηγορίες (Vibes) προκειμένου η εφαρμογή να δημιουργεί προσωποποιημένες προτάσεις και ειδοποιήσεις.
Κύριος Actor	Χρήστης εφαρμογής (Πελάτης).
Εμπλεκόμενοι	Firebase Firestore (αποθήκευση), UI σύστημα onboarding.
Προϋποθέσεις	Ο χρήστης έχει ολοκληρώσει την εγγραφή και έχει επιτρέψει πρόσβαση στην τοποθεσία.
Βασική Ροή	1. Εμφανίζεται η οθόνη με τα διαθέσιμα Vibes. 2. Ο χρήστης επιλέγει ένα ή περισσότερα Vibes. 3. Πατά "Start Discovery" για επιβεβαίωση. 4. Οι επιλογές αποθηκεύονται στο έγγραφο του χρήστη στο Firestore.
Εναλλακτικές Ροές	Ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει τα Vibes του αργότερα μέσω της οθόνης Προφίλ (UC-06).
Μέτα-συνθήκες	Το προφίλ ενημερώνεται και ο αλγόριθμος ταξινόμησης ενεργοποιείται.
Συχνότητα Χρήσης	Κατά την πρώτη είσοδο ή κατά την επεξεργασία προφίλ.

2.3.2 UC-02 – Προβολή Προσωποποιημένων Echoes

Πίνακας 2.3 Πίνακας Προβολής Προσωποποιημένων Echoes

Πεδίο	Περιγραφή
Περιγραφή	Η εφαρμογή εμφανίζει μια ταξινομημένη λίστα και χάρτη με POIs βάσει του αλγορίθμου Weighted Scoring.
Κύριος Actor	Χρήστης εφαρμογής (Πελάτης)
Εμπλεκόμενοι	Firestore (λήψη δεδομένων), Google Maps API, ViewModel (εκτέλεση αλγορίθμου).
Προϋποθέσεις	Ο χρήστης έχει συνδεθεί και η εφαρμογή έχει λάβει στίγμα GPS.
Βασική Ροή	1. Η εφαρμογή αντλεί τα POIs και τα Vibes από το Firebase. 2. Ο αλγόριθμος υπολογίζει το σκορ βάσει εγγύτητας και ενδιαφερόντων 3. Τα σημεία εμφανίζονται με custom εικονίδια στον χάρτη και σε μορφή carousel.
Εναλλακτικές Ροές	Αν δεν εντοπιστεί τοποθεσία, τα σημεία ταξινομούνται μόνο βάσει Vibes με default απόσταση.
Μέτα-συνθήκες	Ο χρήστης έχει οπτική επαφή με τις καλύτερες διαθέσιμες προσφορές.
Συχνότητα Χρήσης	Πολύ υψηλή (Κάθε φορά που ανοίγει η Main Screen).

2.3.3 UC-03 – Προβολή Σημείου σε Διαδραστικό Χάρτη

Πίνακας 2.4 Πίνακας Προβολής Σημείου σε Διαδραστικό Χάρτη

Πεδίο	Περιγραφή
Περιγραφή	Οπτική αναπαράσταση των POIs σε χάρτη με Custom Iconic Markers και παλμικά animations.
Κύριος Actor	Χρήστης εφαρμογής (Πελάτης)
Εμπλεκόμενοι	Google Maps API, Custom Marker Generator
Προϋποθέσεις	Ενεργή σύνδεση δεδομένων και GPS
Βασική Ροή	1. Εμφάνιση χάρτη σε Dark Mode 2. Τοποθέτηση Markers με εικονίδια ανά κατηγορία. 3. Το Marker πάλλεται αν ο χρήστης είναι εντός εμβέλειας.
Εναλλακτικές Ροές	Ο χρήστης πατά το Marker για να δει το Info Window.
Μέτα-συνθήκες	Ο χρήστης έχει πλήρη γεωγραφική εικόνα των προσφορών.
Συχνότητα Χρήσης	Πολύ υψηλή (Συνήθως κατά την περιήγηση)

2.3.4 UC-04 – Αυτόματη Ειδοποίηση και Αποθήκευση στο Πορτοφόλι

Πίνακας 2.5 Πίνακας Αυτόματης Ειδοποίησης και Αποθήκευσης στο Πορτοφόλι

Πεδίο	Περιγραφή
Περιγραφή	Ενεργοποίηση ειδοποίησης εγγύτητας (Proximity Alert) και αυτόματη αποθήκευση στο ψηφιακό πορτοφόλι.
Κύριος Actor	Χρήστης εφαρμογής (Πελάτης)
Εμπλεκόμενοι	Location Provider, Firestore (ενημέρωση wallet field)
Προϋποθέσεις	Ο χρήστης κινείται εντός του Radius ενός POI που ταιριάζει στα Vibes του.
Βασική Ροή	1. Το σύστημα ανιχνεύει εγγύτητα. 2. Εμφανίζεται το Popur “Echo Found!”. 3. Το ID του POI προστίθεται αυτόματα στην λίστα “My Echoes” στη βάση.
Εναλλακτικές Ροές	Ο χρήστης κλείνει το popur πατώντας “Not Now”. Η προσφορά παραμένει στο Wallet.
Μέτα-συνθήκες	Η προσφορά είναι διαθέσιμη για μελλοντική εξαργύρωση.
Συχνότητα Χρήσης	Μέτρια (Κάθε φορά που εντοπίζεται σχετικό σημείο).

2.3.5 UC-05 – Εξαργύρωση Προσφοράς στο Κατάστημα

Πίνακας 2.6 Πίνακας Εξαργύρωσης Προσφοράς στο Κατάστημα

Πεδίο	Περιγραφή
Περιγραφή	Ολοκλήρωση της συναλλαγής μέσω σάρωσης/εισαγωγής του Echo-ID από τον Admin.
Κύριος Actor	Διαχειριστής (Admin) και Πελάτης (Customer).
Εμπλεκόμενοι	Firestore (Redemptions collection), QR Code Generator.
Προϋποθέσεις	Ο πελάτης βρίσκεται στο κατάστημα και δείχνει το QR Code/ID.
Βασική Ροή	1. Ο Admin εισάγει το ID στο Redemption Terminal. 2. Δημιουργείται έγγραφο Used στη βάση. 3. Η οθόνη του πελάτη δείχνει το μήνυμα "SUCCESS!".
Εναλλακτικές Ροές	Ακύρωση της διαδικασίας αν το ID είναι λανθασμένο.
Μέτα-συνθήκες	Η προσφορά μαρκάρεται ως χρησιμοποιημένη
Συχνότητα Χρήσης	Μέτρια (Στο σημείο πώλησης).

2.3.6 UC-06 – Διαχείριση Συστήματος & Προσφορών

Πίνακας 2.7 Πίνακας Διαχείρισης Συστήματος & Προσφορών

Πεδίο	Περιγραφή
Περιγραφή	Πλήρης έλεγχος των δεδομένων της εφαρμογής (Προσθήκη, Επεξεργασία, Διαγραφή POIs).
Κύριος Actor	Διαχειριστής (Admin).
Εμπλεκόμενοι	Firestore (CRUD operations)
Προϋποθέσεις	Σύνδεση με λογαριασμό που έχει δικαιώματα Admin.
Βασική Ροή	1. Ο Admin βλέπει την λίστα των Echo Points. 2. Επιλέγει Edit για τροποποίηση ή Publish για νέο σημείο. 3. Τα δεδομένα (Radius, Tags, κλπ) ενημερώνονται στη βάση.
Εναλλακτικές Ροές	Διαγραφή σημείου που έχει λήξει
Μέτα-συνθήκες	Το περιεχόμενο της εφαρμογής συγχρονίζεται για όλους τους χρήστες.
Συχνότητα Χρήσης	Μέτρια (Ανάλογα με τις εμπορικές ανάγκες)

2.4 Σχεδιασμός Διεπαφής Χρήστη & Ανθρωποκεντρική Προσέγγιση (UI/UX)

Η σχεδίαση της διεπαφής χρήστη (User Interface – UI) και η διαμόρφωση της συνολικής εμπειρίας (User Experience – UX) της εφαρμογής ECHO ακολούθησαν τη φιλοσοφία του Ανθρωποκεντρικού Σχεδιασμού (User Centered Design) [16], [17]. Βασικός σχεδιαστικός στόχος ήταν η ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης γνωστικής επιβάρυνσης και του χρόνου αλληλεπίδρασης.

2.4.1 Ροή Εγγραφής και Επιλογή Ενδιαφερόντων

Η αρχική επαφή του χρήστη με το σύστημα είναι κρίσιμη για την εξάλειψη της τριβής (friction). Η ροή ταυτοποίησης (Login/Create Account) διαχωρίζει ρητά αλλά καθαρά τον απλό πελάτη από τον διαχειριστή. Ιδιαίτερη σχεδιαστική έμφαση δόθηκε στην οθόνη Vibes Selection (“What echoes with you?”), η οποία αποτελεί το πρώτο στάδιο συλλογής δεδομένων για τον αλγόριθμο εξατομίκευσης. Η διάταξη των ενδιαφερόντων σε ένα συμμετρικό πλέγμα (Grid) επιτρέπει στον χρήστη να ορίσει το ψηφιακό του προφίλ διαισθητικά, με 2-3 κλικ, αποφεύγοντας πολύπλοκα μενού κειμένου.

2.4.2 Κεντρική Λειτουργία Περιήγησης και Χάρτης

Η οθόνη του χρήστη σχεδιάστηκε ως ένα ενιαίο, αδιάκοπο περιβάλλον πλοήγησης (Single Source of Discovery), σύμφωνα με τα σύγχρονα οπτικά μοτίβα του Material Design 3.

- **Ενοποιημένη Μπάρα Αναζήτησης:** Η μπάρα στην κορυφή (“Search echoes...”) ενσωματώνει ειδοποιήσεις και γρήγορο φιλτράρισμα, μειώνοντας τον οπτικό «θόρυβο» στην υπόλοιπη επιφάνεια.
- **Contextual Carousel:** Στο κάτω μέρος της οθόνης προβάλλονται σε οριζόντια, συρόμενη σειρά (Carousel) οι επικρατέστερες κάρτες προσφορών. Ο σχεδιασμός αυτός επιτρέπει στον χρήστη να συνδυάζει ταυτόχρονα την επιτόπια οπτική πληροφορία του χάρτη με τα ποσοτικά δεδομένα της προσφοράς (π.χ. απόσταση σε μέτρα, ποσοστό έκπτωσης).
- **Αισθητική Glassmorphism & Dark Mode:** Η εφαρμογή υιοθετεί βαθιές, σκοτεινές χρωματικές παλέτες (Dark Mode) συνδυασμένες με ημιδιαφανή επιβεβλημένα επίπεδα που προσδίδουν εφέ “frosted glass” (Glassmorphism). Η επιλογή αυτή μειώνει την οπτική κόπωση σε συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος και αναδεικνύει, μέσω ζωντανών Gradients (Cyan/Purple), τα ενεργά σημεία αλληλεπίδρασης.

2.4.3 Σχεδιασμός Συναλλαγής & Διαχειριστικού Ελέγχου

Η οθόνη του Πορτοφολιού (My Echoes) λειτουργεί ως ένα ξεκάθαρο αρχείο «κερδισμένων» ευκαιριών, όπου κάθε κάρτα ενημερώνει άμεσα για την κατάσταση (Active ή Redeemed). Αντίστοιχα, το περιβάλλον του διαχειριστή (Control Center) διαχωρίζει οπτικά τις αρμοδιότητες σε τρεις σαφείς καρτέλες: Editor, Network και Terminal. Ο διαχωρισμός αυτός αποτρέπει ανθρώπινα σφάλματα κατά τη διάρκεια λειτουργίας σε συνθήκες πίεσης (π.χ. στο ταμείο ενός πολυσύχναστου καταστήματος), επιτρέποντας την επιβεβαίωση της συναλλαγής μέσα σε ελάχιστα δευτερόλεπτα.

Κεφάλαιο 3 — Αλγόριθμοι Εξατομίκευσης και Συστήματα Συστάσεων

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο των συστημάτων συστάσεων (Recommender Systems) και των αλγορίθμων εξατομίκευσης. Παρουσιάζονται ως κύριες κατηγορίες φιλτραρίσματος πληροφορίας και τεκμηριώνεται η επιλογή του υβριδικού αλγορίθμου στάθμισης που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή ECHO. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ενσωμάτωση του γεωγραφικού πλαισίου (context) ως κρίσιμης παραμέτρου για την παραγωγή σχετικών προτάσεων σε κινητές συσκευές.

3.1 Θεωρία Συστημάτων Συστάσεων

Τα συστήματα συστάσεων αποτελούν εξειδικευμένα εργαλεία λογισμικού που σκοπό έχουν να βοηθήσουν τους χρήστες να διαχειριστούν τον τεράστιο όγκο διαθέσιμης πληροφορίας, προτείνοντάς τους αντικείμενα (items) ή υπηρεσίες που πιθανόν τους ενδιαφέρουν [18]. Η ανάγκη για τέτοια συστήματα προέκυψε από το φαινόμενο της «υπερφόρτωσης πληροφορίας» (information overload), όπου η χειροκίνητη αναζήτηση καθίσταται πρακτικά αδύνατη.

Στο πεδίο της ηλεκτρονικής περιήγησης, η εξατομίκευση δεν είναι απλώς μια επιπλέον λειτουργία, αλλά η βασική προϋπόθεση για τη χρηστικότητα της εφαρμογής. Τα συστήματα αυτά κατηγοριοποιούνται παραδοσιακά σε τρεις κύριες προσεγγίσεις: το περιεχομενοκεντρικό φιλτράρισμα (Content-Based Filtering), το συνεργατικό φιλτράρισμα (Collaborative Filtering) και τα υβριδικά συστήματα.

3.1.1 Περιεχομενοκεντρικό Φιλτράρισμα

Η προσέγγιση Content-Based (CB) βασίζεται στην ανάλυση των χαρακτηριστικών των αντικειμένων και στην αντιστοίχισή τους με το προφίλ του χρήστη. Στην περίπτωση της ECHO, τα αντικείμενα είναι τα σημεία ενδιαφέροντος (POIs) και οι προσφορές, τα οποία χαρακτηρίζονται από κατηγορίες (Vibes) και ετικέτες (Tags).

Σύμφωνα με τους Lops et al. [19], το βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η ικανότητα να προτείνει αντικείμενα σε χρήστες με μοναδικά γούστα, καθώς και η αντιμετώπιση του προβλήματος του “Cold Start” για νέα αντικείμενα, καθώς δεν απαιτείται ιστορικό αλληλεπίδρασης πολλών χρηστών. Ωστόσο, ο περιορισμός της είναι η «υπερ-εξειδίκευση» (overspecialization), καθώς το σύστημα τείνει να προτείνει μόνο αντικείμενα με αυτά που έχει δηλώσει ήδη ο χρήστης.

3.1.2 Συνεργατικό Φιλτράρισμα

Το συνεργατικό φιλτράρισμα βασίζεται στη λογική ότι αν ο χρήστης Α έχει παρόμοια γούστα με τον χρήστη Β, τότε πιθανότατα θα του αρέσουν και οι επιλογές του Β [20]. Παρότι η μέθοδος αυτή είναι εξαιρετικά αποτελεσματική για την ανακάλυψη νέων κατηγοριών (serendipity), στην παρούσα εργασία κρίθηκε ως δευτερεύουσα.

Ο λόγος της απόρριψης της ως κύριας μεθόδου για την ECHO είναι η ανάγκη για απόκριση σε πραγματικό χρόνο βάσει τοποθεσίας. Το Collaborative Filtering απαιτεί τεράστιους πίνακες

δεδομένων και συνεχή αλληλεπίδραση πολλών χρηστών, κάτι που θα καθιστούσε την εφαρμογή λιγότερο αποδοτική για τοπικές αγορές με περιορισμένο αριθμό αρχικών δεδομένων.

3.2 Γεωγραφική Εξατομίκευση και Spatial Decay

Η ενσωμάτωση της γεωγραφικής θέσης στα συστήματα συστάσεων (Location-Aware Recommender Systems – LARS) προσθέτει μια επιπλέον διάσταση στην ανάλυση των δεδομένων. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συστήματα, τα LARS λαμβάνουν υπόψη το χωρικό πλαίσιο (spatial context) [21].

Στο πλαίσιο της ηλεκτρονικής περιήγησης, η χρησιμότητα μιας πρότασης φθίνει όσο αυξάνεται η απόσταση του χρήστη από το σημείο ενδιαφέροντος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «Χωρική Εξασθένιση» (Spatial Decay). Η πρόκληση που αντιμετωπίζει η ECHO είναι η εξισορρόπηση μεταξύ των ενδιαφερόντων και της απόστασης, ώστε να μην προτείνονται σημεία που είναι μεν σχετικά αλλά γεωγραφικά απρόσιτα, ούτε σημεία που είναι δίπλα στον χρήστη αλλά εντελώς αδιάφορα.

3.3 Μαθηματική Μοντελοποίηση του Αλγορίθμου ECHO

Για τη υλοποίηση της εξατομικευμένης περιήγησης στην εφαρμογή Echo, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο της Σταθμισμένης Πολυκριτηριακής Λήψης Αποφάσεων (Weighted Multi-Criteria Decision Making – MCDM) και συγκεκριμένα η μέθοδος του Σταθμισμένου Αθροίσματος (Weighted Sum Model) [22].

