



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Υλοποίηση Android εφαρμογής που απαιτεί τη λήψη αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο Analytical Hierarchy Process (AHP) Implementation of an Android application that requires decision-making with multiple criteria, using the Analytical Hierarchy Process (AHP) algorithm
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Κωνσταντίνος Τσιώτας
Πατρώνυμο	Γεώργιος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ/ 15001
Επιβλέπων	Ευθύμιος Αλέπης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης **ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2020**

Υλοποίηση Android εφαρμογής που απαιτεί τη λήψη αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο Analytical Hierarchy Process (AHP)

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Ευθύμιος Αλέπης
Αναπληρωτής Καθηγητής

Μαρία Βίρβου
Καθηγήτρια

Κωνσταντίνος Πατσάκης
Επ. Καθηγητής

Περιεχόμενα

1.	Πρόλογος	4
2.	Περίληψη	4
3.	Εισαγωγή	5
4.	Ανασκόπηση πεδίου	6
5.	Παρουσίαση και χρήση εφαρμογής.....	6
5.1	SmartCart.....	6
5.2	Αρχική οθόνη	7
5.3	Λογαριασμός χρήστη	7
5.4	Συλλογή δεδομένων.....	7
5.5	Συνδυασμοί κριτηρίων αλγορίθμου AHP	8
5.6	Εκτέλεση αλγορίθμου AHP	10
5.7	Παρουσίαση αποτελεσμάτων στο χρήστη	19
5.8	Καταχώρηση παραγγελίας – Ενημέρωση supermarket	20
6.	Αρχιτεκτονική συστήματος	20
6.1	Εργαλεία προγραμματισμού	20
6.2	Βάση Δεδομένων	21
7.	Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις	21
7.1	Επεκτάσεις – Βελτιώσεις.....	22
8.	Βιβλιογραφία	23
9.	Παραρτήματα	24
9.1	Εικόνες.....	24

1. Πρόλογος

Αυτή η μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των Μεταπτυχιακών μου σπουδών στο πρόγραμμα «Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής» στο Πανεπιστήμιο Πειραιά.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή Ευθύμιο Αλέπη για την συνεργασία μας καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα, το οποίο εξ' αρχής μου τράβηξε την προσοχή.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδελφο και συμφοιτητή μου Νικόλαο Αχιλλαδέλη για την υπομονή και επιμονή σε όλους τους τομείς της υλοποίησης της εφαρμογής. Με την άποψη συνεργασία μας, ελήφθησαν οι σωστές αποφάσεις για την ολοκλήρωση της εφαρμογής SmartCart.

2. Περίληψη

Σκοπός της συγκεκριμένης Μεταπτυχιακής Διατριβής είναι η υλοποίηση της Android εφαρμογής «SmartCart» μέσω της οποίας θα πραγματοποιείται λήψη αποφάσεων μεταξύ πολλαπλών αντικρουόμενων κριτηρίων. Η εφαρμογή θα εφαρμόσει τον αλγόριθμο «Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης» (Analytical Hierarchy Process) (AHP) για τη λήψη απόφασης για την προτεραιότητα των κριτηρίων αυτών.

Η υλοποίηση μιας Android εφαρμογής η οποία δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να πραγματοποιεί τις αγορές του εύκολα και γρήγορα μέσω πολλαπλών σημείων επίσκεψης, και με τη βέλτιστη προτεινόμενη λύση, σύμφωνα με τις προτιμήσεις που έχει ορίσει ο ίδιος τη δεδομένη στιγμή. Ο χρήστης της εφαρμογής μπορεί να αναζητήσει μέσω μιας λίστας προϊόντων και να επιλέξει εκείνα που εκείνος επιθυμεί με ένα άγγιγμα, να δηλώσει τις προτιμήσεις του μεταξύ τεσσάρων κριτηρίων και να ζητήσει την συνεισφορά της εφαρμογής για την καλύτερη επιλογή. Η εφαρμογή αναλύει τα δεδομένα και επιστρέφει μία λίστα με τους προτεινόμενους συνδυασμούς των σημείων επίσκεψης όπου μπορούν να αγοραστούν τα επιλεγμένα προϊόντα. Τέλος, θα έχει τη δυνατότητα να προχωρήσει στην επιλογή και αγορά του επιθυμητού συνδυασμού.

Η εφαρμογή SmartCart δίνει τη δύναμη στο χρήστη να αγοράσει τα προϊόντα που επιθυμεί συνδυάζοντας τα εξής βασικά κριτήρια: Κόστος - Απόσταση - Χρόνος - Αριθμός σημείων επίσκεψης.

The purpose of this Master's Thesis is the implementation of the Android application «SmartCart» through which decisions will be made between multiple conflicting criteria. The application will apply the "Analytical Hierarchy Process" (AHP) algorithm to decide about the priority of these criteria.

The implementation of an Android application that gives user the opportunity to make his purchases fast and easy through multiple points of visit, and suggests the best possible solution, according to the preferences that user has set at that moment. The user of the application can search through a list of products and select what he wishes to buy with one click. He has to define his preferences between four criteria and request the contribution of the application for the best option for him. The application analyzes the data and returns a list of the suggested combinations of points of visit where the selected products can be purchased. Finally, he will be able to proceed to the selection and purchase of the desired combination.

«SmartCart» application gives user the power to buy the products he wants by combining the following basic criteria: Cost - Distance - Time - Number of points of visit.

3. Εισαγωγή

Η σημερινή εποχή έχει ταυτιστεί με την αλματώδη τεχνολογική ανάπτυξη και εξέλιξη σε πολλούς τομείς αλλά κυρίως σε αυτόν της Πληροφορικής. Η Πληροφορική είναι το σημαντικότερο εργαλείο για τις περισσότερες επιχειρήσεις πλέον. Από την αναζήτηση ανθρώπινου δυναμικού, τις χρηματικές συναλλαγές, την προώθηση των προϊόντων και τις τηλεφωνικές διαπραγματεύσεις, μέχρι τη διαχείριση εκατομμυρίων Mb/sec δεδομένων που παράγονται ή αναλύονται μέσω ροών δεδομένων. Το μεγαλύτερο ποσοστό γίνεται με τη χρήση του διαδικτύου. Η αγορά βασίζεται πλέον στο διαδίκτυο.

Πολλές εταιρείες ενσωματώνουν στις διεργασίες τους τη χρήση κινητών συσκευών (smartphones, tablets, laptops) με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης και την αύξηση της δυναμικότητάς τους. Τα «έξυπνα τηλέφωνα» (smartphones) έχουν ενσωματωθεί στην καθημερινότητα των ανθρώπων, οι οποίοι αφιερώνουν όλο και περισσότερο χρόνο στη χρήση τους, για την προσωπική τους ευκολία. Η υλοποίηση «έξυπνων» εφαρμογών είναι ο συνδεδεμένος κρίκος του ανθρώπου με την τεχνολογία. Η διεπαφή χρήστη (User Interface) παίζει σημαντικό ρόλο καθώς ο χρήστης μπορεί να βλέπει στην οθόνη του κάτι απλοϊκό και χρηστικό, ενώ παράλληλα στον πυρήνα του λογισμικού να διενεργούνται πάρα πολλοί υπολογισμοί, χωρίς αυτό να γίνεται αντιληπτό στο χρήστη. Οι υπολογισμοί αυτοί πάντα βασίζονται στα δεδομένα που εισάγονται κατά την χρήση του λογισμικού.

Η ανάπτυξη τέτοιων εφαρμογών πολλές φορές απαιτεί πολύπλοκους υπολογισμούς και αποφάσεις. Οι αποφάσεις αυτές λαμβάνονται μετά από ανάλυση των δεδομένων που εισάγονται στην διεπαφή. Ο χρήστης θέτει τα κριτήρια που είναι απαραίτητα, σύμφωνα με την προσωπική του βαρύτητα, τα οποία θα αναλυθούν από την εφαρμογή. Η διαχείριση βέβαια αυτών των κριτηρίων είναι αρκετά περίπλοκη.

Η χρήση του αλγόριθμου «Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης - Analytical Hierachy Process» (AHP) δίνει τη δυνατότητα να αξιολογεί πολλαπλά κριτήρια κατά ζεύγη, διαφορετικά ή και συγκρουόμενα μεταξύ τους, και να παρουσιάζει ένα συνδυασμό λύσεων του προβλήματος, οι οποίες είναι απλοποιημένες και αποδεκτές. Ο αλγόριθμος Analytical Hierarchy Process (AHP) αναπτύχθηκε από τον T. Saaty (1980,1990, 2001, 2008).

Η τάση της αγοράς καθώς και η συμπεριφορά του πληθυσμού δείχνουν ότι εφαρμογές που διευκολύνουν την καθημερινότητα του χρήστη κερδίζουν ολοένα και μεγαλύτερο ποσοστό στην αγορά. Το λογισμικό πάντα πρέπει να δίνει λύσεις σε υπαρκτά προβλήματα. Η έμπνευση και οι ιδέες των εταιρειών υλοποίησης λογισμικού πρέπει και οφείλουν να είναι ακόρεστες.

Η πίεση της καθημερινότητας του πολίτη στην εργασία του καθώς και τις υποχρεώσεις του, δεν του αφήνει περιθώρια για περιττές μετακινήσεις και χάσιμο χρόνου. Οι περισσότεροι πολίτες για να αγοράσουν τα απαραίτητα προϊόντα για το νοικοκυριό τους, πηγαίνουν στο κοντινότερο supermarket, και μετά από αρκετή ώρα αναζήτησης στους απέραντους διαδρόμους, καταλήγει στο ταμείο. Αν στον χρόνο που είναι απαραίτητος για τις παραπάνω διεργασίες, προσθέσουμε τη μετακίνηση από και προς το κατάστημα και την εύρεση θέσης στάθμευσης του αυτοκινήτου, καταλαβαίνουμε ότι ο πολίτης πρέπει να αφιερώσει αρκετό χρόνο. Πολλές φορές η συγκεκριμένη επίσκεψη αναβάλλεται/μεταφέρεται λόγω έλλειψης χρόνου.