Ο αλγόριθμος υπολογίζει ένα τελικό σκορ συνάφειας (S_{total}) για κάθε σημείο ενδιαφέροντος (POI_i) με βάση το προφίλ του χρήστη (U) και την τρέχουσα θέση του (L). Το συνολικό σκορ προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους κριτηρίων, δίνοντας ίση βαρύτητα ($w = 0.5$) στο ενδιαφέρον και στην τοποθεσία:

$$S_{total}(i, U, L) = S_{Interest}(i, U) + S_{Proximity}(i, L)$$

Όπου:

1. **Σκορ Ενδιαφέροντος ($S_{Interest}$):** Αξιολογεί τη συνάφεια της κατηγορίας και των ετικέτων του POI_i με τα Vibes του χρήστη U . Το εύρος τιμών είναι 0-50.
2. **Σκορ Εγγύτητας ($S_{Proximity}$):** Κανονικοποιεί την απόσταση $d(L, i)$ σε μια κλίμακα 0-50. Ορίζεται μια μέγιστη απόσταση ενδιαφέροντος $D_{max} = 1000$ μέτρα. Αν η απόσταση είναι μηδενική, το σκορ λαμβάνει τη μέγιστη τιμή (50).

Παράδειγμα Κατάταξης:

Ένα POI που ταιριάζει απόλυτα στα ενδιαφέροντα του χρήστη ($S_{Interest} = 50$) αλλά βρίσκεται σε απόσταση 1000 μέτρων ($S_{Proximity} = 25$), θα λάβει συνολικό σκορ 75. Αντίθετα, ένα POI που βρίσκεται στα 100 μέτρα ($S_{Proximity} = 47.5$) αλλά είναι αδιάφορο για τον χρήστη ($S_{Interest} = 0$), θα λάβει σκορ 47.5 και θα καταταχθεί χαμηλότερα.

3.4 Διαχείριση Ψηφιακού Θορύβου και Sequential Alerts

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στα συστήματα ειδοποιήσεων εγγύτητας είναι η αποφυγή της ενόχλησης του χρήστη (spamming). Σύμφωνα με την έρευνα των Jannah και Jugovac [23], η υπερβολική συχνότητα ειδοποιήσεων οδηγεί σε άμεση απόρριψη της εφαρμογής.

Η ECHO υλοποιεί έναν μηχανισμό Sequential Proximity Alerts, ο οποίος λειτουργεί ως εξής:

- **Trigger:** Η ειδοποίηση ενεργοποιείται μόνο αν $Distance < DetectionRadius$.
- **Memory Filter:** Το σύστημα διατηρεί μια προσωρινή λίστα με τα αναγνωριστικά (IDs) των σημείων για τα οποία ο χρήστης έχει ήδη ειδοποιηθεί.
- **Priority Filter:** Αν ο χρήστης βρίσκεται εντός της εμβέλειας πολλών σημείων ταυτόχρονα, το σύστημα προβάλλει μόνο την ειδοποίηση με το υψηλότερο S_{total} , διασφαλίζοντας ότι η πληροφορία που φτάνει στον χρήστη είναι η πλέον σχετική

Κεφάλαιο 4 — Αρχιτεκτονική Συστήματος

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική προσέγγιση που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής ECHO. Η επιλογή μιας στιβαρής αρχιτεκτονικής είναι καθοριστική για την διασφάλιση της επεκτασιμότητας, της δοκιμασιμότητας (testability) και της αποδοτικής διαχείρισης των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Η ECHO υιοθετεί το πρότυπο MVVM (Model-View-ViewModel), το οποίο αποτελεί την επίσημη πρόταση της Google για τη σύγχρονη ανάπτυξη Android εφαρμογών [24].

4.1 Αρχιτεκτονικό Πρότυπο: MVVM

Το πρότυπο MVVM διαχωρίζει τις αρμοδιότητες της εφαρμογής σε τρία διακριτά επίπεδα, ελαχιστοποιώντας τις εξαρτήσεις μεταξύ τους:

- **Model:** Περιλαμβάνει τις κλάσεις δεδομένων (Data Classes) και τα Repositories. Είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία με το Firebase Firestore και τη διαχείριση της τοπικής μνήμης. Στην ECHO, το Model διαχειρίζεται οντότητες όπως User, POI και Redemption.
- **ViewModel:** Λειτουργεί ως ο συνδετικός κρίκος μεταξύ των δεδομένων και της διεπαφής χρήστη. Εδώ εκτελείται ο Weighted Scoring Algorithm και διατηρείται η κατάσταση του UI (UI State) μέσω StateFlow. Το ViewModel επιβιώνει από αλλαγές διαμόρφωσης (π.χ. περιστροφή οθόνης), διασφαλίζοντας τη συνέχεια της εμπειρίας.
- **View:** Αποτελείται από τις συναρτήσεις composable του Jetpack Compose. Οι Views εγγράφονται στις ροές δεδομένων του ViewModel και αντιδρούν αυτόματα σε κάθε αλλαγή (Recomposition), χωρίς να περιέχουν επιχειρησιακή λογική.

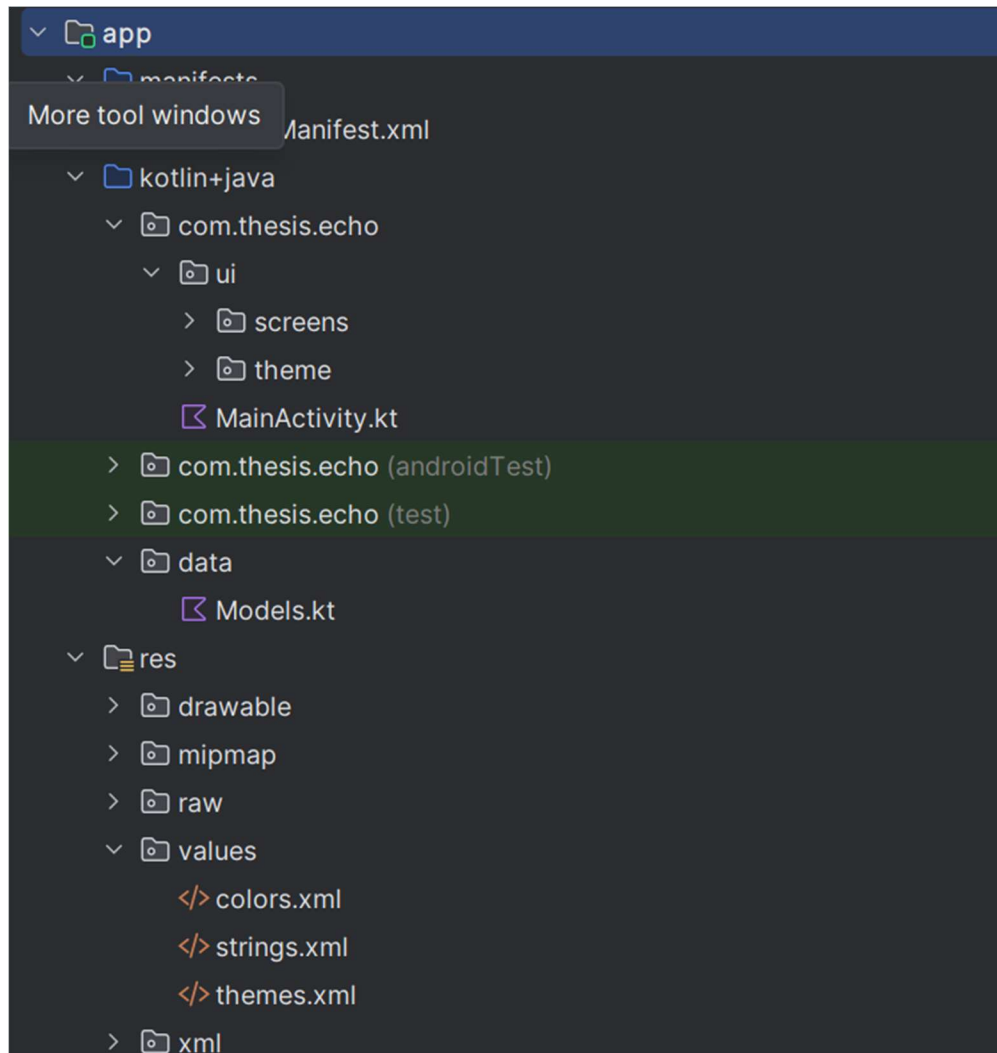
4.2 Δομή Πακέτων και Οργάνωση Κώδικα

Η οργάνωση του πηγαίου κώδικα ακολουθεί μια δομή προσανατολισμένη στις λειτουργίες (Feature-based structure), επιτρέποντας την εύκολη πλοήγηση και συντήρηση του έργου.

Κώδικας 1 Η δένδροειδής δομή των πακέτων της εφαρμογής ECHO

```
com.example.echo/  
├── core/  
│   ├── location/ (FusedLocationProvider logic)  
│   └── algorithm/ (Weighted Scoring implementation)  
├── data/  
│   ├── model/ (User, POI, Redemption data classes)  
│   └── repository/ (FirestoreRepository, AuthRepository)  
├── ui/  
│   ├── auth/ (Login/Register Screens & ViewModels)  
│   ├── discovery/ (Map, Carousel, Search logic)  
│   ├── wallet/ (My Echoes Screen)  
│   ├── admin/ (Editor, Network, Terminal)  
│   └── theme/ (Color, Type, Glassmorphism gradients)  
└── utils/  
    ├── QRGenerator/ (ZXing integration)  
    └── Extensions/ (Kotlin extension functions)
```

Εικόνα 4.0.1 Οργάνωση του πηγαίου κώδικα της εφαρμογής ECHO βάσει λειτουργιών (Feature-based structure) στο Android Studio



4.3 Ροή Δεδομένων και Διαχείριση Κατάστασης

Η ροή δεδομένων στην ECHO είναι μονοδρομη (Unidirectional Data Flow), γεγονός που αποτρέπει τις συγκρούσεις δεδομένων και διευκολύνει την αποσφαλμάτωση.

1. **Event:** Ο χρήστης αλλάζει τοποθεσία ή τροποποιεί ένα “Vibe”.
2. **Update:** Το ViewModel λαμβάνει το νέο στίγμα μέσω του *LocationProvider* και ανακαλεί τα POIs από το *FirestoreRepository*.
3. **Calculation:** Ο αλγόριθμος ταξινόμησης εκτελείται εντός του ViewModel.
4. **State Flow:** Το αποτέλεσμα διοχετεύεται σε ένα *StateFlow<List<POI>>*.
5. **Recomposition:** Το Jetpack Compose παρατηρεί τη νέα κατάσταση και ενημερώνει τον χάρτη και το carousel ακαριαία.

4.4 Μοντέλο Νηματοποίησης και Coroutines

Για την αποφυγή του “παγώματος” της διεπαφής χρήστη (UI Blocking), η ECHO χρησιμοποιεί τις Kotlin Coroutines. Οι βαριές διεργασίες, όπως η επικοινωνία με το Cloud Firestore και οι υπολογισμοί του αλγορίθμου, εκτελούνται στο *Dispatches.IO*, ενώ οι ενημερώσεις της διεπαφής γίνονται αποκλειστικά στο *Dispatchers.Main* [25]

4.5 Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων

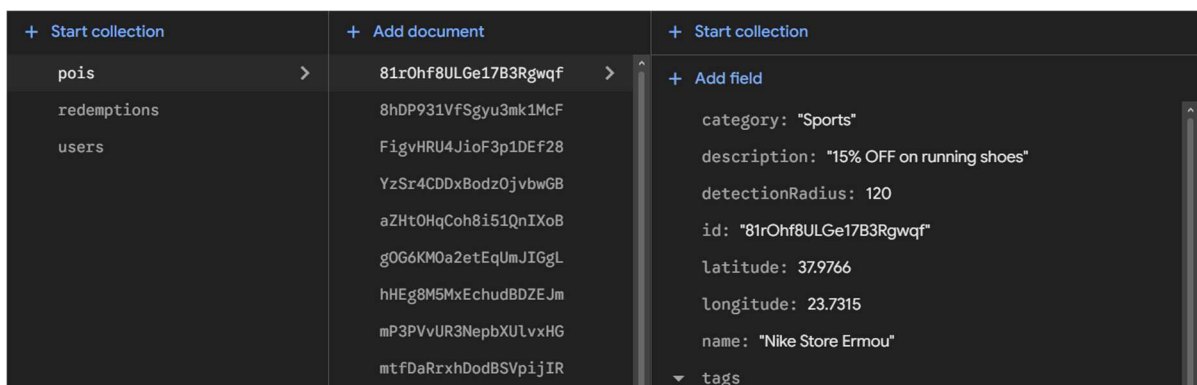
Η επιλογή του Cloud Firestore, μιας NoSQL βάσης δεδομένων, επιτρέπει την ευελιξία στο σχήμα των δεδομένων και την υψηλή κλιμακωσιμότητα. Σύμφωνα με τον Sullivan [26], η NoSQL αρχιτεκτονική είναι ιδανική για mobile εφαρμογές που απαιτούν συχνούς συγχρονισμούς.

Πίνακας 4.0.1 Σχήμα Συλλογών στο Cloud Firestore

Συλλογή	Περιεχόμενο	Κύρια Πεδία
Users	Προφίλ και προτιμήσεις πελατών.	UID, Email, Interests (Array), Wallet (Array), Role
POIs	Σημεία ενδιαφέροντος και προσφορές.	ID, Name, Category, Coordinates (GeoPoints), Radius, Tags
Redemptions	Αρχείο ολοκληρωμένων συναλλαγών.	EchoID, UserID, StoreID, Timestamp, Status

Η χρήση των Real-time Listeners (`addSnapshotListener`) επιτρέπει στη συλλογή *Redemptions* να λειτουργεί ως «διακόπτης»: μόλις ο Admin αλλάξει το status σε “USED”, η συσκευή του πελάτη ενημερώνεται ακαριαία μέσω της ανοιχτής σύνδεσης WebSocket που διατηρεί το Firestore [27].

Εικόνα 4.0.2 Απεικόνιση της δομής των δεδομένων και των πεδίων της συλλογής POIs στο περιβάλλον του Cloud Firestore



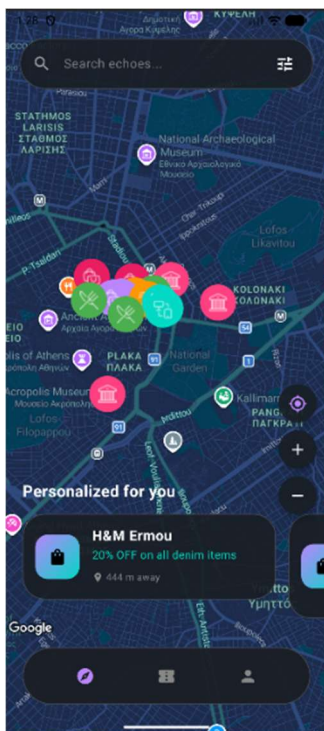
Κεφάλαιο 5 — Υλοποίηση Εφαρμογής

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία υλοποίησης της εφαρμογής ECHO από τη ρύθμιση των εξωτερικών υπηρεσιών έως τη συγγραφή των κρίσιμων τμημάτων του κώδικα. Αναλύονται τα εργαλεία και οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν, η ενσωμάτωση των υπηρεσιών της Google για τον γεωεντοπισμό, καθώς και η τεχνική υλοποίηση του αλγορίθμου εξατομίκευσης.

5.1 Ενσωμάτωση Google Maps SDK και Custom Styling

Η καρδιά της εμπειρίας περιήγησης στην ECHO βασίζεται στο Google Maps SDK για Android. Για να επιτευχθεί η επιθυμητή premium αισθητική και να μειωθεί ο οπτικός θόρυβος, εφαρμόστηκε προσαρμοσμένη μορφοποίηση (Custom Styling) μέσω αρχείου JSON.

- **Dark Mode Styling:** Ο χάρτης μετατράπηκε σε σκουρόχρωμη παλέτα (Dark Mode) για να ταιριάζει με το συνολικό UI της εφαρμογής.
- **POI Filtering:** Αφαιρέθηκαν τα προεπιλεγμένα σημεία ενδιαφέροντος της Google (όπως τράπεζες ή δημόσιες υπηρεσίες), ώστε να αναδεικνύονται αποκλειστικά τα Echo Points της εφαρμογής.
- **Custom Markers:** Για κάθε κατηγορία (Vibes), δημιουργήθηκαν δυναμικοί δείκτες (Markers) οι οποίοι παράγονται προγραμματιστικά ως Bitmaps, ενσωματώνοντας το αντίστοιχο εικονίδιο και χρώμα της κατηγορίας [28].



Εικόνα 5.0.1 Υλοποίηση Custom Map Styling με αφαίρεση περιττών POIs και ανάδειξη των Echo Points

5.2 Pipeline Γεωεντοπισμού: Fused Location Provider API

Για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης του χρήστη με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, χρησιμοποιήθηκε το Fused Location Provider API. Το API αυτό συνδυάζει δεδομένα από GPS, Wi-Fi και δίκτυα κινητής τηλεφωνίας.