Η εφαρμογή «SmartCart» μπορεί να βοηθήσει τους καταναλωτές, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να αγοράσουν τα προϊόντα που επιθυμούν με «ένα κλικ», όπως λέγεται και είναι κατανοητό από τους περισσότερους χρήστες. Εφόσον επιλέξει τα προϊόντα που επιθυμεί, απολαμβάνει την «έξυπνη» προτεινόμενη λίστα διαδρομών και σημείων εξυπηρέτησης, πάντα ως προς τις δηλωθείσες προτιμήσεις του. Πως θα φαινόταν στον καταναλωτή αν στην διαδρομή της επιστροφής του από το χώρο εργασίας του προς το σπίτι του, είχε τη δυνατότητα να ενσωματώσει τη χρονοβόρα διαδικασία αγορών, κάνοντας μόνο τη στάση για την παραλαβή και φυσικά μειώνοντας δραματικά τη σπατάλη χρόνου που γινόταν στην προηγούμενη κατάσταση;

Από την άλλη πλευρά, οι εταιρείες πώλησης προϊόντων έχουν τη δυνατότητα να αναπτυχθούν στον τομέα της διανομής (delivery) προϊόντων, χωρίς ο πελάτης να εισέλθει στο κατάστημα. Τα προϊόντα που συμπεριλαμβάνονται στην παραγγελία του πελάτη θα συγκεντρώνονται από το προσωπικό και θα πακετάρονται πριν την άφιξη του πελάτη στο κατάστημα. Ο πελάτης θα εισέρχεται με το αυτοκίνητό του στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο παραλαβής, θα ελέγχεται ο κωδικός της παραγγελίας και θα του παραδίδεται άμεσα το πακέτο

του. Η εταιρεία επωφελείται καθώς μπορεί να εξυπηρετήσει πελάτες που μπορεί να μην επισκέπτονταν καθόλου το συγκεκριμένο κατάστημα, να ενσωματώσει ένα έξυπνο και άμεσο τρόπο παραλαβής προϊόντων στις εγκαταστάσεις με τους ατελείωτους διαδρόμους που τώρα λειτουργούν ως «βιτρίνα» των προϊόντων. Επίσης τα μικρότερης εμβέλειας καταστήματα (minimarkets, ψιλικάτζιδικά) έχουν και αυτά τη δυνατότητα να αυξήσουν τις πωλήσεις τους εφόσον ενταχθούν στην υπηρεσία της εφαρμογής SmartCart, καθώς οι πελάτες θα μπορούν να αναζητήσουν τα προϊόντα που επιθυμούν με την ίδια βαρύτητα, ανεξαρτήτως του μεγέθους της επιχείρησης.

Αυτοί είναι οι λόγοι που επιλέχθηκε η υλοποίηση της εφαρμογής «SmartCart».

4. Ανασκόπηση πεδίου

Τα τελευταία χρόνια οι εταιρείες έχουν εντείνει τις προσπάθειές τους για την προβολή τους μέσω των ιστοσελίδων τους. Πολλές από αυτές μάλιστα έχουν ενσωματώσει τις online αγορές για να διευρύνουν το αγοραστικό κοινό τους. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες εταιρειών, όπως είναι τα supermarkets, καταστήματα λιανικού εμπορίου, εταιρείες υπηρεσιών κλπ.

Στον τομέα του λιανικού εμπορίου, βρίσκουμε αρκετά ηλεκτρονικά καταστήματα πλέον όπως είναι το Plaisio (plaisio.gr), MSystems (msystems.gr), Public (public.gr). Υπάρχουν βέβαια πιο έξυπνες ιστοσελίδες που συλλέγουν πληροφορίες από διάφορα καταστήματα και δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να αναζητήσουν τα προϊόντα που επιθυμούν και να συγκρίνουν μεταξύ καταστημάτων τις τιμές, τρόπους πληρωμής κ.α. Παραδείγματα τέτοιων σελίδων είναι της εταιρείας Skrutz (skrutz.gr) και το BestPrice (bestprice.gr), οι οποίες βέβαια έχουν επεκτείνει τις πληροφορίες αναζήτησης σε περισσότερες κατηγορίες προϊόντων.

Για να πλησιάσουμε σε εταιρείες που είναι κοντά στην εφαρμογή SmartCart, τα περισσότερα supermarkets πλέον χρησιμοποιούν τις online παραγγελίες για την αναζήτηση προϊόντων, προσθήκη στο καλάθι και την αποστολή των προϊόντων στο σπίτι του καταναλωτή. Μερικά από αυτά είναι ο AB Βασιλόπουλος (ab.gr), το MyMarket (eshop.mymarket.gr), Κρητικός(kritikos-easy.gr).

Η εφαρμογή SmartCart ενσωματώνει ορισμένα χαρακτηριστικά από τα παραπάνω και επιπλέον δίνει την δυνατότητα να ορίσει ο χρήστης τις προτιμήσεις του σε ορισμένα κριτήρια και η εφαρμογή να συνυπολογίσει τις προτιμήσεις αυτές στα αποτελέσματα που του προτείνει. Ο χρήστης μπορεί να παραλάβει τα προϊόντα από πολλαπλά σημεία, χωρίς καθυστερήσεις, ακολουθώντας την αρχική διαδρομή που έχει δηλώσει ως σημείο εκκίνησης και τερματισμού. Η αναλυτική περιγραφή καθώς και η διαδικασία υπολογισμού των αποτελεσμάτων περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο.

5. Παρουσίαση και χρήση εφαρμογής

5.1 SmartCart

Η εφαρμογή SmartCart είναι συμβατή με τις συσκευές που χρησιμοποιούν Android λειτουργικό σύστημα. Η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να αναζητήσει τα προϊόντα που επιθυμεί να αγοράσει, να επιλέξει την διαδρομή που θέλει να ακολουθήσει και ορισμένες επιπλέον πληροφορίες, η εφαρμογή να προτείνει στο χρήστη τις εναλλακτικές επιλογές που έχει ώστε να πραγματοποιήσει την επιθυμητή αγορά. Τα σημεία συλλογής των προϊόντων της παραγγελίας (αριθμός supermarkets), η συνολική απόσταση που θα διανύσει, ο χρόνος και το κόστος του καλάθιού είναι αλληλεξαρτώμενα, ακολουθώντας πιστά τις προτιμήσεις που δηλώνει ο χρήστης σε ένα συνδυασμό κριτηρίων που θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

5.2 Αρχική οθόνη

Στην αρχική οθόνη της εφαρμογής, υπάρχει διαθέσιμο ένα πεδίο για την αναζήτηση προϊόντων. Ο χρήστης μπορεί να εισάγει την ονομασία του προϊόντος που θέλει να προσθέσει στο καλάθι του. Με την εισαγωγή χαρακτήρων στο πεδίο αναζήτησης, η εφαρμογή πραγματοποιεί αναζήτηση στην Βάση Δεδομένων και εμφανίζει προτεινόμενες ονομασίες προϊόντων που ταιριάζουν με το κείμενο που έχει εισαχθεί. Ο χρήστης επιλέγει από τη λίστα το προϊόν που επιθυμεί και το προσθέτει στο καλάθι. Σε περίπτωση που δεν γνωρίζει την ακριβή ονομασία του προϊόντος, δίνεται η επιλογή προϊόντων μέσω κατηγοριών τροφίμων οι οποίες εμφανίζονται στο κάτω μέρος της οθόνης κατά τη διάρκεια της αναζήτησης. Με την επανάληψη της ίδιας διαδικασίας μπορεί να προσθέσει στο καλάθι περισσότερα του ενός προϊόντα.

Τα καταχωρημένα προϊόντα διαθέτουν πληροφορίες που αφορούν την ονομασία, την περιγραφή του προϊόντος, το βάρος, την τιμή ανά τεμάχιο καθώς και την κατηγορία προϊόντων στην οποία ανήκουν. Για παράδειγμα, το προϊόν μέλι με ονομασία «Μέλι xxxxxxxx» ανήκει στην κατηγορία «Μέλι & Ζάχαρη». Κάθε προϊόν ανήκει οπωσδήποτε σε μια κατηγορία προϊόντων.

Ο χρήστης τοποθετεί τα επιθυμητά προϊόντα στο καλάθι του. Το επόμενο βήμα είναι ο χρήστης να προχωρήσει στο καλάθι και να επιβεβαιώσει τη λίστα που έχει δημιουργήσει. Σε αυτό το σημείο μπορεί να τροποποιήσει τον αριθμό τεμαχίων ανά προϊόν, ή ακόμη και να αφαιρέσει ένα προϊόν από το καλάθι.

5.3 Λογαριασμός χρήστη

Η εφαρμογή ζητά από τον χρήστη να κάνει εγγραφή ώστε να μπορεί να προχωρήσει σε παραγγελία προϊόντων. Ο χρήστης επιλέγει να χρησιμοποιήσει ένα από τους ενεργούς λογαριασμούς που έχει ήδη ρυθμίσει στο κινητό του ή και να προσθέσει νέο λογαριασμό. Εφόσον συνδεθεί με τον προσωπικό του λογαριασμό, έχει τη δυνατότητα να προχωρήσει την παραγγελία με τη λίστα των προϊόντων που έχει επιλέξει στο προσωπικό του καλάθι. Στο επόμενο βήμα ξεκινά ουσιαστικά τα βήματα της συλλογής δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν από την AHP.

5.4 Συλλογή δεδομένων

Σημεία εκκίνησης – τερματισμού: Αρχικά ζητείται να καθοριστούν τα σημεία εκκίνησης και τερματισμού της διαδρομής που θέλει να ακολουθήσει ο χρήστης την ημέρα της παραλαβής. Μπορεί να ορίσει ως θέση εκκίνησης τη θέση που θα είναι την ώρα που θα ξεκινήσει για να παραλάβει την παραγγελία του. Θέση τερματισμού είναι το σημείο που θέλει να τερματιστεί η διαδρομή του. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, να επιλέξει τον εργασιακό του χώρο ως σημείο εκκίνησης και την οδό όπου διαμένει ως σημείο τερματισμού. Τα σημεία εκκίνησης και τερματισμού χρησιμοποιούνται στην διαδικασία επιλογής των διαθέσιμων διαδρομών μέσω των χαρτών της Google.

Ωρα εκκίνησης: Δηλώνεται η επιθυμητή ώρα που θα ξεκινήσει ο χρήστης από το σημείο εκκίνησης.

Μέσο μεταφοράς: Ορίζεται ο τρόπος μετακίνησης, εάν δηλαδή θα χρησιμοποιήσει αυτοκίνητο, πόδια ή ποδήλατο. Η πληροφορία αυτή έχει το ρόλο της καθώς θα συνεκτιμηθεί όταν θα εκτελεστεί η διαδικασία επιλογής των διαδρομών λόγω και του χρόνου που θα απαιτείται για να διανύσει ο χρήστης τη διαδρομή.

Ανεκτικότητα διαδρομής: Δηλώνεται το πόσο επιθυμεί ο χρήστης να απομακρυνθεί από την αρχική του διαδρομή μεταξύ σημείου εκκίνησης και τερματισμού. Η ανεκτικότητα της διαδρομής δέχεται τιμές από 0 ως 10 και δηλώνει την επιθυμία του χρήστη να απομακρυνθεί από την βασική διαδρομή που έχει δηλώσει στο προηγούμενο βήμα. Το 0 ισοδυναμεί με «Επιθυμώ να απομακρυνθώ το ελάχιστο δυνατόν από την αρχική διαδρομή», ενώ το 10 μεταφράζεται «Δεν με ενδιαφέρει αν απομακρυνθώ αρκετά από την αρχική διαδρομή». Με τη χρήση της λειτουργίας `isLocationOnEdge()` των χαρτών της Google σε συνδυασμό με την ανεκτικότητα διαδρομής, έχουμε τη δυνατότητα να αναζητήσουμε αν μία συγκεκριμένη τοποθεσία είναι εντός της διαδρομής που θα ακολουθηθεί. Για να γίνει περισσότερο σαφές αυτό, αν υποθέσουμε ότι η διαδρομή που θα διανύσει ο χρήστης είναι μια ευθεία γραμμή, η λειτουργία `isLocationOnEdge` παράλληλα με την

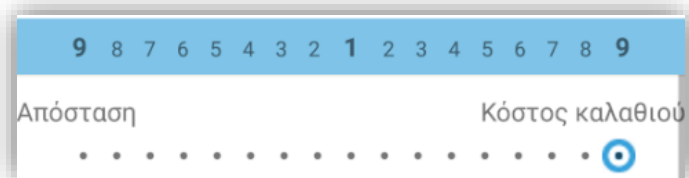
δηλωθείσα ανεκτικότητα της διαδρομής υπολογίζει ποια supermarkets μπορούν να συμπεριληφθούν στη συγκεκριμένη διαδρομή.

Το βασικότερο σημείο της εφαρμογής σε συνδυασμό με τον αλγόριθμο AHP είναι τα κριτήρια που θα δηλώσει ο χρήστης στο τελικό στάδιο της συλλογής πληροφορίας για τις ανάγκες του αλγορίθμου. Τα κριτήρια που έχουν επιλεχθεί είναι τα εξής:

«Απόσταση» – «Ελάχιστος χρόνος» – «Κόστος καλαθιού» – «Ελάχιστος αριθμός supermarkets».

Κάθε κριτήριο θα αναλυθεί παρακάτω. Ο χρήστης θα ορίσει τις προτιμήσεις του για όλους τους συνδυασμούς των ανωτέρω κριτηρίων. Η τιμές για τη βαρύτητα του κάθε συνδυασμού δέχεται τιμές από 9 – 1 – 9. Η τιμή 1 δηλώνει ότι ο χρήστης δεν δηλώνει βαρύτητα μεταξύ των δύο κριτηρίων. Θα ληφθούν υπόψη από τον αλγόριθμο με την ίδια βαρύτητα μεταξύ τους.

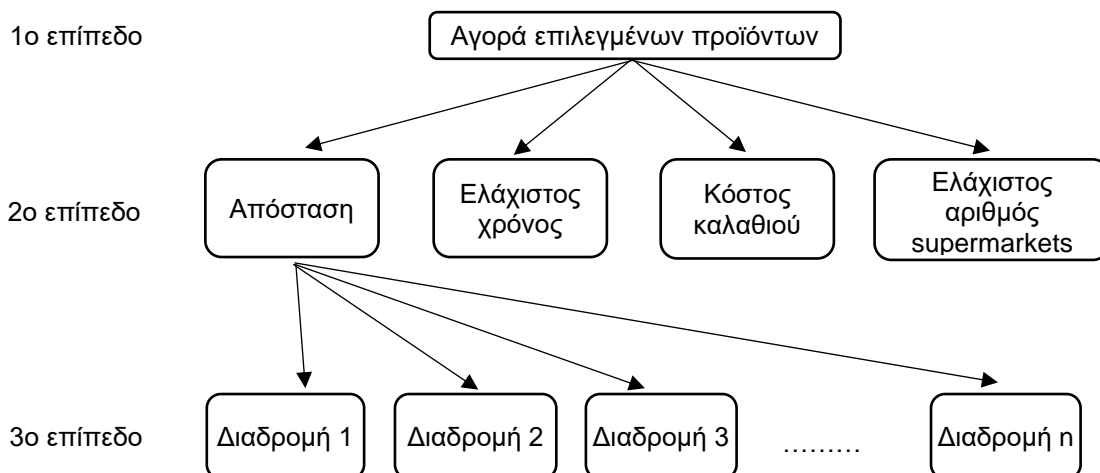
Για παράδειγμα, στο συνδυασμό «Απόσταση» – «Κόστος καλαθιού», ο χρήστης προτιμά με βαρύτητα 9 το ελάχιστο κόστος καλαθιού σε σχέση με την «Απόσταση». Αυτό δηλώνει ότι ο χρήστης επιθυμεί να πραγματοποιήσει την παραγγελία του με το ελάχιστο κόστος του αγοράς, σε σχέση με το κριτήριο «Απόσταση» το οποίο δεν τον ενδιαφέρει καθόλου στο συγκεκριμένο παράδειγμα.



Εικόνα 1 – Παράδειγμα συνδυασμού κριτηρίων

5.5 Συνδυασμοί κριτηρίων αλγορίθμου AHP

Υπάρχουν συγκεκριμένα βήματα που πρέπει να γίνουν ώστε να υλοποιηθεί σωστά ο αλγόριθμος AHP. Αρχικά πρέπει να διασπαστεί το βασικό πρόβλημα σε διαφορετικά επίπεδα, σαν δένδρο. Στο κορυφαίο επίπεδο τοποθετείται πάντα ο στόχος (η λύση του προβλήματος), στο ενδιάμεσο επίπεδο κατατάσσονται τα κριτήρια που θα επιλέξει ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων, και στο κατώτερο επίπεδο συμπεριλαμβάνονται οι επιλογές που προτείνονται. Τα δεδομένα που πρέπει να εισαχθούν στον αλγόριθμο μπορεί να είναι πραγματικές μετρήσεις όπως είναι απόσταση, κόστος, χρόνος κλπ, αλλά και η υποκειμενική γνώμη όπως είναι για παράδειγμα συναισθηματικές επιλογές ή άλλες ατομικές προτιμήσεις. Το αποτέλεσμα του αλγορίθμου είναι οι κλίμακες αναλογίας μεταξύ των κριτηρίων και ο δείκτης συνέπειας, τα οποία αναλύονται παρακάτω.



Η AHP έχει καθιερωθεί ως ένας συνεπής τρόπος μετατροπής των ζευγαριών σύγκρισης σε ένα σύνολο αριθμών που δείχνουν τη σχετική προτεραιότητα του κάθε κριτηρίου.

Στην περίπτωση της εφαρμογής SmartCart, στο ανώτερο επίπεδο τοποθετείται ως στόχος η επιλογή του καλύτερου καλαθιού. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, έχουν χρησιμοποιηθεί τα παρακάτω κριτήρια:

- «Απόσταση»
- «Ελάχιστος χρόνος»
- «Κόστος καλαθιού»
- «Ελάχιστος αριθμός supermarkets»

Τα κριτήρια αυτά σύμφωνα με τον αλγόριθμο, θα δημιουργήσουν ζεύγη όλων των συνδυασμών μεταξύ τους. Στη συνέχεια ζητείται από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να ορίσει την προτίμησή του για κάθε ζεύγος κριτηρίων, απαντώντας στην ερώτηση «Ποιο θεωρείτε πιο σημαντικό μεταξύ των δύο κριτηρίων;». Η βαθμολόγηση σε κάθε ζευγάρι κριτηρίων γίνεται με μία κλίμακα 1-9. Το 9 σημαίνει ότι το συγκεκριμένο κριτήριο θεωρείται απόλυτα σημαντικό σε σχέση με το 2^ο κριτήριο του ζεύγους. Η τιμή 1 δηλώνεται όταν τα κριτήρια του ζεύγους έχουν την ίδια βαρύτητα μεταξύ τους.

Ο συνολικός αριθμός συνδυασμών προκύπτει από τον τύπο:

$$\frac{n(n-1)}{2}$$

όπου n ο αριθμός των κριτηρίων. Στη προκειμένη περίπτωση :

$$\frac{4(4-1)}{2} = 6$$

συνδυασμοί κριτηρίων. Στους συνδυασμούς αυτούς καλείται ο χρήστης να δηλώσει βαρύτητα επιλογής και είναι οι παρακάτω:

- **Απόσταση – Κόστος καλαθιού**

Ο χρήστης δηλώνει την προτίμησή του μεταξύ Απόστασης και Ελάχιστο κόστος καλαθιού. Καλείται να απαντήσει στο ερώτημα αν και κατά πόσο τον ενδιαφέρει να διανύσει τη μικρότερη απόσταση για να συλλέξει την παραγγελία του, θυσιάζοντας πιθανόν το ελάχιστο συνολικό κόστος για την πληρωμή. Αν τον ενδιαφέρει περισσότερο το κόστος του καλαθιού, θα πρέπει να επιλέξει τιμές από το 2-9 ως βαρύτητα του συγκεκριμένου κριτηρίου σε σχέση με το άλλο.

- **Απόσταση – Ελάχιστος χρόνος**

Συνολική απόσταση που θα διανύσει ο χρήστης, ελάχιστος χρόνος ή κάτι ενδιάμεσο; Παρατηρούμε ότι τα κριτήρια στο συγκεκριμένο συνδυασμό είναι εντελώς αντίθετα μεταξύ τους.

Με τον ίδιο τρόπο σκέψης ο χρήστης θα δηλώσει τις προτιμήσεις του και στους υπόλοιπους συνδυασμούς κριτηρίων:

- **Απόσταση – Ελάχιστος αριθμός supermarkets**

Επιθυμεί ο χρήστης να επισκεφθεί τον ελάχιστο δυνατό αριθμό supermarkets ώστε να συλλέξει όλα τα προϊόντα που έχει παραγγείλει; Μήπως η απόσταση δεν είναι τόσο κρίσιμη στο συγκεκριμένο συνδυασμό;

- **Κόστος καλαθιού – Ελάχιστος χρόνος**

Δηλώνει ο χρήστης τη βαρύτητα προτίμησης μεταξύ Κόστος καλαθιού και του συνολικού χρόνου που θα χρειαστεί για την συλλογή των προϊόντων από τα σημεία παραλαβής. Μπορεί να χαμηλώσει όσο είναι εφικτό το συνολικό κόστος χωρίς ο χρόνος να παίζει σημαντικό ρόλο. Μήπως όμως ο συνολικός χρόνος είναι κρίσιμος για τον χρήστη;

- **Κόστος καλαθιού – Ελάχιστος αριθμός supermarkets**

Το κόστος παίζει αρκετές φορές σημαντικό ρόλο στις καθημερινές μας αγορές. Είναι όμως ο χρήστης διατεθειμένος να επισκεφθεί πχ. τρία ή περισσότερα supermarkets για να πετύχει τη χαμηλότερη τιμή στο σύνολο των προϊόντων που έχει επιλέξει προς αγορά; Όλα είναι θέμα επιλογής.