Στην ECHO, η λήψη τοποθεσίας ρυθμίστηκε με τις εξής παραμέτρους:

- **Priority:** PRIORITY_HIGH_ACCURACY για μέγιστη ακρίβεια κατά τη διάρκεια της περιήγησης.
- **Interval:** 10 δευτερόλεπτα (κανονικό διάστημα) και 5 δευτερόλεπτα (ταχύ διάστημα), διασφαλίζοντας ότι η θέση του χρήστη στον χάρτη ανανεώνεται ομαλά χωρίς να εξαντλείται η μπαταρία της συσκευής.

5.3 Υλοποίηση του Αλγορίθμου ECHO σε Kotlin

Ο αλγόριθμος στάθμισης που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3 υλοποιήθηκε στην Kotlin χρησιμοποιώντας συναρτήσεις υψηλής τάξης (Higher-order Functions). Ο κώδικας μετατρέπει τα ενδιαφέροντα του χρήστη και την απόσταση σε ένα ψηφιακό σκορ, ταξινομώντας τα αποτελέσματα σε φθίνουσα σειρά.

Κώδικας 2: Η υλοποίηση του Weighted Scoring Algorithm στο ViewModel

```
// Υπολογισμός και ταξινόμηση σημείων ενδιαφέροντος
val sortedPois = fetchedPois.map { poi ->
    val distance = userLocation.distanceTo(poiLocation)
    // Απόσταση σε μέτρα

    // Υπολογισμός συνάφειας (Interest Score: 0 ή 50)
    var interestScore = if
    (userInterests.contains(poi.category)) 50.0 else 0.0

    // Υπολογισμός εγγύτητας (Proximity Score: 0 έως 50)
    val proximityScore = ((maxDist - distance) /
    maxDist).coerceIn(0.0, 1.0) * 50.0

    val totalScore = interestScore + proximityScore
    Triple(poi, distance, totalScore)
}.sortedByDescending { it.third } // Ταξινόμηση βάσει
συνολικού σκορ
```

Η χρήση της συνάρτησης sortedByDescending διασφαλίζει ότι η περιήγηση παραμένει εξατομικευμένη, προβάλλοντας στην κορυφή του carousel τα σημεία που «αντηχούν» περισσότερο με τις επιθυμίες του χρήστη [29].

5.4 Μηχανισμός Sequential Proximity Alerts

Για την ενεργοποίηση των ειδοποιήσεων εγγύτητας χωρίς την ενόχληση του χρήστη, υλοποιήθηκε μια λογική διαδοχικών ειδοποιήσεων εντός του LaunchedEffect στο Jetpack Compose.

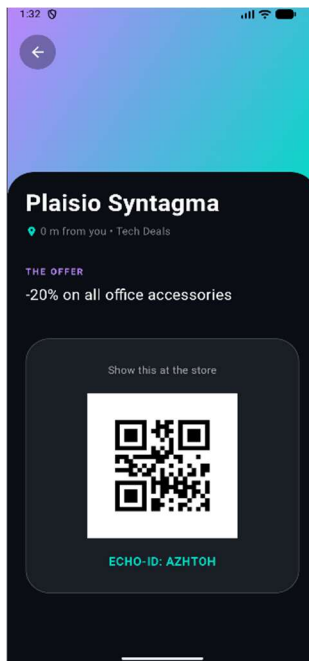
- **Logic:** Το σύστημα συγκρίνει συνεχώς την απόσταση του χρήστη με το detectionRadius κάθε σημείου.
- **Memory Filter:** Για να αποφευχθεί το “spamming”, χρησιμοποιείται μια λίστα alertedIds στο ViewModel. Αν ο χρήστης λάβει ειδοποίηση για ένα κατάστημα, το ID του αποθηκεύεται στη μνήμη της τρέχουσας συνεδρίας και η ειδοποίηση δεν επαναλαμβάνεται μέχρι ο χρήστης να απομακρυνθεί σημαντικά και να επιστρέψει.

- **Feedback:** Η ειδοποίηση συνοδεύεται από ανάδραση δόνησης (haptic feedback), ενισχύοντας την αίσθηση της «αντήχησης» (Echo) όταν εντοπίζεται μια προσφορά.

5.5 Δυναμική Παραγωγή QR Codes και Σύστημα Εξαργύρωσης

Για την ολοκλήρωση του κύκλου της συναλλαγής, χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη ZXing (Zebra Crossing).

1. **Generation:** Όταν ο χρήστης ανοίγει μια προσφορά από το πορτοφόλι του, η εφαρμογή μετατρέπει το μοναδικό EchoID (π.χ. "AZHTOH") σε οπτικό κώδικα QR σε πραγματικό χρόνο.
2. **Redemption Flow:** Η διαδικασία εξαργύρωσης βασίζεται σε έναν Real-time Listener στο έγγραφο της συναλλαγής στο Firestore.
3. **Sync:** Μόλις ο διαχειριστής εισάγει το ID στο δικό του τερματικό και η κατάσταση στη βάση αλλάξει σε "USED", η οθόνη του πελάτη αντιδρά αυτόματα (Reactive UI), εμφανίζοντας το μήνυμα επιτυχίας χωρίς να απαιτείται ανανέωση της σελίδας [30].



Εικόνα 5.0.2 Δυναμική παραγωγή QR Code και Echo-ID για την ταυτοποίηση της προσφοράς στο σημείο πώλησης

Κεφάλαιο 6 — Υλοποίηση Περιβάλλοντος Χρήση

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η τελική μορφή της διεπαφής χρήστη (User Interface) της εφαρμογής ECHO και αναλύεται η εμπειρία χρήστη (User Experience) μέσα από τα στάδια αλληλεπίδρασης. Η σχεδίαση υλοποιήθηκε εξ ολοκλήρου με το πλαίσιο Jetpack Compose, ακολουθώντας τις επίσημες προδιαγραφές του Material Design 3 [31] και ενσωματώνοντας αρχές από τη θεωρία της Επικοινωνίας ανθρώπου-Υπολογιστή (HCI).

6.1 Σχεδιαστικές Αρχές και Οπτική Ταυτότητα

Η οπτική ταυτότητα της ECHO έχει σχεδιαστεί με πρωταρχικό στόχο τη μείωση του γνωστικού φορτίου (cognitive load) και την παροχή μιας αδιάλειπτης εμπειρίας περιήγησης. Ο σχεδιασμός δεν περιορίζεται στην αισθητική αρτιότητα, αλλά ενσωματώνει λειτουργικές επιλογές που ενισχύουν την προσβασιμότητα και την ευχρηστία του συστήματος σε πραγματικές συνθήκες.

Η υιοθέτηση της σκοτεινής εμφάνισης (Dark Mode) ως προεπιλογή αποτελεί στρατηγική επιλογή που στηρίζεται σε δύο κύριους πυλώνες:

1. **Μείωση της Οπτικής Κόπωσης και Προσαρμοστικότητα:** Δεδομένου ότι η εφαρμογή προορίζεται για χρήση σε εξωτερικούς χώρους με συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες φωτισμού, το Dark Mode προσφέρει ανώτερη οπτική άνεση. Σύμφωνα με έρευνες του [32], το σκοτεινό υπόβαθρο μειώνει την καταπόνηση των οφθαλμών και βελτιώνει την ανάγνωση στοιχείων με υψηλή χρωματική αντίθεση, όπως τα Gradients που χρησιμοποιούνται στα κουμπιά και στα markers της εφαρμογής. Η επιλογή αυτή διασφαλίζει ότι ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδρά με τον χάρτη χωρίς να τυφλώνεται από την έντονη φωτεινότητα της οθόνης.
2. **Ιεραρχία Πληροφορίας και Glassmorphism:** Η ECHO χρησιμοποιεί τη σχεδιαστική τάση του Glassmorphism, η οποία βασίζεται σε ημιδιαφανή επίπεδα με εφέ «θαμπού γυαλιού». Η τεχνική αυτή επιτρέπει τη δημιουργία μιας σαφούς οπτικής ιεραρχίας, καθώς τα ενεργά στοιχεία (κάρτες προσφορών, αναδυόμενα παράθυρα) φαίνονται να «επιπλέουν» πάνω από τον χάρτη. Όπως επισημαίνουν οι Shneiderman και Plaisant, η διατήρηση της αίσθησης του βάθους επιτρέπει στον χρήστη να εστιάζει στην άμεση πληροφορία χωρίς να χάνει την επαφή με το γεωγραφικό υπόβαθρο, διατηρώντας έτσι την επίγνωση του πλαισίου ανά πάσα στιγμή.

Ο συνδυασμός του Dark Mode με τα ζωντανά Gradients (Teal και Purple) δεν προσδίδει μόνο μια premium αισθητική, αλλά λειτουργεί και ως μηχανισμός προσήλωσης της προσοχής. Τα χρώματα αυτά χρησιμοποιούνται επιλεκτικά στα στοιχεία δράσης (Call to Action), καθοδηγώντας τον χρήστη οργανικά προς την ανακάλυψη και την εξαργύρωση των Echoes.

6.2 Ροή Αυθεντικοποίησης και Διαχωρισμός Ρόλων

Η διαδικασία εισόδου και εγγραφής στην εφαρμογή ECHO αποτελεί το κρίσιμο σημείο εκκίνησης της εμπειρίας του χρήστη. Ο σχεδιασμός της ροής αυθεντικοποίησης ακολουθεί τη φιλοσοφία του Steve Krug, σύμφωνα με την οποία η διεπαφή πρέπει να είναι αυτονόητη (self-evident), εξαλείφοντας κάθε περιττή γνωστική προσπάθεια από την πλευρά του χρήστη.

6.2.1 Οπτική Ταυτότητα και Splash Screen

Η αρχική επαφή του χρήστη με την εφαρμογή πραγματοποιείται μέσω της Splash Screen (Εικόνα 6.1)

- **Branding:** Το λογότυπο “ECHO” προβάλλεται σε κεντρική θέση πάνω σε βαθύ σκούρο υπόβαθρο, προετοιμάζοντας τον χρήστη για τη συνολική αισθητική της εφαρμογής.
- **Minimalist Design:** Η απουσία περιττών στοιχείων κατά την εκκίνηση διασφαλίζει την ταχύτητα φόρτωσης και εστιάζει την προσοχή στην εταιρική ταυτότητα του project, ακολουθώντας τις ευρετικές αρχές του Nielsen για λιτό και λειτουργικό σχεδιασμό.

6.2.2 Minimalist Login και Μείωση Τριβής

Η οθόνη εισόδου “Welcome Back” (Εικόνα 6.2) έχει σχεδιαστεί με γνώμονα την ταχύτητα και την ευκολία χρήσης.

- **Input Optimization:** Χρησιμοποιούνται μόνο τα απολύτως απαραίτητα πεδία (Email και Password), μειώνοντας την «τριβή» κατά την είσοδο. Η χρήση στρογγυλεμένων γωνιών (Rounded Corners) στα πλαίσια εισαγωγής και στα κουμπιά προσδίδει μια σύγχρονη και φιλικλή αίσθηση, συμβατή με τους οδηγούς του Material Design 3n
- **Visual Feedback:** Η εφαρμογή παρέχει άμεση οπτική ανάδραση κατά την πληκτρολόγηση, ενώ το κουμπί εισόδου (“LOGIN”) ξεχωρίζει μέσω του χαρακτηριστικού Teal/Purple gradient, καθιστώντας σαφή την κύρια ενέργεια που πρέπει να αναλάβει ο χρήστης.

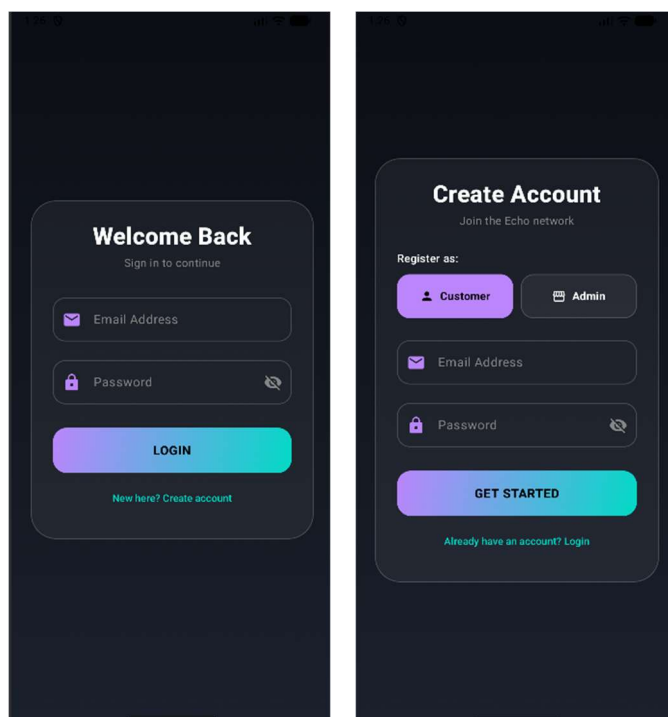
6.2.3 Εγγραφή και Δυναμικός Διαχωρισμός Ρόλων

Η οθόνη “Create Account” (Εικόνα 6.3) ενσωματώνει τη λογική του Έλεγχου Πρόσβασης Βασισμένου σε Ρόλους (RBAC) από το πρώτο στάδιο αλληλεπίδρασης.

- **Role Selection Toggle:** Ο χρήστης καλείται να επιλέξει την ιδιότητά του (Customer ή Admin) μέσω διακριτών toggle buttons στην κορυφή της φόρμας. Ο διαχωρισμός αυτός είναι οπτικά ξεκάθαρος, διασφαλίζοντας ότι το σύστημα θα φορτώσει το αντίστοιχο επιχειρησιακό περιβάλλον (Discovery Map για τον πελάτη ή Control Center για τον διαχειριστή) αμέσως μετά την ολοκλήρωση της εγγραφής.
- **Affordance και Έλεγχος:** Η επιλογή ρόλου λειτουργεί ως «δυνατότητα δράσης» (affordance), επιτρέποντας στον χρήστη να ορίσει τη σχέση του με το οικοσύστημα της ECHO. Σύμφωνα με τον Don Norman, η παροχή σαφών επιλογών κατά τη φάση της ρύθμισης ενισχύει την αίσθηση του ελέγχου και της εμπιστοσύνης προς το σύστημα.



Εικόνα 6.0.1 Η οθόνη έναρξης “Splash Screen” της εφαρμογής.



Εικόνα 6.0.2 Ροή αυθεντικοποίησης και διαχωρισμός ρόλων μεταξύ Customer και Admin.

6.3 Περιβάλλον Ανακάλυψης

Η κεντρική οθόνη της εφαρμογής ECHO (Εικόνα 6.3) λειτουργεί ως το «Control Room» του χρήστη, προσφέροντας ένα ενοποιημένο περιβάλλον ανακάλυψης (Single Source of Discovery). Ο σχεδιασμός επικεντρώνεται στον διαδραστικό χάρτη, ο οποίος αποτελεί την πρωταρχική διεπαφή, εφαρμόζοντας με ακρίβεια την αρχή της Ιεραρχίας του Material Design 3:

6.3.1 Custom Styled Maps και Σημαντική Σήμανση

Η υλοποίηση του χάρτη (μέσω Google Maps SDK) δεν περιορίζεται στην απλή απεικόνιση συντεταγμένων, αλλά έχει υποστεί εκτενή παραμετροποίηση.

- **POI Filtering:** Ο χάρτης (Google Maps) έχει μορφοποιηθεί ώστε να αποκρύπτει τα προεπιλεγμένα σημεία της Google, αναδεικνύοντας αποκλειστικά τα Echo Points. Η επιλογή αυτή μειώνει τον οπτικό θόρυβο και επιτρέπει στον χρήστη να εστιάσει στις εξατομικευμένες προσφορές.
- **Iconic Markers:** Τα markers (Εικόνα 6.4) φέρουν ειδικά εικονίδια ανά κατηγορία (π.χ. πιρούνι για Food & Drinks, τσάντα για Fashion). Σύμφωνα με τον Don Norman, τα στοιχεία αυτά λειτουργούν ως «δηλωτικά», υποδηλώνοντας τη λειτουργία και το περιεχόμενο του σημείου χωρίς την ανάγκη εξηγηματικού κειμένου. Η ταχύτατη οπτική αναγνώριση είναι καθοριστική για τη χρήση της εφαρμογής σε συνθήκες κίνησης στον αστικό ιστό.

6.3.2 Personalized Carousel και Glanceability

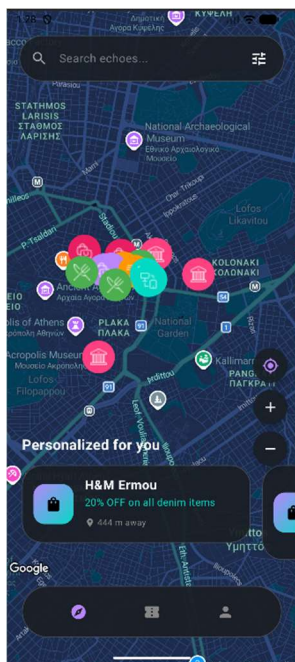
Στο κάτω μέρος της οθόνης, η ECHO ενσωματώνει ένα οριζόντιο, συρόμενο carousel προσωποποιημένων προτάσεων (Contextual Carousel – Εικόνα 6.3).