- **Ελάχιστος χρόνος – Ελάχιστος αριθμός supermarkets**

Ο χρήστης μπορεί να δηλώσει την προτίμησή του μεταξύ του συνολικού χρόνου της συλλογής των προϊόντων και τον αριθμό supermarkets που θα χρειαστεί να επισκεφτεί.

Η εφαρμογή εμφανίζει τους παραπάνω συνδυασμούς κριτηρίων συγκεντρωτικά σε μια οθόνη, δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να έχει τη συνολική εικόνα των επιλογών του. Έτσι μπορεί να τροποποιήσει τις προτιμήσεις που μπορεί να έχει δηλώσει σε κάποιο άλλο συνδυασμό κριτηρίων.

Εφόσον ο χρήστης έχει ολοκληρώσει τη δήλωση προτίμησης σε κάθε συνδυασμό κριτηρίων, επιλέγει με ένα click την έναρξη της διαδικασίας αναζήτησης αποτελεσμάτων. Ουσιαστικά την έναρξη εφαρμογής του αλγορίθμου Analytical Hierarchy Process (AHP) για τον υπολογισμό των προτεραιοτήτων μεταξύ των κριτηρίων.

5.6 Εκτέλεση αλγορίθμου AHP

Στον αλγόριθμο AHP πρέπει να καθοριστούν τα εξής: στόχος – κριτήρια – εναλλακτικές προτάσεις.

Στόχος: Η ενσωμάτωση του αλγορίθμου AHP στην εφαρμογή SmartCart έχει ως στόχο την εμφάνιση προτεινόμενων ταξινομημένων διαδρομών σύμφωνα με τις δηλωθείσες προτιμήσεις του χρήστη.

Κριτήρια: Απόσταση - Ελάχιστος χρόνος - Κόστος καλαθιού - Ελάχιστος αριθμός supermarkets

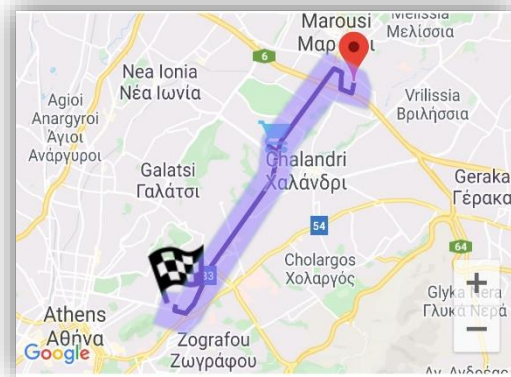
Εναλλακτικές προτάσεις: Η κάθε εναλλακτική πρόταση είναι μία διαδρομή που ενσωματώνει ένα σύνολο σημείων παραλαβής των προϊόντων για τα οποία έχουν ληφθεί υπόψη:

- Καλάθι με τα επιλεγμένα προϊόντα: Η κάθε προτεινόμενη λύση πρέπει να καλύπτει την αγορά του συνόλου των προϊόντων που έχουν επιλεγεί. Εξαιρούνται από τη διαδικασία τα σημεία παραλαβής που δεν έχουν διαθεσιμότητα σε τουλάχιστον ένα προϊόν
- Διαδρομή: Τα σημεία εκκίνησης και τερματισμού, σε συνδυασμό με την ανεκτικότητα της διαδρομής, δημιουργούν τις προτεινόμενες διαδρομές που είναι αποδεκτές σύμφωνα με τα δοθέντα δεδομένα από το χρήστη

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο χρήστης αφού καθορίσει τα σημεία εκκίνησης-τερματισμού, μέσο μεταφοράς και ανεκτικότητα διαδρομής, πρέπει να ορίσει τις προτιμήσεις του στα ζεύγη των κριτηρίων που του δίνονται. Για την ομαλή λειτουργία της εφαρμογής, η εφαρμογή εκμεταλλεύεται το χρόνο που είναι απαραίτητος για τη μελέτη και συμπλήρωση των προτιμητέων κριτηρίων από το χρήστη και πραγματοποιεί ορισμένες διεργασίες στο παρασκήνιο. Διενεργεί μία αναζήτηση στη JSON δομή της Βάση Δεδομένων Firebase που φυλάσσονται οι πληροφορίες των σημείων παραλαβής (supermarkets), και συλλέγει τα supermarkets που διαθέτουν έστω και ένα τεμάχιο

από τα προϊόντα που βρίσκονται στο καλάθι. Σε αυτό το σύνολο supermarkets θα γίνει η περαιτέρω εφαρμογή των κριτηρίων.

Σε αυτό το σημείο, δίνεται εντολή στο Google Directions API να υπολογίσει την αρχική διαδρομή σύμφωνα με τα σημεία εκκίνησης-τερματισμού που έχει δηλώσει ο χρήστης. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η ενσωμάτωση της ανεκτικότητας της διαδρομής. Με αυτή την ενσωμάτωση δημιουργείται στο χάρτη εικονικά ένα πολύγωνο το οποίο ορίζει τα όρια της περιοχής που μπορεί να κινηθεί ο χρήστης χωρίς να ξεπερνάει την δηλωθείσα ανεκτικότητα (Εικόνα 2 – Ανεκτικότητα διαδρομής). Αυτό σημαίνει ότι οι ενδιάμεσοι σταθμοί οφείλουν να βρίσκονται εντός της περιοχής ανεκτικότητας.



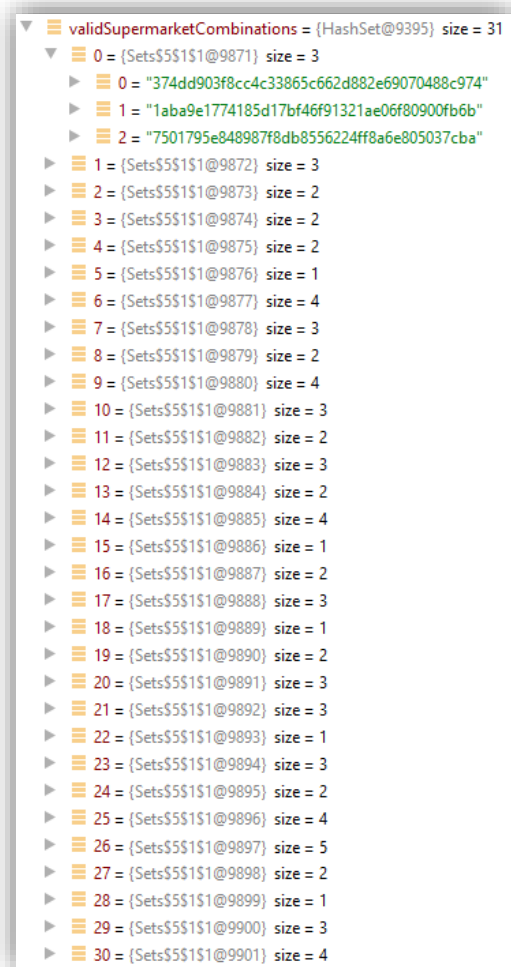
Εικόνα 2 – Ανεκτικότητα διαδρομής

Πραγματοποιείται αναζήτηση στη Βάση Δεδομένων της Firebase για την εύρεση των σημείων παραλαβής (supermarkets) που συμπεριλαμβάνονται στην αποδεκτή περιοχή που έχει προκύψει βάσει της ανεκτικότητας. Δημιουργούνται όλοι οι συνδυασμοί των supermarkets που συμπεριλαμβάνονται στο πολύγωνο ανεκτικότητας της διαδρομής που έχει επιλέξει ο χρήστης. Για κάθε συνδυασμό, συλλέγονται οι πληροφορίες της διαδρομής και υπολογίζονται συνολικά :

- η απόσταση της διαδρομής
- ο χρόνος που θα χρειαστεί για να διανύσει την απόσταση
- το κόστος παραγγελίας
- ο αριθμός supermarkets που θα επισκεφτεί ο χρήστης

Σε κάθε συνδυασμό supermarkets, υπολογίζεται το ποσοστό συμμετοχής των τιμών των κριτηρίων του εκάστοτε supermarket σε σχέση με το σύνολο του κριτηρίου, διαιρώντας την τιμή που έχει σε κάθε κριτήριο το supermarket με την συνολική τιμή του συγκεκριμένου κριτηρίου στον συνδυασμό που ελέγχεται εκείνη τη στιγμή. Για παράδειγμα, για το κριτήριο Κόστος υπολογίζεται:

$$\frac{\text{κόστος}}{\text{συνολικό κόστος καλάθιού}} \\ \text{στο συγκεκριμένο συνδυασμό}$$



Εικόνα 3- Συνδυασμοί αποδεκτών supermarkets

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, έχει ζητηθεί στον χρήστη της εφαρμογής να συμπληρώσει τις προτιμήσεις στα ζεύγη κριτηρίων. Όταν ολοκληρώσει τη διαδικασία, δίνει εντολή για την «Εφαρμογή φίλτρων». Οι τιμές που έχουν οριστεί για κάθε ζεύγος κριτηρίων αποθηκεύονται ώστε να γίνουν οι απαραίτητες μετατροπές. Στην υλοποίηση της εφαρμογής, οι τιμές που λαμβάνονται από τη μπάρα επιλογής τιμής ενός ζεύγους κριτηρίων είναι 0-16. Έχει υλοποιηθεί μία λειτουργία (function) για τη μετατροπή των τιμών κάθε κριτηρίου σύμφωνα με τις δηλωθέντες τιμές του χρήστη, η οποία μετατρέπει τις τιμές σε θετικές ή αρνητικές ανάλογα την προτίμηση. Με την τιμή 1 ο χρήστης δηλώνει ότι δεν έχει προτίμηση σε κάποιο από τα δύο κριτήρια του ζεύγους. Οι τιμές που είναι αποδεκτές μετά τη μετατροπή είναι:

- -9 ως -2
- 1
- 2 ως 9

Ας υποθέσουμε ότι ο χρήστης στο ζεύγος «Απόσταση-Κόστος» επιλέξει προτίμηση 9 για το κριτήριο Απόσταση. Μετά τη μετατροπή των τιμών, η προτίμηση για το κριτήριο «Απόσταση» παραμένει στο 9 ενώ για το κόστος παίρνει αρνητικό βαθμό προτίμησης το -9. Με το αρνητικό πρόσημο δηλώνεται η μη-προτίμηση του συγκεκριμένου κριτηρίου μεταξύ των δύο που ανήκουν στο ζεύγος.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται τέσσερα κριτήρια όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Οι έξι συνδυασμοί απεικονίζονται στην οθόνη του χρήστη όπως φαίνεται στην «Εικόνα 5 – Συνδυασμοί κριτηρίων».

Ας υποθέσουμε ότι έχουν επιλεγθεί οι συγκεκριμένες προτιμήσεις για τα ζεύγη κριτηρίων από τον χρήστη της εφαρμογής. Επειδή έχουμε τέσσερα κριτήρια, δημιουργείται ένας πίνακας 4x4 στον οποίο καταχωρούμε τις προτιμήσεις. Στη διαγώνιο του πίνακα καταχωρείται πάντα η τιμή 1. Για να καταχωρήσουμε τις τιμές πρέπει να ακολουθήσουμε ορισμένους κανόνες:

- Αν η προτίμηση τείνει προς το αριστερό κριτήριο, δηλαδή έχει τιμές 2-9 από το αριστερό κομμάτι του συνδυασμού, τότε εισάγουμε ως έχει την τιμή που έχει επιλεγθεί από τον χρήστη.
- Στην περίπτωση που η προτίμηση του χρήστη βρίσκεται δεξιά από το 1, τότε εισάγουμε την αντίστροφη τιμή.

Εικόνα 4 – Συνδυασμοί κριτηρίων

Πρέπει να σημειωθεί ότι η σειρά καταχώρησης των κριτηρίων στον πίνακα είναι η εξής: Απόσταση, κόστος καλαθιού, ελάχιστος χρόνος, ελάχιστος αριθμός supermarket.

Στο παράδειγμα, στο ζεύγος κριτηρίων «Απόσταση – Κόστος καλαθιού» ο χρήστης έχει δηλώσει προτίμηση στο 2^ο με τιμή 8. Στον πίνακα λοιπόν καταχωρείται η τιμή 1/8 για την προτίμηση του στο κόστος καλαθιού σε σχέση με το άλλο κριτήριο του ζεύγους.

	Απόσταση	Κόστος καλαθιού	Ελάχιστος χρόνος	Ελάχιστος αριθμός supermarkets
Απόσταση	1	1/8	1	1
Κόστος καλαθιού		1	9	9
Ελάχιστος χρόνος			1	1/2
Ελάχιστος αριθμός supermarkets				1

Για να συμπληρώσουμε το κάτω τριγωνικό μέρος του πίνακα, χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$$e_{mn} = \frac{1}{e_{nm}}$$

,όπου e_{mn} το στοιχείο του πίνακα στη γραμμή m και στη στήλη n . Ο τύπος αντιστρέφει την αρχική τιμή του πίνακα και την τοποθετεί στην αντιδιαμετρική θέση του πίνακα. Σημαντικό είναι επίσης ότι όλα τα στοιχεία του πίνακα πρέπει πάντα να είναι θετικά. Διατρέχουμε το άνω δεξί μέρος του πίνακα και κάνοντας χρήση του παραπάνω τύπου, ο πίνακας (**A**) που προκύπτει είναι:

	Απόσταση	Κόστος καλαθιού	Ελάχιστος χρόνος	Ελάχιστος αριθμός supermarkets
Απόσταση	1	1/8	1	1
Κόστος καλαθιού	8	1	9	9
Ελάχιστος χρόνος	1	1/9	1	1/2
Ελάχιστος αριθμός supermarkets	1	1/9	2	1

Πίνακας A

Στον πίνακα αυτό έχουμε συγκεντρωτικά τις τιμές των δηλωθέντων προτιμήσεων του χρήστη για όλα τα ζεύγη κριτηρίων. Το επόμενο βήμα του αλγόριθμου είναι η κανονικοποίηση των τιμών του ανωτέρω πίνακα.

Κανονικοποίηση τιμών

Για κάθε στήλη του πίνακα, υπολογίζουμε το άθροισμα των στοιχείων της. Κάθε στοιχείο της στήλης διαιρείται με το άθροισμα που προέκυψε από τον προηγούμενο υπολογισμό.

	Απόσταση	Κόστος καλαθιού	Ελάχιστος χρόνος	Ελάχιστος αριθμός supermarkets
Απόσταση	1	0.125	1	1
Κόστος καλαθιού	8	1	9	9
Ελάχιστος χρόνος	1	0.1111	1	0.5
Ελάχιστος αριθμός supermarkets	1	0.1111	2	1
Άθροισμα τιμών	11,00	2,47	13,00	11,50

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα στοιχεία κάθε στήλης διαιρούνται με το αντίστοιχο άθροισμα της στήλης:

	Απόσταση	Κόστος καλαθιού	Ελάχιστος χρόνος	Ελάχιστος αριθμός supermarkets
Απόσταση	$\frac{1}{11}$	$\frac{0.125}{2.47}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11.5}$
Κόστος καλαθιού	$\frac{8}{11}$	$\frac{1}{2.47}$	$\frac{9}{13}$	$\frac{9}{11.5}$
Ελάχιστος χρόνος	$\frac{1}{11}$	$\frac{0.1111}{2.47}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{0.5}{11.5}$
Ελάχιστος αριθμός supermarkets	$\frac{1}{11}$	$\frac{0.1111}{2.47}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{1}{11.5}$
Άθροισμα τιμών	11,00	2,47	13,00	11,50

Παρακάτω ο τελικός πίνακας κανονικοποιημένων τιμών κριτηρίων:

	Απόσταση	Κόστος καλαθιού	Ελάχιστος χρόνος	Ελάχιστος αριθμός supermarkets
Απόσταση	0,090909091	0,092785036	0,076923077	0,086956522
Κόστος καλαθιού	0,727272727	0,742280285	0,692307692	0,782608696
Ελάχιστος χρόνος	0,090909091	0,08246734	0,076923077	0,043478261
Ελάχιστος αριθμός supermarkets	0,090909091	0,08246734	0,153846154	0,086956522

Προκύπτει λοιπόν ο παραπάνω πίνακας με τις κανονικοποιημένες τιμές για τα κριτήρια προτιμήσεων του χρήστη. Στη συνέχεια πρέπει να υπολογιστούν το βάρος του κάθε κριτηρίου (criteria weight), βρίσκοντας το μέσο όρο των κανονικοποιημένων τιμών προτιμήσεων.

$$\text{Βάρος Κριτηρίου } w = \frac{a_{11} + a_{12} + a_{13} + a_{14}}{n}$$

$$\text{Απόσταση } (w) = \frac{0,090909091 + 0,092785036 + 0,076923077 + 0,086956522}{4} \\ = \mathbf{0,086893431}$$

$$\text{Κόστος καλαθιού } (w) = \frac{0,727272727 + 0,742280285 + 0,692307692 + 0,782608696}{4} \\ = \mathbf{0,73611735}$$

$$\text{Ελάχιστος χρόνος } (w) = \frac{0,090909091 + 0,08246734 + 0,076923077 + 0,043478261}{4} \\ = \mathbf{0,073444442}$$

$$\text{Αριθμός supermarket } (w) = \frac{0,090909091 + 0,08246734 + 0,153846154 + 0,086956522}{4} \\ = \mathbf{0,103544777}$$

	Απόσταση	Κόστος καλαθιού	Ελάχιστος χρόνος	Ελάχιστος αριθμός supermarkets	Βάρος κριτηρίων (w ₁)
Απόσταση	0,090909091	0,092785036	0,076923077	0,086956522	0,086893431
Κόστος καλαθιού	0,727272727	0,742280285	0,692307692	0,782608696	0,73611735
Ελάχιστος χρόνος	0,090909091	0,08246734	0,076923077	0,043478261	0,073444442
Ελάχιστος αριθμός supermarkets	0,090909091	0,08246734	0,153846154	0,086956522	0,103544777

Πολλαπλασιάζουμε τον πίνακα A με τον εαυτό του και προκύπτει ο πίνακας A². Στον νέο πίνακα επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω βήματα υπολογισμού του W. Όταν δημιουργηθεί ο νέος προσωρινός πίνακας με τα βάρη (W₂), ελέγχουμε αν ισχύει W₁ = W₂. Η επανάληψη αυτή εφαρμόζεται μέχρι να ισχύει W₁ = W₂. Αν ισχύει τερματίζουμε τη διαδικασία επανάληψης των βημάτων και καταχωρούμε τον τελευταίο πίνακα W ως τα τελικά Βάρη των κριτηρίων. Τα βάρη αυτά θα εφαρμοστούν σε επόμενα βήματα του αλγόριθμου ώστε να ταξινομηθούν τα αποτελέσματα σύμφωνα με αυτές.

Στο παράδειγμά μας, μετά την ολοκλήρωση της επανάληψης των υπολογισμών, ο τελικός κανονικοποιημένος πίνακας και τα βάρη των κριτηρίων είναι:

	Απόσταση	Κόστος καλαθιού	Ελάχιστος χρόνος	Ελάχιστος αριθμός supermarkets	Βάρος κριτηρίων (w)
Απόσταση	0,087007326	0,087007326	0,087007326	0,087007326	0,087007326
Κόστος καλαθιού	0,738911195	0,738911195	0,738911195	0,738911195	0,738911195
Ελάχιστος χρόνος	0,071902632	0,071902632	0,071902632	0,071902632	0,071902632
Ελάχιστος αριθμός supermarkets	0,102178847	0,102178847	0,102178847	0,102178847	0,102178847

Έλεγχος συνέπειας

Εφόσον έχει υπολογιστεί το τελικό βάρος κάθε κριτηρίου, μπορούμε να προχωρήσουμε στον έλεγχο συνέπειας του αρχικού πίνακα κριτηρίων προτίμησης που μας έχει υποβάλει ο χρήστης. Πρέπει να ελεγχθεί ότι τα βάρη που υπολογίστηκαν για κάθε κριτήριο είναι εντός των περιθωρίων ασυνέπειας σύμφωνα με τον αλγόριθμο AHP, ώστε τα βάρη να θεωρούνται αξιόπιστα. Αρχικά πολλαπλασιάζουμε τα βάρη των κριτηρίων με τον αρχικό πίνακα των κριτηρίων προτιμήσεων που δήλωσε ο χρήστης.