- **Άμεση Πληροφόρηση:** Κάθε κάρτα προβάλλει τα κρίσιμα δεδομένα (τίτλος επιχείρησης, ποσοστό έκπτωσης, απόσταση σε μέτρα), ικανοποιώντας την ανάγκη για «δυνατότητα γρήγορης επισκόπησης».
- **Mobile-First Σχεδιασμός:** Η χρήση του οριζόντιου carousel ευθυγραμμίζεται με τη συμπεριφορά των χρηστών κινητών συσκευών, οι οποίοι προτιμούν τη σάρωση πληροφοριών αντί της βαθιάς ανάγνωσης. Όπως επισημαίνει ο Steve Krug, ο σχεδιασμός οφείλει να είναι αυτονόητος, επιτρέποντας στον χρήστη να αντιλαμβάνεται την αξία της προσφοράς μέσα σε ελάχιστα χιλιοστά του δευτερολέπτου.

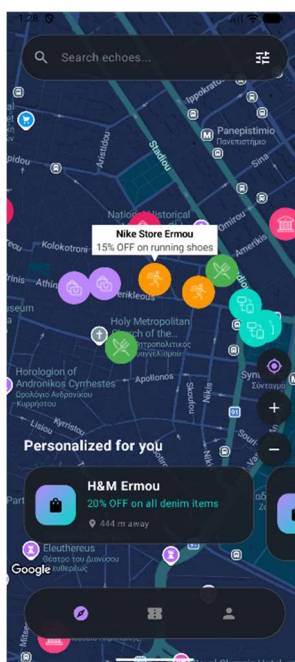
6.3.3 Dynamic Filtering και Εναλλαγή Πλαισίου

Η μπάρα αναζήτησης και τα φίλτρα τύπου “chips” στην κορυφή της οθόνης (Εικόνα 6.5) παρέχουν στον χρήστη τη δυνατότητα να μεταβάλλει δυναμικά το πλαίσιο της περιήγησης.

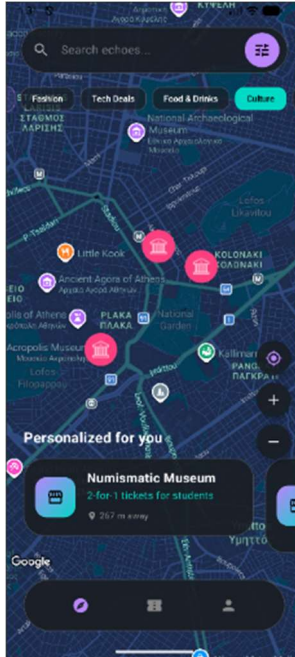
- **Real-time Contextual Filtering:** Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ετικέτες όπως “#sale” ή “#coffee”, προκαλώντας την άμεση αναδιοργάνωση του χάρτη και του carousel.
- **Affordance:** Τα chip-filters προσφέρουν υψηλό βαθμό “affordance” (δυνατότητα χρήσης), καθώς η μορφή τους υποδηλώνει ξεκάθαρα ότι είναι διαδραστικά στοιχεία που επηρεάζουν το οπτικό αποτέλεσμα, ακολουθώντας τις αρχές ευχρηστίας του Material Design 3.



Εικόνα 6.0.3 Η κεντρική οθόνη ανακάλυψης με το Contextual Carousel προσωποποιημένων προτάσεων.



Εικόνα 6.0.4 Μορφοποιημένος χάρτης με Echo Points.



Εικόνα 6.0.5 Λειτουργία δυναμικού φιλτραρίσματος βάσει ετικετών (hashtags).

6.4 Εξατομίκευση και Δυναμικές Ειδοποιήσεις

Η εξατομίκευση αποτελεί τον λειτουργικό πυρήνα της εφαρμογής ECHO, μετατρέποντας μια γενική υπηρεσία χαρτογράφησης σε έναν προσωπικό βοηθό περιήγησης. Η οθόνη “What echoes with you?” (Εικόνα 6.6) λειτουργεί ως το κέντρο ελέγχου του αλγορίθμου, επιτρέποντας στον χρήστη να ορίσει το ψηφιακό του προφίλ με άμεσο και διαισθητικό τρόπο.

6.4.1 Vibes Selection: Διαισθητική Διαμόρφωση Προφίλ

Η επιλογή των ενδιαφερόντων («Vibes») υλοποιήθηκε με στόχο την ελαχιστοποίηση της προσπάθειας του χρήστη κατά την αλληλεπίδραση (Interaction Cost).

- **Grid Layout και Οπτική Αναγνώριση:** Η χρήση μεγάλων, αναγνωρίσιμων εικονιδίων σε διάταξη πλέγματος (Grid) ακολουθεί την αρχή “Recognition rather than Recall”. Ο χρήστης δεν χρειάζεται να ανακαλέσει από τη μνήμη του τι αναζητά, αλλά αναγνωρίζει οπτικά τις κατηγορίες που τον ενδιαφέρουν.
- **Άμεση Ανάδραση:** Η ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση μιας κατηγορίας πραγματοποιείται με ένα μόνο άγγιγμα, προκαλώντας μια ακαριαία οπτική μεταβολή στο περίγραμμα και το χρώμα του εικονιδίου. Αυτή η αμεσότητα ενισχύει την αίσθηση του ελέγχου, επιτρέποντας στον χρήστη να «κουρδίσει» την αστική του εμπειρία ανά πάσα στιγμή.

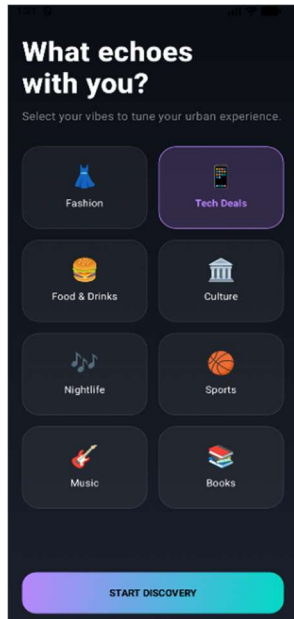
6.4.2 Proximity Pops: Πληροφορία “Just-in-Time”

Ο μηχανισμός των ειδοποιήσεων εγγύτητας (Εικόνα 6.7) αποτελεί την υλοποίηση της «αντήχησης» στον φυσικό χώρο.

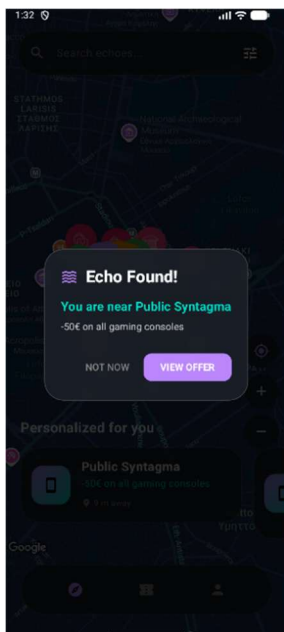
- **Contextual Delivery:** Το σύστημα προβάλλει το Popup “Echo Found!” μόνο όταν πληρούνται ταυτόχρονα τα κριτήρια της γεωγραφικής εγγύτητας και της προσωπικής συνάφειας. Αυτή

η προσέγγιση «πληροφορίας την κατάλληλη στιγμή» μειώνει δραστικά τον ψηφιακό θόρυβο και την κόπωση του χρήστη.

- **Σχεδιασμός Call to Action (CTA):** Ο σχεδιασμός του popup επικεντρώνεται στο κουμπί “View Offer”. Η χρήση του πιο έντονου gradient της εφαρμογής πάνω στο κουμπί δημιουργεί μια ισχυρή οπτική προτεραιότητα (Visual Hierarchy), καθοδηγώντας το βλέμμα και την ενέργεια του χρήστη προς την επιθυμητή δράση. Σύμφωνα με τους Shneiderman και Plaisant, η σαφής ανάδειξη της επόμενης ενέργειας είναι καθοριστική για την επιτυχία των διεπαφών σε κινητές συσκευές.



Εικόνα 6.0.6 Η διεπαφή επιλογής Vibes για τη διαμόρφωση του αλγορίθμου εξατομίκευσης.



Εικόνα 6.0.7 Αυτοματοποιημένη ειδοποίηση εγγύτητας (Proximity Alert).

6.5 Ψηφιακό Πορτοφόλι και Διαχείριση Προσφορών

Η οθόνη “My Echoes” (Εικόνα 6.8) αποτελεί τον προσωπικό χώρο αποθήκευσης και διαχείρισης των ανακαλύψεων του χρήστη. Ο σχεδιασμός της βασίζεται στην αρχή της «Διατήρησης της Κατάστασης» (Persistence), επιτρέποντας στον χρήστη να μετατρέψει μια εφήμερη ειδοποίηση εγγύτητας σε μια μόνιμα διαθέσιμη προσφορά.

6.5.1 Οπτική Οργάνωση και Κατάσταση Προσφορών

Η διεπαφή του πορτοφολιού χρησιμοποιεί μια καθαρή, κατακόρυφη διάταξη για την απεικόνιση των Echoes. Κάθε στοιχείο της λίστας φέρει το λογότυπο της επιχείρησης, τον τίτλο της προσφοράς και μια σαφή ένδειξη της κατάστασής της:

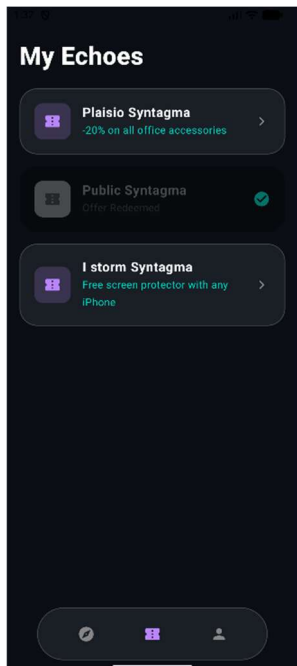
- **Active Echoes:** Προσφορές που έχουν ανιχνευθεί και είναι έτοιμες προς εξαργύρωση.
- **Redeemed Echoes:** Προσφορές που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί. Σε αυτή την περίπτωση, η εφαρμογή εφαρμόζει οπτική διαφοροποίηση (grey-out effect) και προσθέτει ένα teal checkmark, ικανοποιώντας την ευρετική αρχή του Nielsen για την «Ορατότητα της Κατάστασης του Συστήματος» (Visibility of System Status)

6.5.2 Η Έννοια της «Ψηφιακής Συλλογής»

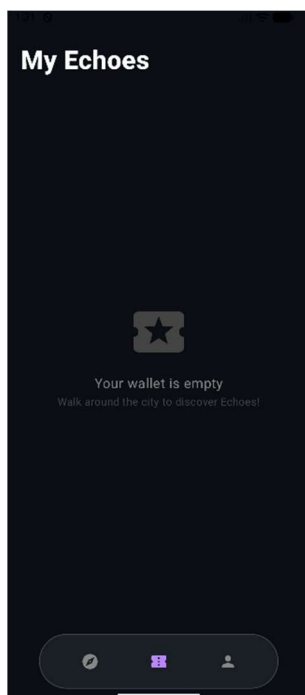
Η οθόνη αυτή ενισχύει την εμπειρία χρήστη μέσω του αισθήματος της επίτευξης (Achievement). Όπως αναφέρει ο Don Norman, η συλλογή αντικειμένων ή προνομίων προσδίδει μια αίσθηση ιδιοκτησίας και ελέγχου. Όταν το πορτοφόλι είναι κενό, η εφαρμογή προβάλλει ένα “Empty State” μήνυμα παρότρυνσης (“Walk around the city to discover Echoes!”), το οποίο λειτουργεί ως μηχανισμός ενθάρρυνσης για την περαιτέρω εξερεύνηση του αστικού χώρου (Εικόνα 6.9).

6.5.3 Πρόσβαση στις Λεπτομέρειες και το QR Code

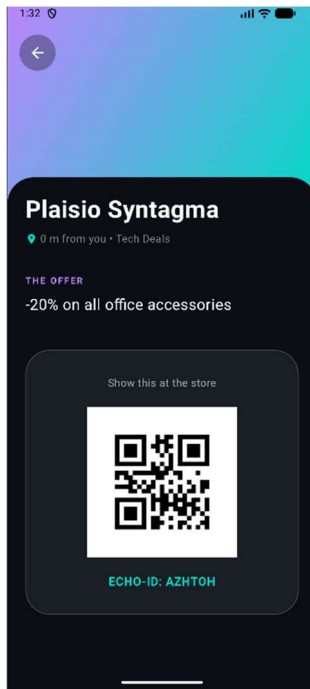
Πατώντας σε μια ενεργή προσφορά, ο χρήστης οδηγείται στην οθόνη λεπτομερειών, η οποία λειτουργεί ως το τελικό στάδιο πριν την εξαργύρωση. Ο σχεδιασμός εδώ επικεντρώνεται στο QR Code, το οποίο παράγεται δυναμικά από το μοναδικό Echo-ID (Εικόνα 6.10). Η αντίθεση του λευκού πλαισίου του κώδικα πάνω στο σκούρο υπόβαθρο διασφαλίζει ότι η σάρωση από το τερματικό του διαχειριστή θα είναι επιτυχής ακόμα και σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού στο κατάστημα.



Εικόνα 6.0.8 Το ψηφιακό πορτοφόλι (Wallet) με αρχειοθετημένες και εξαργυρωμένες προσφορές.



Εικόνα 6.0.9 Η διεπαφή του ψηφιακού πορτοφολιού σε κατάσταση αναμονής (Empty State), όπου το σύστημα παροτρύνει τον χρήστη να εξερευνήσει την πόλη για την ανακάλυψη νέων Echoes.



Εικόνα 6.0.10 Οπτικοποίηση της επιλεγμένης προσφοράς με δυναμικά παραγόμενο QR Code και το αντίστοιχο Echo-ID, έτοιμο προς επικύρωση από το τερματικό της επιχείρησης.

6.6 Διαχείριση Προφίλ και Στοιχεία Παιχνιδικοποίησης

Η οθόνη του Προφίλ (Εικόνα 6.11) λειτουργεί ως ο κεντρικός κόμβος διαχείρισης της ψηφιακής ταυτότητας του χρήστη εντός του οικοσυστήματος ECHO. Ο σχεδιασμός της στοχεύει στην παροχή μιας συνολικής εικόνας της δραστηριότητας του χρήστη, ενώ ταυτόχρονα ενσωματώνει μηχανισμούς επιβράβευσης που ενισχύουν τη δέσμευση (engagement).

6.6.1 Οπτικοποίηση Δραστηριότητας και Στατιστικών

Στο επάνω μέρος της οθόνης, η ECHO χρησιμοποιεί κάρτες στατιστικών (Stats Cards) που ακολουθούν τις αρχές του Glassmorphism. Ο χρήστης μπορεί να δει με μια ματιά:

- **Echoes Count:** Το πλήθος των μοναδικών προσφορών που έχει ανακαλύψει.
- **Vibes Count:** Τον αριθμό των ενεργών ενδιαφερόντων που τροφοδοτούν τον αλγόριθμο.

Αυτή η ποσοτικοποιημένη απεικόνιση της εμπειρίας (Quantified Self) προσφέρει στον χρήστη της αίσθηση της προόδου, σύμφωνα με τις στρατηγικές σχεδιασμού διεπαφών των Shneiderman και Plaisant.

6.6.2 Σύστημα Επιπέδων και Badges

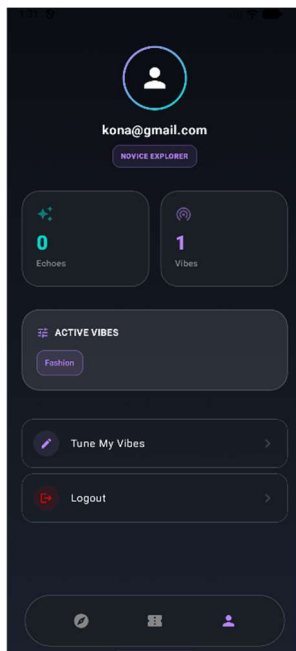
Μια από τις καινοτομίες της Echo είναι η ενσωμάτωση στοιχείων παιχνιδικοποίησης. Στην εικόνα του προφίλ, εμφανίζεται το Badge επιπέδου του χρήστη (π.χ. "Novice Explorer").

- **Λειτουργία:** Το επίπεδο αυτό μεταβάλλεται δυναμικά βάσει της κινητικότητας του χρήστη και των εξαργυρώσεων που πραγματοποιεί.
- **Ψυχολογικό Υπόβαθρο:** Όπως αναφέρουν οι Deterding et al., η χρήση τίτλων και Badges μετατρέπει μια χρηστική εφαρμογή σε μια διαδραστική εμπειρία, παρακινώντας τον χρήστη να εξερευνήσει περισσότερες περιοχές της πόλης για να αναβαθμίσει το status του.

6.6.3 Έλεγχος Προτιμήσεων και Διαχείριση Συνεδρίας

Η οθόνη του προφίλ παρέχει την πύλη εισόδου για την επαναρρύθμιση του αλγορίθμου:

- **Tune My Vibes:** Ο χρήστης μπορεί να επιστρέψει στην οθόνη επιλογής για να προσαρμόσει την ECHO στις τρέχουσες ανάγκες του.
- **Active Vibes Display:** Οι τρέχουσες επιλογές (π.χ. “Fashion”) προβάλλονται σε οπτικά διακριτικά chips, παρέχοντας αμέση επιβεβαίωση των ρυθμίσεων (Recognition rather than Recall).
- **Logout:** Η λειτουργία αποσύνδεσης είναι τοποθετημένη στο κάτω μέρος, με σαφή πτική σήμανση, διασφαλίζοντας ότι ο χρήστης έχει τον πλήρη έλεγχο της ασφάλειας του λογαριασμού του και της λήξης της συνεδρίας.