A * W

	Απόσταση	Κόστος καλαθιού	Ελάχιστος χρόνος	Ελάχιστος αριθμός supermarkets
Απόσταση	1 * 0,087007326	0.125 * 0,738911195	1 * 0,071902632	1 * 0,102178847
Κόστος καλαθιού	8 * 0,087007326	1 * 0,738911195	9 * 0,071902632	9 * 0,102178847
Ελάχιστος χρόνος	1 * 0,087007326	0.1111 * 0,738911195	1 * 0,071902632	0.5 * 0,102178847
Ελάχιστος αριθμός supermarkets	1 * 0,087007326	0.1111 * 0,738911195	2 * 0,071902632	1 * 0,102178847
Βάρη κριτηρίων (w)	0,087007326	0,738911195	0,071902632	0,102178847

	Απόσταση	Κόστος καλαθιού	Ελάχιστος χρόνος	Ελάχιστος αριθμός supermarkets	Άθροισμα βαρών κριτηρίου
Απόσταση	0,087007326	0,092363899	0,071902632	0,102178847	0,353452704
Κόστος καλαθιού	0,696058605	0,738911195	0,647123692	0,919609621	3,001703113
Ελάχιστος χρόνος	0,087007326	0,082093034	0,071902632	0,051089423	0,292092415
Ελάχιστος αριθμός supermarkets	0,087007326	0,082093034	0,143805265	0,102178847	0,415084471

Αθροίζουμε τις τιμές κάθε γραμμής ώστε να υπολογίσουμε το σύνολο του βάρους του κάθε κριτηρίου, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της αναλογίας μεταξύ των αθροισμάτων των βαρών και των βαρών κάθε κριτηρίου.

$$\text{Ratio} = \frac{\text{weighted sum}}{\text{criteria weights}}$$

	Αναλογία αθροίσματος βαρών κριτηρίων προς βάρος κριτηρίου (Ratio)
Απόσταση	$\frac{0,353452704}{0,087007326} = 4,062332682192762$
Κόστος καλαθιού	$\frac{3,292092415}{0,738911195} = 4,455328918111736$
Ελάχιστος χρόνος	$\frac{0,293892899}{0,071902632} = 4,08737331061817$
Ελάχιστος αριθμός supermarkets	$\frac{0,415084471}{0,102178847} = 4,062332695924823$

Για να μπορούμε στη συνέχεια να υπολογιστούν ο Δείκτης Συνέπειας (Consistency Index CI) και η Αναλογία Συνέπειας (Consistency Ratio CR), το επόμενο βήμα είναι να υπολογίσουμε το λ_{max} σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$\lambda_{max} = \frac{\text{Sum ratios}}{n}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{max} &= \frac{4,062332682192762 + 4,455328918111736 + 4,08737331061817 + 4,062332695924823}{4} \\ &= 4,166841901711873 \end{aligned}$$

$$\text{Consistency Index CI} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$= \frac{4,166841901711873 - 4}{4 - 1} = \frac{0,166841901711873}{3} = 0,055613967237291$$

Το ACI είναι ο δείκτης συνέπειας για μεγάλο αριθμό συγκρίσεων ισοτιμίας. Η τιμή ACI εξαρτάται από τον αριθμό των κριτηρίων απόφασης, στην προκειμένη περίπτωση $n = 4$, και παρέχεται από τον παρακάτω πίνακα:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACI	0.00	0.00	0.59	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

$$\text{Consistency Ratio CR} = \frac{CI}{ACI} = \frac{0,055613967237291}{0.90} = 0,0617932969303233$$

Σύμφωνα με τον Saaty (1980), αν ο δείκτης Αναλογίας Συνέπειας CR είναι <0.10 τότε θεωρείται αποδεκτός. Οπότε και οι τιμές των σχετικών προτεραιοτήτων θεωρούνται συνεπείς. Εάν ο CR έχει τιμή μεγαλύτερη από 0.10, τότε θα πρέπει ο αρχικός πίνακας A των κριτηρίων να επανεκτιμηθεί.

Έχοντας ολοκληρώσει τον έλεγχο συνέπειας, προχωρούμε στο τελικό βήμα που είναι να εφαρμόσουμε το τελικό δάνυσμα Eigen με τον πίνακα που περιέχει όλους τους συνδυασμούς των supermarkets που συμπεριλαμβάνονται στο πολύγωνο ανεκτικότητας της διαδρομής που έχει επιλέξει ο χρήστης. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούμε ένα νέο πίνακα (Εικόνα 6 - Eigen συνδυασμών), ο οποίος περιέχει τις τιμές Eigen για κάθε συνδυασμό. Από τον αρχικό πίνακα των συνδυασμών των supermarkets, συμπληρώνονται τα κλειδιά (id) των συνδυασμών ώστε να υπάρχει πλήρης αντιστοίχιση συνδυασμού – τιμές Eigen.

```
mapSupermarketCombinationsOrderedByEigen = {LinkedHashMap@9890}
  ▶ "0.37654656410285026" -> {Double@9980} 0.020842075658341248
  ▶ "0.7790774560607067" -> {Double@9982} 0.020849382194379967
  ▶ "0.8922975003847443" -> {Double@9984} 0.02146547008305788
  ▶ "0.383174921368283" -> {Double@9986} 0.021472776774317026
  ▶ "0.052223698511367656" -> {Double@9988} 0.02163683281590541
  ▶ "0.49973464581999916" -> {Double@9990} 0.02170206249381105
  ▶ "0.9099607252217106" -> {Double@9992} 0.021707615194221336
  ▶ "0.5935903789475682" -> {Double@9994} 0.021709367788086333
  ▶ "0.766251372994985" -> {Double@9996} 0.021878974977880716
  ▶ "0.5319140384951795" -> {Double@9998} 0.02192715710649888
  ▶ "0.40711522341856854" -> {Double@10000} 0.022267597261816263
  ▶ "0.9648206141510588" -> {Double@10002} 0.02227490395307541
  ▶ "0.057563409757299566" -> {Double@10004} 0.0224559442140162
  ▶ "0.9191049445869965" -> {Double@10006} 0.02279628627002239
  ▶ "0.41332188032328976" -> {Double@10008} 0.022803591564297673
  ▶ "0.2716930167659609" -> {Double@10010} 0.02289307319248716
  ▶ "0.043754810713611425" -> {Double@10012} 0.02293385503192743
  ▶ "0.7263994451182005" -> {Double@10014} 0.02315306259940068
  ▶ "0.3531287650145676" -> {Double@10016} 0.0232177902944386
  ▶ "0.10509727067198571" -> {Double@10018} 0.023347453602279227
  ▶ "0.9595817216109389" -> {Double@10020} 0.023509745641301077
  ▶ "0.37101572713581954" -> {Double@10022} 0.023708616228153307
  ▶ "0.9188626093851622" -> {Double@10024} 0.025067845825105902
  ▶ "0.7749458039791055" -> {Double@10026} 0.025075519767900307
```

Εικόνα 7 - Ταξινόμηση συνδυασμών σύμφωνα με Eigen

```
matrixSupermarketCombinationsEigenCalculated
  A = {double[40][1]@9541}
  0 = {double[1]@9543}
    0 = 0.026197901281426548
  1 = {double[1]@9544}
    0 = 0.02415383832430114
  2 = {double[1]@9545}
    0 = 0.024276160565770928
  3 = {double[1]@9546}
    0 = 0.02554529357122421
  4 = {double[1]@9547}
    0 = 0.032528943313345965
  5 = {double[1]@9548}
    0 = 0.026239284274892298
  6 = {double[1]@9549}
  7 = {double[1]@9550}
  8 = {double[1]@9551}
  9 = {double[1]@9552}
  10 = {double[1]@9553}
  11 = {double[1]@9554}
  12 = {double[1]@9555}
  13 = {double[1]@9556}
  14 = {double[1]@9557}
  15 = {double[1]@9558}
  16 = {double[1]@9559}
```

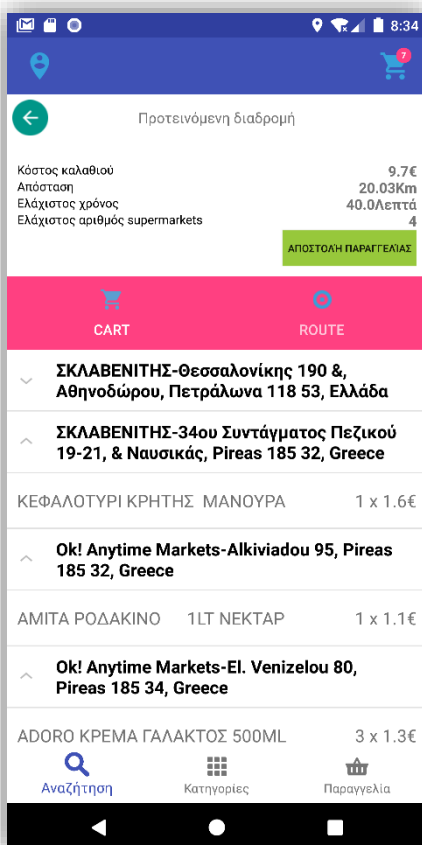
Εικόνα 6 - Eigen συνδυασμών

Ο τελικός αυτός πίνακας ταξινομείται σύμφωνα με την τιμή Eigen και προβάλλεται στο χρήστη ως τελικό αποτέλεσμα.

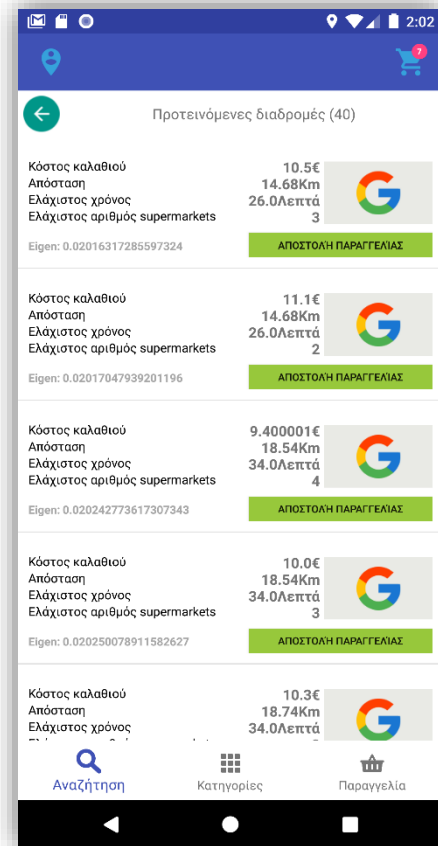
5.7 Παρουσίαση αποτελεσμάτων στο χρήστη

Ο αλγόριθμος έχει λάβει υπόψη όλα τα κριτήρια που έχει δηλώσει ο χρήστης. Η εφαρμογή SmartCart αποτυπώνει σε μία ταξινομημένη λίστα (Εικόνα 8), σύμφωνα με το αποτέλεσμα του αλγορίθμου, τις προτεινόμενες διαδρομές για την παραλαβή των προϊόντων που βρίσκονται στο καλάθι. Στη λίστα αυτή εμφανίζονται συνοπτικά οι πληροφορίες για το συνολικό κόστος των επιλεγμένων προϊόντων, η συνολική απόσταση της διαδρομής, ο χρόνος που θα χρειαστεί και ο αριθμός των supermarkets που θα επισκεφθεί.