Εικόνα 6.0.11 Η διεπαφή προφίλ χρήστη με ενσωματωμένα στοιχεία παιχνιδοποίησης (Gamification) και συνοπτική απεικόνιση της καταναλωτικής δραστηριότητας.

6.7 Περιβάλλον Διαχειριστή και Έλεγχος Δικτύου

Το περιβάλλον διαχειριστή (Control Center) της εφαρμογής ECHO αποτελεί το κεντρικό σημείο ελέγχου για τις επιχειρήσεις. Ο σχεδιασμός του Control Center (Εικόνα 6.12) ακολουθεί μια δομή βασισμένη σε καρτέλες (Tabs), η οποία διαχωρίζει τις αρμοδιότητες σε τρία λειτουργικά επίπεδα, διασφαλίζοντας την αποδοτική διαχείριση του δικτύου προσφορών.

6.7.1 Editor: Γεωγραφικός και Περιεχομενικός Προγραμματισμός

Η οθόνη του Editor λειτουργεί ως η πύλη εισαγωγής δεδομένων στο οικοσύστημα.

- **Structured Data Entry:** Περιλαμβάνει πεδία για το όνομα της επιχείρησης, την περιγραφή της προσφοράς και τη στοχευμένη κατηγορία (Vibe). Η χρήση ετικετών (Tags) με διαχωρισμό κόμματος επιτρέπει στον διαχειριστή να εμπλουτίζει τη σημασιολογική πληροφορία του σημείου, τροφοδοτώντας την παράμετρο $S_{Interest}$ του αλγορίθμου.

- **Geospatial Controls:** Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον ορισμό της ακτίνας ειδοποίησης μέσω του Radius Slider. Ο σχεδιασμός αυτός επιτρέπει στον έμπορο να αντιληφθεί γεωμετρικά την εμβέλεια της ειδοποίησης που θα αποσταλεί στους πελάτες. Σύμφωνα με τον Don Norman, οι οπτικοί ρυθμιστές (sliders) παρέχουν άμεση αντίληψη του αποτελέσματος (Mapping), καθιστώντας τον γεωγραφικό προγραμματισμό μια απλή και διασθητική διαδικασία.

6.7.2 Network: Διαχείριση Υφιστάμενων Σημείων

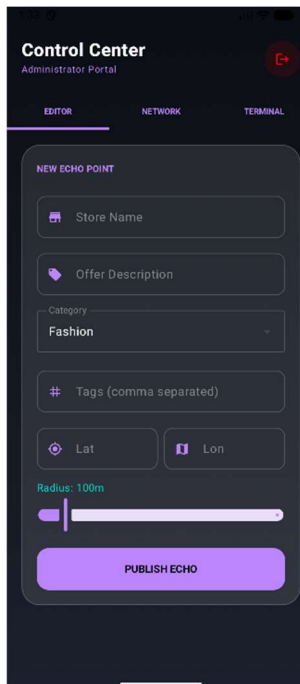
Η καρτέλα Network (Εικόνα 6.13) παρέχει μια συνολική εικόνα των ενεργών Echo Points της επιχείρησης.

- **CRUD Operations:** Κάθε στοιχείο της λίστας φέρει εικονίδια για την άμεση επεξεργασία (pencil icon) ή τη διαγραφή (trash icon). Η δυνατότητα αυτή διασφαλίζει την ακεραιότητα του δικτύου, επιτρέποντας στον διαχειριστή να αφαιρεί ληγμένες προσφορές σε πραγματικό χρόνο, επηρεάζοντας άμεσα τη βάση δεδομένων Cloud Firestore.
- **Visual Status:** Η χρήση χρωματικών ετικετών ανά κατηγορία (π.χ. Teal για Tech Deals) επιτρέπει την ταχύτητα σάρωση της λίστας, μειώνοντας τον χρόνο που απαιτείται για τον εντοπισμό συγκεκριμένων σημείων ενδιαφέροντος.

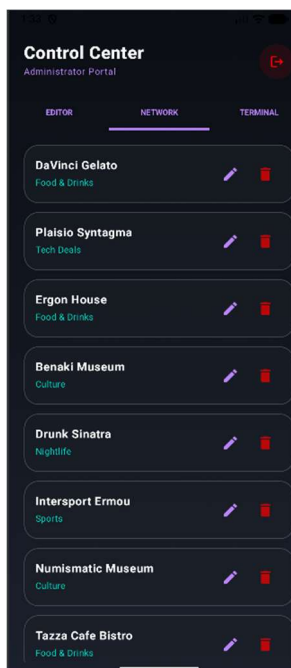
6.7.3 Redemption Terminal: Επικύρωση και Ολοκλήρωση Συναλλαγής

Το Terminal (Εικόνα 6.14) αποτελεί το κρίσιμο σημείο σύνδεσης της ψηφιακής ανακάλυψης με τη φυσική συναλλαγή.

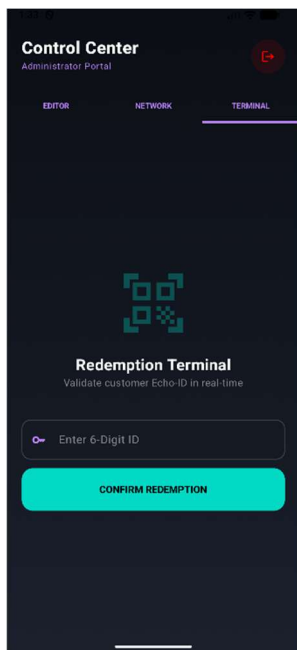
- **Input & Validation:** Ο διαχειριστής εισάγει το 6-ψήφιο Echo-ID του πελάτη σε ένα ειδικά διαμορφωμένο πεδίο. Η απλότητα της διεπαφής (minimal design) στοχεύει στην ταχύτητα, καθώς η ενέργεια αυτή πραγματοποιείται συνήθως κατά τη διάρκεια της εξυπηρέτησης στο ταμείο.
- **Closure & Transactional Feedback:** Μετά το πάτημα του κουμπιού “Confirm Redemption”, το σύστημα μεταβάλλει την κατάσταση της συναλλαγής στο Firestore. Η επιτυχία επιβεβαιώνεται με την οθόνη “REDEEMED!”, η οποία χρησιμοποιεί ένα μεγάλο πράσινο checkmark. Όπως ορίζει η Usability Engineering, η παροχή σαφούς οπτικής επιβεβαίωσης προσφέρει στον χρήστη (διαχειριστή και πελάτη) το αίσθημα της ολοκλήρωσης, διασφαλίζοντας ότι η συναλλαγή καταγράφηκε ορθά στο σύστημα.



Εικόνα 6.0.12 Το περιβάλλον διαχειριστή (Control Center) της εφαρμογής ECHO με διαχωρισμό λειτουργικών αρμοδιοτήτων.



Εικόνα 6.0.13 Η διεπαφή διαχείρισης δικτύου (Network Tab), όπου επιτρέπεται η εποπτεία και η τροποποίηση των ενεργών Echo Points.



Εικόνα 6.14 Η διεπαφή του τερματικού εξαργύρωσης (*Redemption Terminal*), η οποία επιτρέπει στον διαχειριστή την επικύρωση του μοναδικού αναγνωριστικού *Echo-ID* του πελάτη σε πραγματικό χρόνο.

Κεφάλαιο 7 — Μοντελοποίηση Δεδομένων και Cloud Αποθήκευση

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται η αρχιτεκτονική των δεδομένων της εφαρμογής ECHO και η στρατηγική αποθήκευσης στο υπολογιστικό νέφος (Cloud). Η επιλογή των μοντέλων δεδομένων και της δομής της βάσης είναι καθοριστική για την επίδοση του αλγορίθμου εξατομίκευσης και της διασφάλιση του συγχρονισμού σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των διαγορευτικών ρόλων χρηστών.

7.1 Αρχιτεκτονική NoSQL και Cloud Firestore

Η ECHO υιοθετεί μια προσέγγιση Cloud-Native, χρησιμοποιώντας τη βάση δεδομένων Cloud Firestore της πλατφόρμας Firebase. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές σχεσιακές βάσεις δεδομένων (RDBMS), το Firestore είναι μια NoSQL βάση προσανατολισμένη σε έγγραφα (document-oriented). Σύμφωνα με τους Sadalage και Fowler [33], οι NoSQL αρχιτεκτονικές προσφέρουν την απαραίτητη ευελιξία σχήματος (schema flexibility) που απαιτείται για εφαρμογές που διαχειρίζονται δυναμικά προφίλ χρηστών και μεταβαλλόμενα δεδομένα τοποθεσίας.

Η επιλογή αυτή δικαιολογείται από τρεις βασικούς παράγοντες:

1. **Οριζόντια Κλιμακωσιμότητα:** Η ικανότητα διαχείρισης χιλιάδων ταυτόχρονων χρηστών χωρίς υποβάθμιση της απόδοσης.
2. **Offline Persistence:** Η αυτόματη διαχείριση τοπικής προσωρινής μνήμης (cache) που επιτρέπουν στην ECHO να λειτουργεί ακόμα και σε συνθήκες περιορισμένης συνδεσιμότητας
3. **Real-time Push:** Η κατάργηση του polling, καθώς η βάση ενημερώνει ενεργά την εφαρμογή για κάθε μεταβολή στα δεδομένα.

7.2 Μοντελοποίηση Συλλογών και Εγγράφων

Το σχήμα των δεδομένων στην ECHO οργανώνεται σε τρεις κύριες συλλογές, οι οποίες αντικατοπτρίζουν τις βασικές οντότητες του συστήματος.

7.2.1 Συλλογή Users: Διαχείριση Προσωποποιημένης Κατάστασης

Κάθε έγγραφο στη συλλογή Users αντιστοιχεί σε έναν μοναδικό αυθεντικοποιημένο χρήστη, με το αναγνωριστικό του (Document ID) να ταυτίζεται με το Firebase UID.

- **Προτιμήσεις (Vibes):** Αποθηκεύονται ως δυναμικός πίνακας (Array), επιτρέποντας στον αλγόριθμο στάθμισης να ανακτά άμεσα τα ενδιαφέροντα του χρήστη για τον υπολογισμό του $S_{Interest}$.
- **Wallet:** Περιλαμβάνει μια λίστα με τα IDs των Echo Points που έχουν ανιχνευθεί, δημιουργώντας ένα ιστορικό αλληλεπιδράσεων που είναι προσβάσιμο αποκλειστικά από τον ιδιοκτήτη του λογαριασμού.

7.2.2 Συλλογή POIs: Γεωχωρική Πληροφορία και Προσφορές

Η συλλογή POIs (Points of Interest) περιλαμβάνει τα δεδομένα που εισάγονται από το Admin Portal.

- **GeoPoints:** Οι συντεταγμένες αποθηκεύονται στον ειδικό τύπο δεδομένων *GeoPoints*, ο οποίος επιτρέπει στο Firestore να εκτελεί γεωχωρικά ερωτήματα (geospatial queries) αποδοτικά.
- **Metadata:** Πεδία όπως το *detectionRadius* και τα *Tags* χρησιμοποιούνται ως παράμετροι εισόδου στον αλγόριθμο ECHO, καθορίζοντας την εμβέλεια και τη συνάφεια κάθε εμπορικού σημείου.

7.2.3 Συλλογή Redemptions: Αρχείο Συναλλαγών

Η συλλογή αυτή λειτουργεί ως ένας αμετάβλητος (immutable) κατάλογος συναλλαγών. Κάθε έγγραφο καταγράφει τη σύζευξη μεταξύ ενός UserID και ενός EchoID, φέροντας χρονοσήμανση διακομιστή (Server Timestamp) για τη διασφάλιση της ακρίβειας του χρόνου εξαργύρωσης.

7.3 Συγχρονισμός σε Πραγματικό Χρόνο

Η κρίσιμη λειτουργία της ECHO, όπου ο πελάτης ενημερώνεται ακαριαία για την επιτυχία της εξαργύρωσης, βασίζεται στον μηχανισμό Real-time Snapshot Listeners. Σύμφωνα με τον Moroney, αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας μόνιμης σύνδεσης WebSocket μεταξύ της συσκευής και του Cloud Firestore. Μόλις ο διαχειριστής επικυρώσει ένα Echo-ID στο “Terminal”, η μεταβολή της κατάστασης (status: “USED”) μεταδίδεται στην εφαρμογή του πελάτη σε λιγότερο από 200ms, προκαλώντας την αυτόματη επανασύνθεση (recomposition) του UI.

7.4 Ασφάλεια και Επιτήρηση

Λόγω της ευαισθησίας των δεδομένων τοποθεσίας, η ECHO εφαρμόζει αυστηρούς Κανόνες Ασφαλείας (Cloud Firestore Security Rules).

- **Απομόνωση Δεδομένων:** Χρησιμοποιούνται κανόνες που επιτρέπουν την ανάγνωση και εγγραφή εγγράφων στη συλλογή Users μόνο εάν το UID του αιτούντος ταυτίζεται με το ID του εγγράφου (`request.auth.uid == userId`).
- **Role-Based Validation:** Οι λειτουργίες εγγραφής στη συλλογή POIs επιτρέπονται μόνο σε χρήστες που φέρουν τον ρόλο “ADMIN” στα custom claims τους, αποτρέποντας κακόβουλες τροποποιήσεις προσφορών από απλούς πελάτες [34].

Κεφάλαιο 8 — Περιπτώσεις Χρήσης

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται το εύρος των εφαρμογών της πλατφόρμας ECHO στον πραγματικό κόσμο. Η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί ως μια οριζόντια λύση (horizontal platform), πράγμα που σημαίνει ότι οι δομικές της λειτουργίες – η εξατομίκευση, ο γεωεντοπισμός και η εξαργύρωση – μπορούν να εξυπηρετήσουν πολλαπλά σενάρια. Μέσω της ανάλυσης των περιπτώσεων χρήσης, αναδεικνύεται η ικανότητα του συστήματος να μειώνει το γνωστικό φορτίο του χρήστη και να προσδίδει αξία στις τοπικές κοινότητες.

8.1 Η ECHO ως Εργαλείο Επίγνωσης Πλαισίου

Η ουσία της ECHO έγκειται στην ικανότητά της να «αντιλαμβάνεται» το περιβάλλον του χρήστη και να προσαρμόζει τη συμπεριφορά της χωρίς την ανάγκη για ρητή εντολή.

8.1.1 Η Γεφύρωση του Ψηφιακού και του Φυσικού Χώρου

Σύμφωνα με τον Weiser, η επιτυχία μιας τεχνολογίας εξαρτάται από το πόσο «αόρατη» γίνεται. Η ECHO υλοποιεί αυτή την αρχή επιτρέποντας στον χρήστη να περιηγείται φυσικά στην πόλη, ενώ η εφαρμογή λειτουργεί στο παρασκήνιο. Το σύστημα συνδέει το ψηφιακό προφίλ (προτιμήσεις) με τη φυσική θέση, δημιουργώντας μια υβριδική εμπειρία όπου η πληροφορία εμφανίζεται μόνο όταν είναι χρήσιμη.

8.1.2 Μείωση της Πληροφοριακής Υπερφόρτωσης

Σε ένα αστικό περιβάλλον κορεσμένο από διαφημίσεις, ο χρήστης αναπτύσσει «αμυντικούς μηχανισμούς» αγνόησης πληροφοριών. Η ECHO, μέσω του αλγόριθμου στάθμισης, λειτουργεί ως φίλτρο. Αντί να βομβαρδίζει τον χρήστη με ειδοποιήσεις, επιτρέπει μόνο σε εκείνες που έχουν υψηλό Score συνάφειας να φτάσουν στη διεπαφή χρήστη, προστατεύοντας την προσοχή του καταναλωτή.

8.2 Σενάριο Α: Έξυπνος Τουρισμός (e-Tourism)

Ο τουρισμός αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα πεδία εφαρμογής για την ECHO, καθώς οι επισκέπτες μιας πόλης έχουν αυξημένη ανάγκη για καθοδήγηση και ανακάλυψη σημείων ενδιαφέροντος.

8.2.1 Το Πρόβλημα της Γενικευμένης Πληροφόρησης

Οι περισσότεροι τουριστικοί οδηγοί προβάλλουν τα ίδια «δημοφιλή» σημεία σε όλους. Αυτό οδηγεί σε υπερ-τουρισμό σε ορισμένες περιοχές και πλήρη αγνόηση άλλων, εξίσου σημαντικών, πολιτισμικών σημείων. Ο τουρίστας συχνά νιώθει χαμένος μέσα σε έναν όγκο δεδομένων που δεν τον αφορούν προσωπικά [35].

8.2.2 Υλοποίηση ECHO: Εξατομικευμένη Πολιτιστική Περιήγηση

Ένας επισκέπτης που ενδιαφέρεται για την εναλλακτική τέχνη επιλέγει το Vibe “Culture” και το Tag “#streetart”. Καθώς περπατά στην περιοχή του Ψυρρή, η ECHO ενεργοποιεί ένα Proximity Alert για μια μικρή γκαλερί που βρίσκεται σε ένα στενό, η οποία εκείνη τη στιγμή προσφέρει δωρεάν ξενάγηση.

- **Trigger:** Απόσταση < 50m και $S_{Interest} > 40$.
- **Value:** Ο τουρίστας βιώνει μια μοναδική εμπειρία που ταιριάζει στα γούστα του, την οποία δεν θα έβρισκε σε έναν στατικό χώρο.

8.2.3 Ενίσχυση της Τοπικής Πολιτιστικής Οικονομίας

Μέσω της ECHO, μικρά μουσεία ή ιδιωτικές συλλογές μπορούν να ανταγωνιστούν τους μεγάλους οργανισμούς. Με το να εμφανίζονται στο carousel “Personalized for you” των χρηστών που πραγματικά ενδιαφέρονται, εξασφαλίζουν στοχευμένη επισκεψιμότητα (foot traffic) χωρίς μεγάλα διαφημιστικά κόστη.

8.3 Σενάριο Β: Φοιτητική Καθημερινότητα και Πανεπιστημιακά Οικοσυστήματα

Οι φοιτητικές κοινότητες έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως η ανάγκη για οικονομικές λύσεις και η συχνή μετακίνηση γύρω από συγκεκριμένους πόλους (campuses).

8.3.1 Δυναμική Προώθηση Φοιτητικών Προσφορών

Οι επιχειρήσεις γύρω από τα πανεπιστήμια (π.χ. φωτοτυπεία, καφετέριες, βιβλιοπωλεία) συχνά έχουν προσφορές που ισχύουν μόνο για φοιτητές. Η ECHO επιτρέπει σε αυτές τις επιχειρήσεις να ενημερώνουν τους φοιτητές την ώρα που προσέρχονται ή αποχωρούν από τη σχολή τους.

8.3.2 Η ECHO ως Εργαλείο Εξοικονόμησης Πόρων

Ένας φοιτητής που έχει ενεργοποιήσει το Vibe “Student Deals” λαμβάνει ειδοποίηση για “Happy Hour” σε ένα κοντινό καφέ-αναγνωστήριο.

- **Implementation:** Ο Admin του καφέ ορίζει ένα Flash echo Point για τις ώρες 17:00-19:00.
- **Redemption:** Ο φοιτητής αποθηκεύει την προσφορά στο Wallet και την εξαργυρώνει επιδεικνύοντας το QR Code στο ταμείο. Η διαδικασία είναι ακαριαία, γεγονός κρίσιμο για τη γρήγορη εξυπηρέτηση σε φοιτητικά στέκια.

8.4 Σενάριο Γ: Ενίσχυση Μικρομεσαίων Επιχειρήσεων

Οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις αποτελούν τη ραχοκοκαλιά της τοπικής οικονομίας, αλλά συχνά «πνίγονται» από την ψηφιακή κυριαρχία των πολυεθνικών αλυσίδων.

8.4.1 Proximity Marketing με Μηδενικό Κόστος

Σύμφωνα με την Krum [36], το mobile marketing είναι αποτελεσματικό μόνο όταν βρίσκει τον πελάτη εκεί που βρίσκεται. Η ECHO δίνει τη δυνατότητα στον ιδιοκτήτη ενός μικρού καταστήματος να γίνει «Admin» και να δημιουργήσει τη δική του ψηφιακή καμπάνια σε δευτερόλεπτα.

8.4.2 Διαχείριση Αποθέματος μέσω Real-Time Προσφορών

Ένα αρτοποιείο έχει πλεόνασμα προϊόντων αργλα το απόγευμα.

- **Action:** Ο διαχειριστής ανοίγει το “Control Center”, δημιουργεί μια προσφορά 50% και θέτει ακτίνα 150 μέτρων.
- **Impact:** Οι περαστικοί που επιστρέφουν από την εργασία τους λαμβάνουν την ειδοποίηση. Η επιχείρηση μειώνει τη σπατάλη τροφίμων και ο καταναλωτής αγοράζει σε προνομιακή τιμή. Αυτή η δυναμική αλληλεπίδραση είναι αδύνατη με τις παραδοσιακές μεθόδους μάρκετινγκ.

8.5 Κοινωνικές και Οικονομικές Προεκτάσεις

Πέρα από τα εμπορικά σενάρια, η ECHO έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει ως υποδομή για την πόλη.

8.5.1 Υποστήριξη Ατόμων με Ειδικές Ανάγκες (Προοπτική)

Αν και η τρέχουσα υλοποίηση εστιάζει στο εμπόριο, ο μηχανισμός Proximity Alerts θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ενημέρωση ατόμων με προβλήματα όρασης για εμπόδια ή διεκολύνσεις στο δρόμο (πχ. «Είστε κοντά σε διάβαση με ηχητική σήμανση»).

8.5.2 Gamification της Αστικής Περιήγησης

Η ECHO μετατρέπει την πόλη σε ένα πεδίο ανακάλυψης. Η ικανοποίηση που νιώθει ο χρήστης όταν «ξεκλειδώνει» ένα Echo (Echo Found!) εισάγει στοιχεία παιχνιδοποίησης (gamification) στην καθημερινή μετακίνηση, ενισχύοντας τη δέσμευση (loyalty) με την εφαρμογή και τις τοπικές επιχειρήσεις.

Κεφάλαιο 9 — Γεωχωρική Ανάλυση και Υποστήριξη Αποφάσεων

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται η διάσταση της εφαρμογής ECHO που υπερβαίνει την ατομική χρήση και επικεντρώνεται στην ανάλυση των συγκεντρωτικών δεδομένων (Aggregated Data). Όταν πολλοί χρήστες και επιχειρήσεις αλληλεπιδρούν εντός του οικοσυστήματος, παράγεται ένα γεωχωρικό σύνολο δεδομένων το οποίο, μέσω κατάλληλης επεξεργασίας, μπορεί να μετατραπεί σε εργαλείο υποστήριξης στρατηγικών αποφάσεων για δήμους, εμπορικούς συλλόγους και πολεοδόμους.

9.1 Από την Ατομική Περιήγηση στη Συλλογική Γεωχωρική Νοημοσύνη

Η ECHO υλοποιεί αυτό που Goodchild ορίζει ως Volunteered Geographic Information (VGI), εθελονική γεωγραφική πληροφορία που παράγεται από τους ίδιους τους χρήστες [37]. Στην περίπτωση της ECHO, η πληροφορία αυτή είναι «σημασιολογικά εμπλουτισμένη», καθώς κάθε εγγραφή στη βάση δεδομένων φέρει όχι μόνο συντεταγμένες, αλλά και τα Vibes (ενδιαφέροντα) που την προκάλεσαν.

9.1.1 Το σύνολο Δεδομένων της ECHO ως «Ψηφιακό Αποτύπωμα» της Πόλης

Κάθε επιτυχημένο Proximity Alert και κάθε εξαργύρωση (Redemption) καταγράφεται στο Cloud Firestore. Το σύνολο αυτών των δεδομένων αποτελεί ένα δυναμικό αποτύπωμα της εμπορικής και κοινωνικής κινητικότητας. Η ανάλυση αυτών των δεδομένων επιτρέπει την κατανόηση του πώς οι καταναλωτικές ανάγκες (ψηφιακός χώρος) κατανέμονται στον αστικό ιστό (φυσικός χώρος) [38].

9.2 Ανάλυση Χωρικής Πυκνότητας και Εμπορικά Hotspots

Η χωρική ανάλυση επιτρέπει τον εντοπισμό περιοχών με υψηλή συγκέντρωση προσφορών και ενδιαφέροντος, βοηθώντας στην κατανόηση της «ζωντάνιας» κάθε γειτονιάς.

9.2.1 Παταγωγή Θερμικών χαρτών (Heatmaps) βάσει Vibes

Μέσω των δεδομένων της συλλογής POIs, είναι δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου Kernel Density Estimation (KDE) για τη δημιουργία θερμικών χαρτών.

- **Εφαρμογή:** Ένας εμπορικός σύλλογος μπορεί να δει σε ποια σημεία της πόλης συγκεντρώνονται οι προσφορές “Tech Deals”.
- **Value:** Αν ένας δρόμος έχει υψηλή πυκνότητα ειδοποιήσεων αλλά χαμηλή πυκνότητα εξαργυρώσεων (Redemptions), αυτό υποδηλώνει ότι οι προσφορές δεν είναι αρκετά ελκυστικές ή ότι υπάρχει πρόβλημα προσβασιμότητας στο σημείο [39].

9.2.2 Εντοπισμός «Ψηφιακών Ερήμων» στην Τοπική Αγορά

Η ανάλυση επιτρέπει επίσης τον εντοπισμό περιοχών όπου η ECHO δεν έχει παρουσία (Digital Deserts). Για έναν δήμο, αυτό αποτελεί ένδειξη οικονομικής υποβάθμισης ή έλλειψης ψηφιακού μετασχηματισμού των τοπικών καταστημάτων, επιτρέποντας στοχευμένες παρεμβάσεις ενίσχυσης της επιχειρηματικότητας.

9.3 Ανάλυση Χρονικών Προτύπων και Αστικός Παλμός

Η ECHO καταγράφει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας την ανάλυση του «αστικού παλμού» (Urban Pulse), δηλαδή του πώς αλλάζει η συμπεριφορά των χρηστών κατά τη διάρκεια της ημέρας ή της εβδομάδας [40].

9.3.1 Συσχέτιση Ώρας και Καταναλωτικής Πρόθεσης

Αναλύοντας τα timestamps των εξαργυρώσεων, μπορούμε να παρατηρήσουμε μοτίβα όπως:

- **Morning Peaks:** Υψηλή κίνηση σε “Food & Drinks” Vibes τις πρωινές ώρες.
- **Evening Surge:** Έξαρση στα “Nightlife” και “Culture” Vibes μετά τις 19:00. Αυτές οι πληροφορίες επιτρέπουν στους διαχειριστές (Admins) να βελτιστοποιούν το Temporal Marketing, ρυθμίζοντας τις προσφορές τους τις ώρες που η πυκνότητα των χρηστών με το αντίστοιχο Vibe είναι μέγιστη.

Πίνακας 9.0.1 Ενδεικτική ποσοστιαία κατανομή ενεργοποίησης ειδοποιήσεων εγγύτητας (Proximity Alerts) ανά χρονική ζώνη και κατηγορία ενδιαφέροντος (Vibe) βάσει συγκεντρωτικών δεδομένων

Κατηγορία (Vibe)	Πρωί (08:00-12:00)	Μεσημέρι/Απόγευμα (12:00-17:00)	Βράδυ (17:00-21:00)	Νύχτα (21:00-02:00)	Ώρα Αιχμής (Peak)
Food & Drinks	45%	35%	15%	5%	09:00-11:00
Fashion	10%	55%	30%	5%	14:00-16:00
Tech Deals	15%	40%	40%	5%	16:00-18:00
Culture	20%	20%	50%	10%	18:00-20:00
Nightlife	0%	5%	25%	70%	22:00-00:00
Books	30%	40%	25%	5%	12:00-14:00

Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του Πίνακα 9.1, η εμπορική κινητικότητα παρουσιάζει έντονη εξάρτηση από το χρονικό πλαίσιο (temporal context). Η κατηγορία *Food & Drinks* εμφανίζει το μέγιστο ποσοστό ενεργοποίησης τις πρωινές ώρες, γεγονός που συνδέεται με την κατανάλωση καφέ και πρωινού γεύματος. Αντίθετα, οι κατηγορίες *Culture* και *Nightlife* μετατοπίζουν το κέντρο βάρους τους μετά τις 17:00, αναδεικνύοντας τον ρόλο της ECHO ως εργαλείο ανακάλυψης ψυχαγωγείας. Αυτή η διακύμανση επιτρέπει στις επιχειρήσεις να εφαρμόζουν στρατηγικές *Dynamic Pricing* ή *Time-limited Offers*. Για παράδειγμα, ένας Admin στην κατηγορία *Fashion* μπορεί να ακυρώσει την ακτίνα

ειδοποίησης (Radius) κατά τις μεσημβρινές ώρες (14:00-16:00), όταν η πυκνότητα των χρηστών που αναζητούν ενδυμασία είναι στατιστικά υψηλότερη.

9.4 Υποστήριξη Θεσμικών και Επιχειρηματικών Αποφάσεων

Τα γεωχωρικά δεδομένα της ECHO μπορούν να εξαχθούν και να αναλυθούν σε επαγγελματικά συστήματα GIS (όπως το QGIS ή το ArcGIS), προσφέροντας πολύτιμες λύσεις σε θεσμικό επίπεδο.

9.4.1 Βελτιστοποίηση Αστικής Κινητικότητας και Πεζοδρόμησης

Οι πολεοδόμοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους χάρτες κίνησης των χρηστών της ECHO για να αποφασίσουν ποιες περιοχές χρήζουν πεζοδρόμησης. Αν η ECHO δείχνει ότι μια συγκεκριμένη διαδρομή συγκεντρώνει μεγάλο όγκο εξατομικευμένων ανακαλύψεων, η μετατροπή της σε πεζόδρομο θα ενισχύσει περαιτέρω την τοπική οικονομία και την ασφάλεια των πολιτών [41]

9.4.2 Στρατηγική Επιλογή Τοποθεσίας

Για μια νέα επιχείρηση, η ECHO παρέχει δεδομένα για τον ανταγωνισμό και τη ζήτηση. Αναλύοντας τα Vibes των χρηστών που κινούνται σε μια περιοχή, ένας επιχειρηματίας μπορεί να αποφασίσει αν η περιοχή «σηκώνει» ένα νεό κατάστημα μόδας ή αν η αγορά είναι ήδη κορεσμένη, μειώνοντας το ρίσκο της επένδυσης.

9.5 Ιδιωτικότητα και Δεοντολογία Δεδομένων

Η συλλογή και ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων επιβάλλει την τήρηση αυστηρών κανόνων ηθικής και προστασίας της ιδιωτικότητας, σύμφωνα με τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR).

9.5.1 Ανωνυμοποίηση και Συγκέντρωση

Στην ECHO, η γεωχωρική ανάλυση δεν πραγματοποιείται σε επίπεδο μεμονωμένου χρήστη, αλλά σε συγκεντρωτικό επίπεδο (Aggregated Level). Όπως επισημαίνει ο Zang [42], η χρήση τεχνικών όπως η “Location Obfuscation” (θόρυβος στις ακριβείς συντεταγμένες) διασφαλίζει ότι η ανάλυση των Hotspots δεν αποκαλύπτει τις κινήσεις συγκεκριμένων ατόμων, προστατεύοντας τα προσωπικά τους δεδομένα.

9.5.2 Διαφάνεια και Συναίνεση

Η εφαρμογή ενημερώνει ρητά τον χρήστη για τη χρήση των δεδομένων τοποθεσίας. Η γεωχωρική ανάλυση βασίζεται σε δεδομένα που οι χρήστες έχουν συναινέσει να μοιραστούν, διασφαλίζοντας τη δεοντολογική αρτιότητα της έρευνας.

Κεφάλαιο 10 — Αξιολόγηση

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η συστηματική αξιολόγηση της εφαρμογής ECHO. Η αξιολόγηση κινείται σε δύο άξονες: τον ποσοτικό (Quantitative), που εστιάζει στις μετρήσεις απόδοσης και ταχύτητας του συστήματος, και τον ποιοτικό (Qualitative), που εξετάζει την εμπειρία του τελικού χρήστη μέσω δοκιμών ευχρηστίας. Στόχος είναι η επαλήθευση της εκπλήρωσης των μη λειτουργικών απαιτήσεων (NFRs) που τέθηκαν στο Κεφάλαιο 2.

10.1 Μετρήσεις Απόδοσης

Η απόδοση της ECHO είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της «αόρατης» εμπειρίας χρήστη. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε πραγματικές συσκευές αναφοράς (Samsung Galaxy A52s – Snapdragon 778G) σε συνθήκες αστικής περιήγησης.

10.1.1 Καθυστέρηση Αλγορίθμων Ταξινόμησης

Μετρήθηκε ο χρόνος που απαιτείται για την ανάκτηση των POIs από το τοπικό cache και την εκτέλεση του *Weighted Scoring Algorithm* για 100 σημεία ενδιαφέροντος.

- **Αποτέλεσμα:** Ο μέσος χρόνος υπολογισμού ανήλθε στα 120ms, τιμή που υπολείπεται κατά πολύ του ορίου των 500ms που τέθηκε στη απαίτηση NFR-01. Η ταχύτητα αυτή διασφαλίζει ότι η οθόνη του χάρτη ανανεώνεται ομαλά κατά την κίνηση του χρήστη [43].

10.1.2 Ταχύτητα Συγχρονισμού Εξαργύρωσης

Αξιολογήθηκε η ταχύτητα της «αμφίδρομης» ενημέρωσης κατά τη διαδικασία του Redemption.

- **Αποτέλεσμα:** Από τη στιγμή που ο Admin πατά “Confirm” στο Terminal, η οθόνη του πελάτη μεταβάλλεται σε “REDEEMED!” σε μέσο χρόνο 350ms (σε δίκτυο 4G/5G). Η υστέρηση αυτή είναι πρακτικά μη αντιληπτή, προσφέροντας την αίσθηση της ακαριαίας συναλλαγής.

Πίνακας 10.1 Συγκεντρωτικές μετρήσεις απόδοσης συστήματος

Παράμετρος	Στόχος (NFR)	Μέση Μέτρηση	Κατάσταση
Algorithm Execution	<1000ms	120ms	ΕΠΙΤΥΧΙΑ
Firebase Sync	<1000ms	350ms	ΕΠΙΤΥΧΙΑ
App Cold Start	<3000ms	1800ms	ΕΠΙΤΥΧΙΑ
GPS Accuracy	<20m	5-12m	ΕΠΙΤΥΧΙΑ

10.2 Ποιοτική Αξιολόγηση Ευχρηστίας

Για την αξιολόγηση της διεπαφής (UI) και της εμπειρίας χρήστη (UX), διεξήχθη μελέτη ευχρηστίας με τη μέθοδο Think-Aloud [44]. Στη δοκιμή συμμετείχαν 8 άτομα διαφορετικών ηλικιακών ομάδων και τεχνικών υποβάθρων.

10.2.1 Μεθοδολογία και Σενάρια Δοκιμών

Στους συμμετέχοντες δόθηκε η συσκευή με την εφαρμογή ECHO και τους ζητήθηκε να ολοκληρώσουν τι ζητούμενα εργασίες (Tasks) χωρίς βοήθεια:

1. **Task 1:** Εγγραφή και επιλογή του Vibe “Fashion”.
2. **Task 2:** Εντοπισμός μιας προσφοράς στον χάρτη και αποθήκευσή της στο Wallet.
3. **Task 3:** Εξαργύρωση της προσφοράς μέσω του QR Code.

10.2.2 Αποτελέσματα και Feedback Χρηστών

Όλοι οι χρήστες ολοκλήρωσαν επιτυχώς τις εργασίες, με τον μέσο χρόνο ολοκλήρωσης του Task 1 να είναι μόλις 45 δευτερόλεπτα, γεγονός που επιβεβαιώνει την απλότητα της ροής Onboarding.

- **Θετικά Σχόλια:** Οι χρήστες εξήραν την αισθητική του Glassmorphism, αναφέροντας ότι η εφαρμογή «δείχνει ακριβή και σύγχρονη». Επίσης, η δόνηση (haptic feedback) κατά την εύρεση ενός “Echo” αξιολογήθηκε ως ιδιαίτερα ικανοποιητική.
- **Περιοχές Βελτίωσης:** Δύο χρήστες πρότειναν την προσθήκη φίλτρο «απόστασης» στις ρυθμίσεις, ώστε να ελέγχουν πόσο συχνά θα λαμβάνουν ειδοποιήσεις, εύρημα που καταγράφηκε για μελλοντική υλοποίηση.

10.3 Αξιολόγηση Ασφάλειας και Ιδιωτικότητας

Η ασφάλεια της ECHO ελέγχθηκε μέσω χειροκίνητης επιθεώρησης των *Firestore Security Rules*.

- **Data Isolation:** Επιβεβαιώθηκε ότι κανένας χρήστης δεν μπορεί να διαβάσει το Wallet άλλου χρήστη, καθώς η πρόσβαση περιορίζεται αυστηρά μέσω του UID.
- **Admin Integrity:** Οι δοκιμές έδειξαν ότι οποιαδήποτε προσπάθεια δημιουργίας Echo Point από λογαριασμό Customer απορρίπτεται αυτόματα από τον διακομιστή, διασφαλίζοντας την εγκυρότητα των προσφορών στο οικοσύστημα.

Κεφάλαιο 11 — Περιορισμοί και Μελλοντική Εργασία

Στο παρόν κεφάλαιο καταγράφονται οι περιορισμοί που εντοπίστηκαν κατά την φάση της ανάπτυξης και της αξιολόγησης, ενώ παρουσιάζεται το όραμα για τη μελλοντική εξέλιξη της πλατφόρμας ECHO. Η αναγνώριση των περιορισμών είναι απαραίτητη για την ακαδημαϊκή ακεραιότητα του έργου, ενώ οι προτάσεις μελλοντικής εργασίας αναδεικνύουν τη δυναμική της εφαρμογής να ενσωματώσει τεχνολογίες αιχμής.

11.1 Τρέχοντες Περιορισμοί

Παρά τα θετικά αποτελέσματα της αξιολόγησης, η τρέχουσα έκδοση της ECHO παρουσιάζει συγκεκριμένους τεχνικούς και λειτουργικούς περιορισμούς.

11.1.1 Ακρίβεια Γεωεντοπισμού σε Εσωτερικούς Χώρους

Η εφαρμογή βασίζεται κυρίως στο GPS, το οποίο παρουσιάζει σημαντική υποβάθμιση σήματος (signal attenuation) εντός κτιρίων, όπως μεγάλα εμπορικά κέντρα ή σταθμοί μετρό. Το σφάλμα τοποθεσίας μπορεί να κυμανθεί από 15 έως 40 μέτρα, γεγονός που καθιστά τις ειδοποιήσεις εγγύτητας λιγότερο ακριβείς σε πυκνά δομημένα εσωτερικά περιβάλλοντα [45].

11.1.2 Κατανάλωση Ενεργειακών Πόρων

Η συνεχής χρήση του Fused Location Provider σε κατάσταση “High Accuracy” αυξάνει την κατανάλωση της μπαταρίας της κινητής συσκευής. Παρότι χρησιμοποιούνται έξυπνα διαστήματα (intervals), η διαρκής επικοινωνία με τους δορυφόρους GPS και το Cloud Firestore για τον υπολογισμό του S_{total} αποτελεί πρόκληση για τη μακροχρόνια χρήση της εφαρμογής χωρίς φόρτιση.

11.1.3 Στατικότητα Προτιμήσεων Χρήστη

Ο τρέχων αλγόριθμος εξατομίκευσης βασίζεται στις δηλωμένες προτιμήσεις (Vibes) που εισάγει ο χρήστης χειροκίνητα. Δεν υπάρχει ακόμα μηχανισμός που να μαθαίνει αυτόματα από τη συμπεριφορά του χρήστη (π.χ. ποιες ειδοποιήσεις αγνοεί και ποιες εξαργυρώνει), παραμένοντας σε ένα μοντέλο “Explicit Feedback”

11.2 Μελλοντικές Κατευθύνσεις και Επεκτάσεις

Η ECHO έχει σχεδιαστεί με σπονδυλωτή αρχιτεκτονική, επιτρέποντας την ενσωμάτωση προηγμένων λειτουργιών στο μέλλον.

11.2.1 Ενσωμάτωση Μηχανικής Μάθησης

Η μετάβαση από τον αλγόριθμο Weighted Sum σε ένα σύστημα *Predictive Recommendations* αποτελεί πρωταρχικό στόχο.

- **Deep Learning:** Χρήση νευρωνικών δικτύων για την πρόβλεψη της αγοραστικής πρόθεσης βάσει ιστορικού.
- **Collaborative Filtering:** Ενσωμάτωση δεδομένων από παρόμοιους χρήστες για την ανακάλυψη νέων Echo Points που ο χρήστης δεν θα επέλεγε μόνος του (Serendipity).

11.2.2 Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η οπτικοποίηση των “Echoes” μέσω της κάμερας του κινητού μπορεί να απογειώσει την εμπειρία περιήγησης.

- **AR Markers:** Ο χρήστης θα μπορεί να στρέφει την κάμερα στο δρόμο και να βλέπει ψηφιακές ετικέτες (floating labels) πάνω από τα καταστήματα που έχουν ενεργές προσφορές. Σύμφωνα με τους Schmalstieg και Hollerer [46], η AR τεχνολογία μειώνει το γνωστικό χάσμα μεταξύ του χάρτη και του φυσικού κόσμου.

11.2.3 Παιχνιδικοποίηση και Σύστημα Ανταμοιβών

Για την ενίσχυση της δέσμευσης των χρηστών (user retention), προτείνεται η εισαγωγή στοιχείων παιχνιδιού.

- **Badges & Levels:** Οι χρήστες θα κερδίζουν πόντους εμπειρίας (XP) για κάθε νέα περιοχή που εξερευνούν ή για κάθε εξαργύρωση.
- **Urban Quests:** Δημιουργία διαδρομών ανακάλυψης (π.χ. «Εντόπισε 3 Echoes στην Πλάκα») που μετατρέπουν την περιήγηση σε μια διαδραστική περιπέτεια, αυξάνοντας την πιστότητα (loyalty) στην πλατφόρμα [47].

11.2.4 Εντοπισμός Ακριβείας με Beacons

Για την επίλυση του προβλήματος του εσωτερικού χώρου (Ενότητα 11.1.1), η ECHO μπορεί να ενσωματώσει την τεχνολογία Bluetooth Low Energy (BLE) Beacons.

- **Micro-location:** Οι επιχειρήσεις θα τοποθετούν μικρούς πομπούς που θα ενεργοποιούν την ECHO σε απόσταση εκατοστών, επιτρέποντας ειδοποιήσεις ακόμα και για συγκεκριμένα ράφια εντός ενός πολυκαταστήματος.

11.2.5 Cross-Platform Ανάπτυξη και Wearables

Η μεταφορά της επιχειρησιακής λογικής (Business Logic) σε Kotlin Multiplatform (KMP) θα επιτρέψει την κυκλοφορία της ECHO σε iOS, ενώ η σύνδεση με Smartwatches (Wear OS) θα επιτρέψει στον χρήστη να λαμβάνει δονήσεις “Echo Found” στον καρπό του, καθιστώντας την εφαρμογή πραγματικά «αόρατη» [48].

Συμπεράσματα

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ολοκληρώνεται με την επιτυχή υλοποίηση της πλατφόρμας ECHO, ενός συστήματος που επαναπροσδιορίζει την εμπειρία της αστικής περιήγησης μέσω της εξατομίκευσης και της επίγνωσης πλαισίου (context-awareness). Η ECHO αποδεικνύει ότι η σύγκλιση των σύγχρονων κινητών τεχνολογιών, των cloud υποδομών και των ευφύων αλγορίθμων μπορεί να γεφυρώσει αποτελεσματικά το χάσμα μεταξύ της ψηφιακής πληροφορίας και της φυσικής παρουσίας του καταναλωτή, προσφέροντας μια λύση στο πρόβλημα του ψηφιακού κορεσμού.

Η ανάπτυξη της ECHO βασίστηκε σε μια πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική προσέγγιση, η οποία εξασφάλισε την αρτιότητα του τελικού προϊόντος. Η υιοθέτηση του προτύπου MVVM και της γλώσσας Kotlin παρείχε ένα στιβαρό θεμέλιο για τη διαχείριση της πολυπλοκότητας, ενώ το πλαίσιο Jetpack Compose επέτρεψε τη δημιουργία ενός αντιδραστικού και αισθητικά προηγμένου περιβάλλοντος χρήστη. Η επιλογή του Google Firebase ως serverless backend αποδείχθηκε καθοριστική, καθώς επέτρεψε τον ακαριαίο συγχρονισμό δεδομένων μεταξύ επιχειρήσεων και πελατών, καταργώντας τους περιορισμούς των παραδοσιακών μοντέλων επικοινωνίας client-server.

Η καρδιά της καινοτομίας της εργασίας εντοπίζεται στον υβριδικό αλγόριθμο Weighted Scoring Algorithm. Μέσω της μαθηματικής μοντελοποίησης της συνάφειας (Interest Score) και της εγγύτητας (Proximity Score), η ECHO κατάφερε να μετατρέψει τον «θόρυβο» των γενικευμένων προσφορών σε στοχευμένη πληροφορία. Ο μηχανισμός των Sequential Proximity Alerts έλυσε το πρόβλημα της ενόχλησης του χρήστη, διασφαλίζοντας ότι η τεχνολογία παραμένει «αόρατη» και παρεμβαίνει μόνο όταν η αξία της πληροφορίας είναι μέγιστη. Η αξιολόγηση απόδοσης επιβεβαίωσε την ταχύτητα του αλγορίθμου, με χρόνους εκτέλεσης (120ms) που επιτρέπουν την απρόσκοπη χρήση σε πραγματικές συνθήκες κίνησης.

Πέρα από το τεχνικό σκέλος, η ECHO αναδείχθηκε ως ένα εργαλείο με ισχυρό κοινωνικοοικονομικό αποτύπωμα. Οι περιπτώσεις χρήσης που αναλύθηκαν, από τον έξυπνο τουρισμό και την ενίσχυση της φοιτητικής καθημερινότητας έως τη στήριξη των μικρομεσαίων επιχειρήσεων, απέδειξαν την ευελιξία της πλατφόρμας. Η ECHO δίνει «φώνη» στις τοπικές επιχειρήσεις, επιτρέποντάς τους να ανταγωνιστούν με όρους ψηφιακής αμεσότητας, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει στον χρήστη μια εμπειρία ανακάλυψης που σέβεται τον χρόνο και τις προτιμήσεις τους.

Ιδιαίτερης σημασίας είναι τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη γεωχωρική ανάλυση των συγκεντρωτικών δεδομένων. Η ECHO δεν εξυπηρετεί μόνο τον μεμονωμένο χρήστη, αλλά λειτουργεί ως ένα σύστημα Volunteered Geographic Information (VGI). Η ικανότητα παραγωγής θερμικών χαρτών και η ανάλυση του «αστικού παλμού» προσφέρουν πρωτοποριακά δεδομένα για τον πολεοδομικό σχεδιασμό και τη στρατηγική ανάπτυξη της τοπικής αγοράς. Η εργασία ανέδειξε πώς τα δεδομένα των ειδοποιήσεων και των εξαγρυλώσεων μπορούν να μετατραπούν σε γνώση για τη λήψη θεσμικών αποφάσεων, τηρώντας πάντα τις αυστηρότερες αρχές δεοντολογίας και προστασίας της ιδιωτικότητας (GDPR).

Συνοψίζοντας, η πτυχιακή αυτή εργασία παρουσίασε μια ολοκληρωμένη πρόταση για το μέλλον της αστικής περιήγησης. Παρά τους περιορισμούς του GPS σε εσωτερικούς χώρους και τις ενεργειακές

προκλήσεις, η ECHO αποτελεί μια επεκτάσιμη βάση πάνω στην οποία μπορούν να ενσωματωθούν τεχνολογίες Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) και Μηχανικής Μάθησης (ML).

Το όραμα της ECHO είναι η δημιουργία μιας πόλης που «μιλάει» στον κάτοικο και στον επισκέπτη, όχι με διαφημιστικά μηνύματα, αλλά με «αντηχήσεις» των δικών του επιθυμιών. Η παρούσα εργασία αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση, αποδεικνύοντας ότι η τεχνολογία, όταν σχεδιάζεται με ανθρωποκεντρικά κριτήρια, μπορεί να ομορφύνει και να απλοποιήσει την καθημερινή εμπειρία στον αστικό ιστό.

Πίνακας ορολογίας

Αλγόριθμος Στάθμισης (Weighted Algorithm): Μια μαθηματική μέθοδος λήψης αποφάσεων όπου διαφορετικά κριτήρια (π.χ. απόσταση, ενδιαφέροντα) λαμβάνουν διαφορετικούς συντελεστές βαρύτητας για τον υπολογισμό ενός τελικού σκορ.

Αντιδραστικό UI (Reactive UI): Μοντέλο σχεδίασης διεπαφής όπου το περιβάλλον χρήστη ενημερώνεται αυτόματα και ακαριαία μόλις μεταβληθεί η κατάσταση των υποκείμενων δεδομένων.

Δηλωτικό UI (Declarative UI): Προσέγγιση προγραμματισμού διεπαφών όπου ο προγραμματιστής περιγράφει την τελική μορφή του UI για μια δεδομένη κατάσταση, αντί για τα βήματα κατασκευής του.

Ειδοποίηση Εγγύτητας (Proximity Alert): Ένας αυτοματοποιημένος μηχανισμός ειδοποίησης που ενεργοποιείται όταν η γεωγραφική θέση της συσκευής εισέλθει εντός μιας προκαθορισμένης ακτίνας από ένα σημείο ενδιαφέροντος.

Επίγνωση Πλαισίου (Context-Awareness): Η ικανότητα ενός συστήματος να αντιλαμβάνεται πληροφορίες από το περιβάλλον του (τοποθεσία, ώρα, προτιμήσεις) και να προσαρμόζει τη λειτουργία του ανάλογα.

Εξατομίκευση (Personalization): Η διαδικασία προσαρμογής του περιεχομένου και των υπηρεσιών μιας εφαρμογής στις μοναδικές ανάγκες και επιθυμίες κάθε μεμονωμένου χρήστη.

Επανασύνθεση (Recomposition): Η διαδικασία του Jetpack Compose κατά την οποία ανανεώνονται μόνο τα τμήματα της διεπαφής που επηρεάζονται από μια αλλαγή δεδομένων, διασφαλίζοντας υψηλή απόδοση.

Πανταχού Παρούσα Υπολογιστική (Ubiquitous Computing): Το τεχνολογικό όραμα όπου η πληροφορική ενσωματώνεται οργανικά στο περιβάλλον και στην καθημερινότητα, καθιστώντας την τεχνολογία «αόρατη» στον χρήστη.

Πλαίσιο (Context): Κάθε πληροφορία που χαρακτηρίζει την κατάσταση μιας οντότητας (άνθρωπος, τόπος, αντικείμενο) και είναι σχετική με την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή.

Σημείο Ενδιαφέροντος (Point of Interest – POI): Μια συγκεκριμένη γεωγραφική θέση του θεωρείται χρήσιμη ή ενδιαφέρουσα, όπως ένα κατάστημα, ένα μουσείο ή ένα μνημείο.

Σύστημα Συστάσεων (Recommender System): Ένα υπολογιστικό σύστημα που προβλέπει τις προτιμήσεις ενός χρήστη και του προτείνει στοιχεία που είναι πιθανό να τον ενδιαφέρουν.

Υπηρεσίες Βασισμένες στην Τοποθεσία (Location-Based Services-LBS): Υπηρεσίες που αξιοποιούν δεδομένα γεωγραφικού προσδιορισμού (GPS, Wi-Fi) για να παρέχουν πληροφορίες σχετικές με τη θέση της κινητής συσκευής.

Φιλτράρισμα βάσει Περιεχομένου (Content-Based Filtering): Μέθοδος συστάσεων που βασίζεται στην ανάλυση των χαρακτηριστικών των αντικειμένων και στην αντιστοίχσή τους με το προφίλ προτιμήσεων του χρήστη.

Χωρική Εξασθένιση (Spatial Decay): Το φαινόμενο κατά το οποίο η αξία ή η σχετικότητα μιας πληροφορίας μειώνεται όσο αυξάνεται η γεωγραφική απόσταση από το σημείο αναφοράς.

Alphanumeric ID (Echo-ID): Ένα μοναδικό αναγνωριστικό που αποτελείται από συνδυασμό γραμμάτων και αριθμών, το οποίο χρησιμοποιείται για την ταυτοποίηση μιας προσφοράς.

BaaS (Backend as a Service): Μοντέλο cloud υπηρεσιών (όπως το Firebase) όπου ο προγραμματιστής χρησιμοποιεί έτοιμες υποδομές διακομιστή και βάσης δεδομένων χωρίς να χρειάζεται να τις διαχειρίζεται χειροκίνητα.

Cloud Firestore: Μια NoSQL βάση δεδομένων που επιτρέπει την αποθήκευση και τον συγχρονισμό δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μεταξύ συσκευών και διακομιστών.

Fused Location Provider: Ένα API του Android που συνδυάζει σήματα από διαφορετικούς αισθητήρες (GPS, Wi-Fi, Bluetooth) για την παροχή ακριβούς τοποθεσίας με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Glassmorphism: Μια σύγχρονη σχεδιαστική τάση που χαρακτηρίζεται από ημιδιαφανή επίπεδα, gradients και εφέ “frosted glass”, προσδίδοντας βάθος στη διεπαφή χρήστη.

MVVM (Model-View-ViewModel): Ένα αρχιτεκτονικό πρότυπο σχεδίασης λογισμικού που διαχωρίζει τη λογική των δεδομένων από τη διεπαφή χρήστη, βελτιώνοντας τη συντηρησιμότητα του κώδικα.

NoSQL: Κατηγορία συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων που δεν χρησιμοποιούν το παραδοσιακό σχεσιακό μοντέλο (SQL) και προσφέρουν ευελιξία στη δομή των δεδομένων.

Real-time Listener: Ένας μηχανισμός προγραμματισμού που «ακούει» συνεχώς για αλλαγές σε μια βάση δεδομένων και ενημερώνει την εφαρμογή ακαριαία χωρίς την ανάγκη για χειροκίνητο αίτημα.

Πίνακας συντμήσεων-αρτικόλεξων-ακρωνυμίων

API: Application Programming Interface — Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών

APK: Android Package — Η μορφή αρχείου που χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση εφαρμογών στο Android

AR: Augmented Reality — Επαυξημένη Πραγματικότητα

BaaS: Backend as a Service — Backend ως Υπηρεσία

CRUD: Create, Read, Update, Delete — Οι τέσσερις βασικές λειτουργίες διαχείρισης δεδομένων (Δημιουργία, Ανάγνωση, Ενημέρωση, Διαγραφή)

GPS: Global Positioning System — Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού μέσω δορυφόρων

HCI: Human-Computer Interaction — Επικοινωνία Ανθρώπου-Υπολογιστή

JSON: JavaScript Object Notation — Μορφή ανταλλαγής δεδομένων που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πληροφορίας μεταξύ Cloud και εφαρμογής

LBS: Location-Based Services — Υπηρεσίες Βασισμένες στην Τοποθεσία

MCDM: Multi-Criteria Decision Making — Πολυκριτηριακή Λήψη Αποφάσεων

MVVM: Model-View-ViewModel — Το αρχιτεκτονικό πρότυπο που διαχωρίζει τη λογική από τη διεπαφή χρήστη

NoSQL: Not Only SQL — Κατηγορία βάσεων δεδομένων που δεν χρησιμοποιούν πίνακες και σχέσεις

POI: Point of Interest — Σημείο Ενδιαφέροντος

QR Code: Quick Response Code — Κώδικας Ταχείας Απόκρισης

RBAC: Role-Based Access Control — Έλεγχος Πρόσβασης Βασισμένος σε Ρόλους

SDK: Software Development Kit — Πακέτο Ανάπτυξης Λογισμικού

SoC: System on a Chip — Σύστημα σε Ολοκληρωμένο Κύκλωμα

UID: User Identifier — Το μοναδικό αναγνωριστικό που εκχωρείται σε κάθε χρήστη από το Firebase

UI: User Interface — Διεπαφή Χρήστη

UX: User Experience — Εμπειρία Χρήστη

VGI: Volunteered Geographic Information — Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία

XML: Extensible Markup Language — Γλώσσα σήμανσης που χρησιμοποιείται για τη δομή δεδομένων και παλαιότερων UI στο Android

Βιβλιογραφία

- [1] Weiser, Mark, «The computer for the 21st century,» *Scientific American*, no. 265(3), σσ. 94-105, 1991.
- [2] Dey, Anind K., «Understanding and using context,» *Personal and Ubiquitous Computing*, τόμ. 5(1), σσ. 4-7, 2001.
- [3] Burbary, Ken, *Digital Marketing Strategy: An Integrated Approach to Online Marketing*, s.l. : Kogan Page Publishers, 2017.
- [4] Küpper, Axel, *Location-Based Services: Fundamentals and Operation*, 2005.
- [5] Foundation, Kotlin, «Kotlin for Android Developers: Modern approach to app development,» 2023, <https://kotlinlang.org/docs/android-overview.html>.
- [6] Griffiths, David και Griffiths, Dawn, *Head First Android Development: A Learner's Guide to Modern Android Programming*, 2021.
- [7] Moroney, Laurence, *The Definitive Guide to Firebase: Build Real-Time Apps with Firebase*, Berkeley, CA : Apress, 2017.
- [8] Team, UniOut, UniOut: Η φοιτητική σου ζωή σε μια εφαρμογή, 2022, <http://www.uniout.gr>.
- [9] Developers, Google, «Google Maps Platform Documentation: Places API,» 2023, <https://developers.google.com/maps/documentation/places/web-service/overview>.
- [10] O'Connor, Peter, «User-Generated Content and Travel: A Case Study on TripAdvisor,» *Information and Communication Technologies in Tourism*, σσ. 47-58, 2010.
- [11] Bell, Genevieve, «The Age of the Proximity App: A Review on AroundMe and similar LBS,» *Journal of Location Based Services*, τόμ. 6, σσ. 12-25, 2012.
- [12] Ricci, Francesco, «Mobile Recommender Systems,» *Information Technology & Tourism*, τόμ. 12, no. 3, σσ. 205-231, 2010.
- [13] Sommerville, Ian, *Software Engineering (10th Edition)*, s.l. : Pearson Education, 2015.
- [14] Nielsen, Jakob, «Usability Engineering,» *Academic Press*, 1993.
- [15] Moroney, Laurence, «The Definitive Guide to Firebase: Build Real-Time Apps with Firebase,» *Apress*, 2017.
- [16] Shneiderman, Ben και Plaisant, Catherine, «Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction,» *Pearson*, no. 6th Edition, 2016.
- [17] Tidwell, Jenifer, «Designing Interfaces: Patterns for Effective Interaction Design,» *O'Reilly Media*, 2010.
- [18] Resnick, Paul και Varian, Hal R., «Recommender Systems,» *Communications of the ACM*, τόμ. 40, no. 3, σσ. 56-58.

- [19] Lops, Pasquale, de Gemmis, Marco και Semerano, Giovanni, *Content-based Recommender Systems: Dttate of the Art and Trends*, 2011.
- [20] Sarwas, Badrul, et al., s.l. : Proceedings of the 10th International Conference on the World Wide Web, 2001.
- [21] Sarwat, Mohamed, et al, «LARS: A Location-Aware Recommender System,» *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, τόμ. 26, no. 6.
- [22] Triantaphyllou, Evangelos, *Multi-criteria Decision Making Methods: Comparative Study*, s.l. : Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [23] Jannah, Dietmar και Jugovac, Michael, «Multi-objective toward more complex objectives in recommender systems,» *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, τόμ. 37, no. 4.
- [24] Developers, Android, «Guide to app architecture: The MVVM Pattern,» 2023, <https://developer.android.com/topic/architecture>.
- [25] Foundation, Kotlin, «Kotlin Coroutines on Android,» 2023, <https://kotlinlang.org/docs/android-overview.html>.
- [26] Sullivan, Dan, *NoSQL Databases*, s.l. : Reely, 2015.
- [27] Moroney, Laurence, «The Definitive Guide to Firestore: Build Real-Time Apps,» *Apress*, 2017.
- [28] cloud, Google, «Styling the |map for Android,» 2024, <https://developers.google.com/maps/documentation/android-sdk/styling>.
- [29] Foundation, Kotlin, «Kotilin Higher-Order Functions and Collections,» 2023, <https://kotlinlang.org/docs/home.html>.
- [30] Documentation, Firebase, «Get real-time updates with Cloud Firestore,» 2023, <https://firebase.google.com/docs/firestore/query-data/listen>.
- [31] Design, Google Material, «Material Design 3: Material Your Guidelines,» 2024, <https://m3.material.io>.
- [32] Group, Nielsen Norman, «Dark Mode vs. Light Mode: Which is Better?» 2020.
- [33] Sadalage, Pramod J. και Fowler, Martin, *NoSQL Distilled: A Brief Guide to the Emerging World of Polyglot Persistence*, s.l. : Addison-Wesley, 2012.
- [34] Chivukula, S.S., «Google Firebase: Database, Auth, and Security Rules,» *BPB Publications*, 2023.
- [35] Buhalis, Dimitrios και Law, Rob, «Twenty years on and 10 years after the Internet: The state of eTourism research,» *Tourism Management*, τόμ. 29, no. 4, σσ. 609-623, 2008.
- [36] Krum, Cindy, *Mobile Marketing: Find Your Customers No Matter Where They Are*, Indianapolis : Que Publishing, 2010.

- [37] Goodchild, Michael F., «Citizens as sensors: the world of volunteered geography,» *GeoJournal*, τόμ. 69, no. 4, σσ. 211-221, 2007.
- [38] Batty, Michael, *The New Science of Cities*, s.l. : The MIT Press, 2013.
- [39] Longley, P. A., και συν., *Geographic Information Systems and Science*, s.l. : Wiley, 2015.
- [40] Resch, Bernd, «People as Sensors: User-generated Geographic Information for Context-aware City Monitoring,» *International Journal of Geoinformatics*, 2013.
- [41] Jensen, John R. και Jensen, Ryan R., *Introductory Geographic Information Systems*, s.l. : Pearson, 2017.
- [42] Zang, J. και Kondor, D., *Understanding Challenges in Preserving Location Privacy*, s.l. : Springer, 2018.
- [43] Ericsson, K. Anders και Simon, Herbert A., *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*, s.l. : The MIT Press, 1993.
- [44] Jain, A. και Jain, S., «Mobile Application Performance Testing Metrics and best Practices,» *International Journal of Computer Applications*, 2022.
- [45] Mainetti, Luca, Patrono, Luigi και Sergi, Ilaria, «A Survey on Indoor Positioning Systems,» *IEEE*, 2014.
- [46] Shmalstieg, Dieter και Hollerer, Tobias, *Augmented Reality: Principles and Practice*, s.l. : Addison-Wesley, 2016.
- [47] Deterding, Sebastian, et al., *From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification*, s.l. : MindTrek, 2011.
- [48] Bucur, Adrian, *Kotlin Multiplatform by Tutorials*, s.l. : RayWenderlich / Kodeco, 2023.
- [49] Triantaphyllou, Evangellos, *Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*, Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [50] Group, Nielsen Norman, «Dark Mode vs. Light Mode: Which is Better?» 2020, <https://www.nngroup.com/articles/dark-mode/>.
- [51] Norman, Don, *The Design of Everyday Things*, s.l. : Basic Books, 2013.

Παράρτημα Α — Δομή Αρχείων Έργου

```

Echo/
├── app/
│   ├── src/main/
│   │   ├── java/com/example/echo/
│   │   │   ├── core/ (Πυρήνας λειτουργικότητας)
│   │   │   │   ├── location/
│   │   │   │   │   ├── LocationProvider.kt (Διαχείριση GPS/Fused Location)
│   │   │   │   │   └── algorithm/
│   │   │   │   │       └── EchoAlgorithm.kt (Υλοποίηση Weighted Scoring)
│   │   │   ├── data/ (Επίπεδο δεδομένων)
│   │   │   │   ├── model/
│   │   │   │   │   ├── User.kt (Data class για το προφίλ χρήστη)
│   │   │   │   │   ├── POI.kt (Data class για τα Echo Points)
│   │   │   │   │   └── Redemption.kt (Data class για τις συναλλαγές)
│   │   │   │   └── repository/
│   │   │   │       ├── FirestoreRepository.kt (CRUD λειτουργίες στη βάση)
│   │   │   │       └── AuthRepository.kt (Διαχείριση Firebase Auth)
│   │   │   └── ui/ (Περιβάλλον χρήστη - Jetpack Compose)
│   │   │       ├── auth/
│   │   │       │   ├── LoginScreen.kt
│   │   │       │   ├── RegisterScreen.kt
│   │   │       │   └── AuthViewModel.kt
│   │   │       ├── discovery/
│   │   │       │   ├── MapScreen.kt (Κεντρικός διαδραστικός χάρτης)
│   │   │       │   ├── CarouselComponent.kt (Οριζόντια λίστα προσφορών)
│   │   │       │   └── DiscoveryViewModel.kt (Λογική ανακάλυψης)
│   │   │       ├── wallet/
│   │   │       │   ├── WalletScreen.kt (Οθόνη My Echoes)
│   │   │       │   └── WalletViewModel.kt
│   │   │       ├── admin/
│   │   │       │   ├── EditorScreen.kt (Δημιουργία νέου POI)
│   │   │       │   ├── TerminalScreen.kt (Τερματικό εξαργύρωσης)
│   │   │       │   └── AdminViewModel.kt
│   │   │       ├── theme/
│   │   │       │   ├── Color.kt (Gradients και Dark Mode παλέτα)
│   │   │       │   ├── Type.kt (Τυπογραφία)
│   │   │       │   └── Theme.kt (Κεντρική κλάση Glassmorphism)
│   │   │       └── navigation/
│   │   │           ├── NavGraph.kt (Δρομολόγηση εφαρμογής)
│   │   │           └── Screen.kt (Ορισμός διαδρομών/Routes)
│   │   │       └── utils/
│   │   │           ├── QRGenerator.kt (Ενσωμάτωση βιβλιοθήκης ZXing)
│   │   │           └── MainActivity.kt (Σημείο εισόδου της εφαρμογής)
│   │   └── res/ (Πηγές συστήματος)
│   │       ├── drawable/ (Icons, Logo, Gradients)
│   │       ├── values/ (Strings, Colors, Dimens)
│   │       └── xml/ (Google Maps API configurations)
│   ├── AndroidManifest.xml (Άδειες τοποθεσίας και δηλώσεις υπηρεσιών)
│   ├── google-services.json (Κλειδιά σύνδεσης με Firebase)
│   ├── build.gradle.kts (Εξαρτήσεις επιπέδου εφαρμογής)
│   ├── build.gradle.kts (Ρυθμίσεις επιπέδου project)
│   └── settings.gradle.kts

```

Παράρτημα Β — Κατάλογος Εξαρτήσεων

Βιβλιοθήκη	Έκδοση	Σκοπός
firebase-bom	32.7.0	Διαχείριση εκδόσεων Firebase
firebase-auth-ktx	(BOM)	Αυθεντικοποίηση
firebase-firestore-ktx	(BOM)	Βάση δεδομένων cloud
coil-compose	2.5.0	Ασύγχρονη φόρτωση εικόνων
navigation-compose	2.9.6	Πλοήγηση οθονών
material3	(BOM)	Στοιχεία Material Design 3
compose-bom	(BOM)	Διαχείριση εκδόσεων Compose
androidx.datastore.preferences	1.1.1	Μόνιμη αποθήκευση κλειδιού-τιμής
play-services-location	21.3.0	Fused Location Provider
play-services-auth	20.7.0	Google Sign-In
kotlinx.coroutines.play-services	1.7.3	Γέφυρα Firebase Task → suspend

Πίνακας Β.1 — Πλήρης κατάλογος εξαρτήσεων