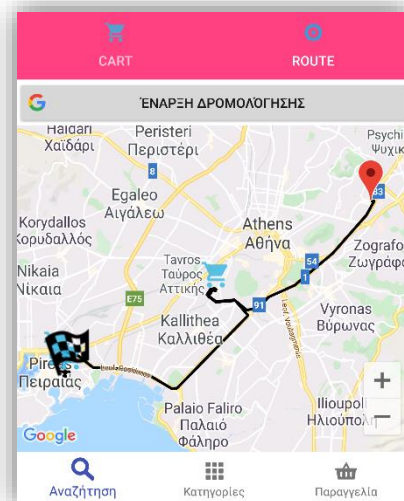
Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει καθένα από τα ανωτέρω αποτελέσματα και να δει λεπτομερείς πληροφορίες για τη διαδρομή που θα ακολουθήσει (Εικόνα 9), το όνομα του supermarket και τη διεύθυνσή του, ποια προϊόντα θα παραλάβει από κάθε supermarket. Η διαδρομή αποτυπώνεται και σε χάρτη για μεγαλύτερη κατανόηση της διαδρομής (Εικόνα 10), στον οποίο εμφανίζονται τα σημεία εκκίνησης, τερματισμού και τα ενδιάμεσα σημεία παραλαβής προϊόντων (supermarkets).



Εικόνα 9 - Λεπτομέρειες διαδρομής



Εικόνα 8 - Προτεινόμενες διαδρομές



Εικόνα 10 - Χάρτης διαδρομής

5.8 Καταχώρηση παραγγελίας – Ενημέρωση supermarket

Εφόσον ο χρήστης πάρει την τελική του απόφαση και επιλέξει μία από τις προτεινόμενες διαδρομές, επιλέγει «Αποστολή παραγγελίας», και πραγματοποιεί την πληρωμή του καλαθιού. Η παραγγελία του καταχωρείται στο κεντρικό σύστημα και να ενημερώνονται τα αντίστοιχα supermarkets που συμπεριλαμβάνονται στο επιλεγμένο αποτέλεσμα. Να σημειωθεί ότι η διαδικασία των πληρωμών (μέσω πιστωτικής/χρεωστικής κάρτας) δεν έχει υλοποιηθεί στην παρούσα φάση καθώς δεν επηρεάζει την υλοποίηση και τα αποτελέσματα του αλγόριθμου AHP.

Σε κάθε παραγγελία συμπεριλαμβάνονται τα προϊόντα καθώς και οι πληροφορίες που ζητήθηκαν αρχικά να συμπληρώσει ο χρήστης, όπως είναι η ώρα, τρόπος μετακίνησης, ανεκτικότητα. Πλησιάζοντας την ώρα που έχει δηλωθεί στην αρχή, ο χρήστης μπορεί να ανοίξει την παραγγελία του, να δει ξανά τις πληροφορίες με τα σημεία παραλαβής και να εκκινήσει την δρομολόγηση μέσω του GoogleMaps. Να υπενθυμίσουμε ότι τα σημεία παραλαβής είναι εμφανή επάνω στον χάρτη.

Βέβαια πρέπει να αναφερθεί ότι τα supermarkets θα είναι εφοδιασμένα με την αντίστοιχη εφαρμογή «SmartCart Supermarkets». Η συγκεκριμένη εφαρμογή έχει υλοποιηθεί, για την διευκόλυνση του ελέγχου της συνολικής λειτουργίας του project SmartCart. Το κάθε supermarket θα ενημερώνεται κεντρικά για τις παραγγελίες και τα προϊόντα που το αφορούν για κάθε μία. Η διαδικασία είναι αρκετά απλή. Ο υπάλληλος που θα είναι υπεύθυνος για τις online παραγγελίες μέσω SmartCart, θα βλέπει ότι πχ. μία παραγγελία έχει ως ώρα εκκίνησης στις 17:00. Ο υπάλληλος λαμβάνει ενημέρωση από την εφαρμογή 15 λεπτά πριν ώστε να έχει το χρόνο να ετοιμάσει τα πράγματα του πελάτη. Εφόσον έχει ετοιμάσει τη συγκεκριμένη παραγγελία, δίνεται η δυνατότητα να δηλώσει «κατάσταση» της παραγγελίας ότι η παραγγελία είναι «έτοιμη». Ο πελάτης ενημερώνεται αυτομάτως για την κατάσταση της παραγγελίας του. Όταν ο πελάτης πλησιάζει σε απόσταση < 1km, ο υπάλληλος του supermarket λαμβάνει ενημερωτική ειδοποίηση στην εφαρμογή. Πηγαίνει τα προϊόντα του πελάτη στο σημείο παραλαβής και τα παραδίδει σε αυτόν, επιβεβαιώνοντας τον κωδικό παραγγελίας.

Ο τελικός στόχος της εφαρμογής SmartCart έχει ολοκληρωθεί. Ο χρήστης (πελάτης) απλά και εύκολα μπορεί να επιλέξει τα προϊόντα που τον ενδιαφέρουν και να πραγματοποιήσει τις αγορές του, χωρίς καν να εισέλθει εντός του supermarket. Ελάχιστος χρόνος στην επιλογή προϊόντων, άμεσα προτεινόμενα σημεία αγοράς, σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη. Μία εφαρμογή που εξοικονομεί χρόνο μόνο με τη χρήση της. Και όπως είναι γνωστό, ο χρόνος είναι χρήμα.

6. Αρχιτεκτονική συστήματος

6.1 Εργαλεία προγραμματισμού

Η υλοποίηση της Android εφαρμογής πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Android Studio, το οποίο είναι το επίσημο ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (Integrated Development Environment IDE) για εφαρμογές Android. Παρέχει βοηθητικά εργαλεία για τη διευκόλυνση των προγραμματιστών όπως εργαλεία για τη δοκιμή του κώδικα, χωρίς να χρειάζεται επανεκκίνηση της εφαρμογής. Το βασικό του πλεονέκτημα είναι ο ενσωματωμένος εξομοιωτής κινητού τηλεφώνου που δίνει την ακριβή εικόνα της εφαρμογής όπως αυτή θα εμφανίζεται στην συσκευή. Υπάρχει δυνατότητα επιλογής μεταξύ αρκετών κινητών τηλεφώνων ή και tablets της αγοράς ώστε να είναι εύκολος ο έλεγχος ποιότητας, ομαλής λειτουργίας και συμβατότητας με αρκετές συσκευές.

Ο προγραμματισμός της εφαρμογής SmartCart έχει πραγματοποιηθεί σε γλώσσα προγραμματισμού JAVA, η οποία ενσωματώνεται στο Android Studio. Πρόκειται για μια γλώσσα προγραμματισμού γενικού σκοπού που επιτρέπει στους προγραμματιστές εφαρμογών να γράφουν κώδικα με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να εκτελεστεί σε οποιαδήποτε πλατφόρμα την υποστηρίζει.

Το Google Directions API χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των προτεινόμενων διαδρομών λαμβάνοντας υπόψη τους συνδυασμούς των ενδιάμεσων στάσεων που πρέπει να γίνουν για την παραλαβή των προϊόντων.

Το Google Geometry API δίνει τη λύση με την ρουτίνα `isLocationOnEdge` (`google.maps.geometry.poly.isLocationOnEdge`) η οποία δημιουργεί ένα πολύγωνο το οποίο ορίζει το χώρο που συμπεριλαμβάνεται στην εκάστοτε διαδρομή και υπολογίζει αν ένα σημείο του χάρτη είναι στα άκρα του πολυγώνου ή εντός αυτού. Η διαδικασία του αλγόριθμου AHP απαιτεί τον έλεγχο όλων των σημείων παραλαβής (supermarkets) για την επιβεβαίωση ότι είναι εντός των περιθωρίων ανεκτικότητας της διαδρομής που θα ακολουθήσει. Το φιλτράρισμα των σημείων παραλαβής είναι απαραίτητο ώστε να μειωθούν τα σημεία που εξετάζονται και να είναι γρηγορότερη η επεξεργασία των δεδομένων της διαδρομής.

Τα εργαλεία Google Maps και MapBox Sdk χρησιμοποιήθηκαν για τη λειτουργία της δρομολόγησης της διαδρομής. Ο χρήστης ενεργοποιώντας τη δρομολόγηση διαδρομής, προωθείται στους χάρτες της Google και λαμβάνει οδηγίες για την διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσει.

6.2 Βάση Δεδομένων

Το SmartCart χρησιμοποιεί ως Βάση Δεδομένων την υπηρεσία Firebase της εταιρείας Google. Η Firebase προτείνεται για την υλοποίηση Android και web εφαρμογών, η οποία βρίσκεται στο Cloud της Google. Μέσω της Firebase απλοποιείται η διαδικασία ταυτοποίησης των χρηστών (μέσω Gmail), καθώς η εφαρμογή συνδέεται απευθείας με το λογαριασμό που έχει δημιουργηθεί στις ρυθμίσεις της συσκευής. Η αποθήκευση/ανάκτηση των πληροφοριών γίνεται με πολύ μεγάλη ταχύτητα. Η δυνατότητα τροποποίησης δεδομένων στη Βάση Δεδομένων και όλοι οι χρήστες να λάβουν τα ενημερωμένα δεδομένα μέσα σε πραγματικό χρόνο (κλάσματα δευτερολέπτου) χωρίς δική τους παρέμβαση, είναι βασικό πλεονέκτημα και ήταν από τους κύριους λόγους που επιλέχθηκε για το SmartCart.

7. Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις

Ο αλγόριθμος AHP προσπαθεί να ερμηνεύσει τις προτιμήσεις που ορίζει ο χρήστης της εφαρμογής SmartCart, και να τις συνυπολογίσει στην ταξινόμηση των προτεινόμενων επιλογών που θα του προσφέρει ως απάντηση. Πάντα βέβαια υπάρχει μία μικρή πιθανότητα η προτεινόμενη λίστα συνδυασμών να αποκλίνει λίγο από τις προτιμήσεις του χρήστη, αν και αυτό θεωρείται αποδεκτό από ένα βοηθητικό εργαλείο λήψης αποφάσεων. Σκοπός του εργαλείου είναι να μελετήσει τις προτιμήσεις που δηλώνονται, να αποφασίσει και να προτείνει στο χρήστη μία λίστα με διαδρομές επίσκεψης στα καταστήματα, οι οποίες να είναι αποδεκτές από αυτόν.

Λόγω των έξυπνων κινητών συσκευών (smartphones ή tablets), η εφαρμογή μπορεί να είναι διαθέσιμη σε όλους. Η ευκολία στη χρήση της και η μείωση του συνολικού χρόνου αγοράς και παραλαβής των προϊόντων είναι ένα από τα προτερήματα της εφαρμογής SmartCart. Οι επιχειρήσεις μικρές και μεγάλες, έχουν τη δυνατότητα μέσω της εφαρμογής αυτής να προωθήσουν τα προϊόντα τους χωρίς να λαμβάνεται υπόψη από τον αλγόριθμο το brand-name της επιχείρησης ή οποιοσδήποτε άλλος παράγοντας που θα μπορούσε να επηρεάσει το αποτέλεσμα προς το χρήστη. Πάντα τα κριτήρια προτιμήσεων του χρήστη είναι αυτά που έχουν τη μεγαλύτερη βαρύτητα και καθορίζουν την τελική λίστα προτάσεων της εφαρμογής SmartCart.

Με τη χρήση της Βάσης Δεδομένων NoSQL της Firebase, η εμπειρία της εφαρμογής SmartCart μεταφέρεται σε άλλο επίπεδο, καθώς η Firebase έχει ενσωματωμένες διαδικασίες που επιτρέπουν τον συγχρονισμό των δεδομένων προς τις κινητές συσκευές σε πραγματικό χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι οι τροποποιήσεις των προϊόντων ως προς τις τιμές τους και τη διαθεσιμότητά τους, καθώς και η προσθήκη νέων συμβεβλημένων επιχειρήσεων, θα εμφανίζονται άμεσα στον πελάτη.

Ο βασικός περιορισμός της εφαρμογής είναι ότι υποστηρίζει μόνο συσκευές με Android λειτουργικό σύστημα v26+. Δεν καλύπτει τους χρήστες άλλων λειτουργικών συστημάτων όπως iOS, Windows10, ChromeOS κλπ.

7.1 Επεκτάσεις – Βελτιώσεις

Η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να επιδέχεται βελτιώσεις και αναβαθμίσεις. Για την ανάπτυξη της εφαρμογής για την παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή έγιναν ορισμένες υποχωρήσεις - παραδοχές, οι οποίες αναφέρονται παρακάτω.

Στον τομέα των δεδομένων, συλλέχθηκαν τυχαία προϊόντα με ορισμένα χαρακτηριστικά που εξυπηρετούσαν την παρούσα φάση υλοποίησης. Έχουν αποθηκευτεί στην Βάση Δεδομένων της Firebase με τη σωστή δομή. Αν θέλαμε να επεκτείνουμε την ΒΔ των προϊόντων, μία επιλογή θα ήταν η επικοινωνία με τα καταστήματα ώστε να γίνει απευθείας σύνδεση της ΒΔ του SmartCart με κάποιο streaming data connection. Είναι απαραίτητη η υλοποίηση διαδικασίας μετατροπής των δεδομένων σε JSON μορφή ώστε να εισάγονται αυτόματα στην Firebase. Με αυτό τον τρόπο θα εμπλουτιζόταν εκθετικά η διαθέσιμη λίστα προϊόντων προς τους πελάτες και φυσικά θα γινόταν απευθείας από το κατάστημα η ενημέρωση για τα χαρακτηριστικά των προϊόντων.

Στον τομέα της απόδοσης της εφαρμογής, πιθανόν μελλοντικά να χρειαστεί τροποποιήσεις στον κώδικα ώστε να βελτιωθούν οι απαιτήσεις σε CPU και μνήμη, λόγω του αυξανόμενου όγκου των δεδομένων που θα διαχειρίζεται. Η χρήση μνήμης κατά την πλήρη λειτουργία της εφαρμογής χρησιμοποιεί 5-10% της επεξεργαστικής ισχύς και 200-250MB μνήμης στην android κινητή συσκευή. Τα παραπάνω στοιχεία προέρχονται από δοκιμή που πραγματοποιήθηκε μέσω Android emulator σε κινητό Pixel2XL.

Το σύστημα των push notifications που είναι διαθέσιμο ώστε να ενημερώνει το χρήστη για διάφορες πληροφορίες (πχ. για την κατάσταση της παραγγελίας του πελάτη), θα μπορούσε να βελτιωθεί με την προσθήκη επιλογής για αποστολή ενημερωτικών SMS, ώστε να έχει ενημέρωση όχι μόνο εντός εφαρμογής.

Με την ενσωμάτωση των live δεδομένων από τα καταστήματα, ένα επιπλέον χαρακτηριστικό που θα μπορούσε να ενσωματωθεί είναι ένα σύστημα αξιολόγησης των καταστημάτων ως προς τις υπηρεσίες τους σε σχέση με το SmartCart (καθυστερήσεις στην παράδοση, εξυπηρέτηση προσωπικού κλπ).

Όπως αναφέρθηκε στην περιγραφή της εφαρμογής, το σύστημα πληρωμών δεν έχει υλοποιηθεί. Θα χρειαστεί να γίνει η απαραίτητη επικοινωνία με τις τράπεζες, να γίνει επέκταση στο User Interface (UI) καθώς και να ενσωματωθούν οι λειτουργίες πληρωμών σύμφωνα με τις απαιτήσεις του API της εκάστοτε τράπεζας.

Για την ολότητα της εφαρμογής SmartCart, ένα σύστημα υποστήριξης με tickets θα έδινε στον πελάτη τη δυνατότητα να δηλώσει άμεσα προβλήματα στη λειτουργία της εφαρμογής, ή ακόμα και προβλήματα στο σύστημα παραγγελιών.

8. Βιβλιογραφία

Saaty Thomas L. (1980): The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation

Saaty Thomas L. (1986): Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process.

Saaty Thomas L. (1990): How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process

Saaty Thomas L. (2001): Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary

Saaty Thomas L. (2008): Decision making with the analytic hierarchy process

Firestore database:

<https://firebase.google.com/docs/database/android/structure-data>

Google Geometry:

<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/geometry>

Google Directions:

<https://cloud.google.com/maps-platform/routes>

Google Maps:

<https://cloud.google.com/maps-platform/maps>

Java:

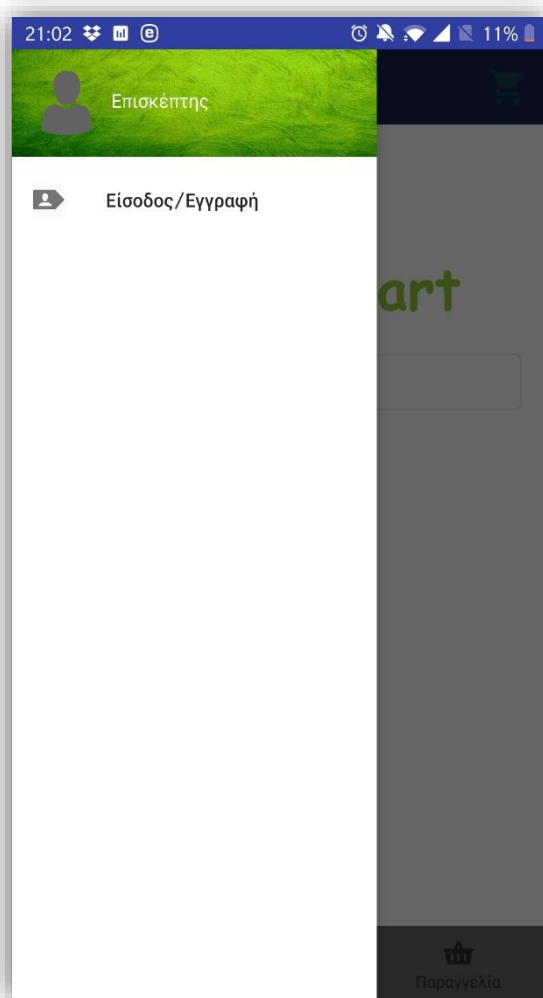
<https://www.oracle.com/java/technologies/>

Mapbox SDK:

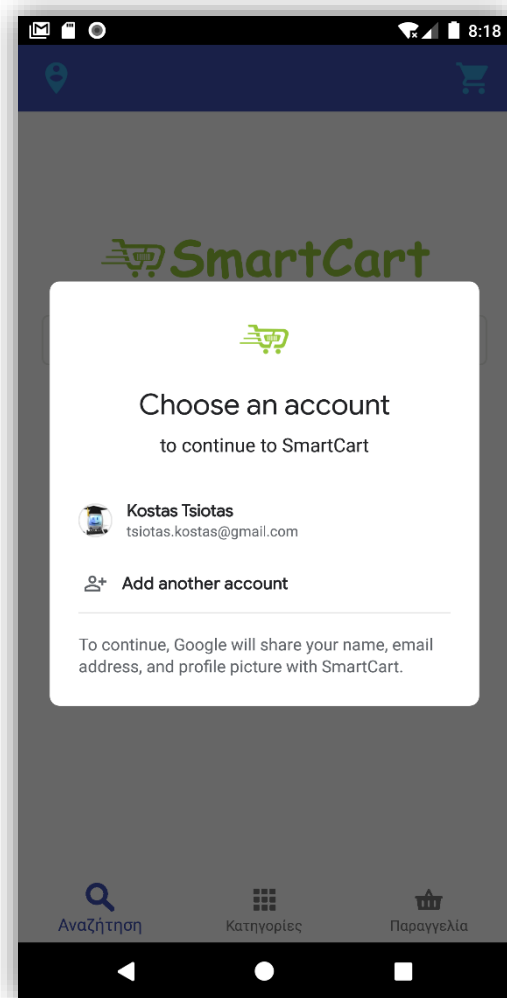
<https://docs.mapbox.com/android/maps/overview/>

9. Παραρτήματα

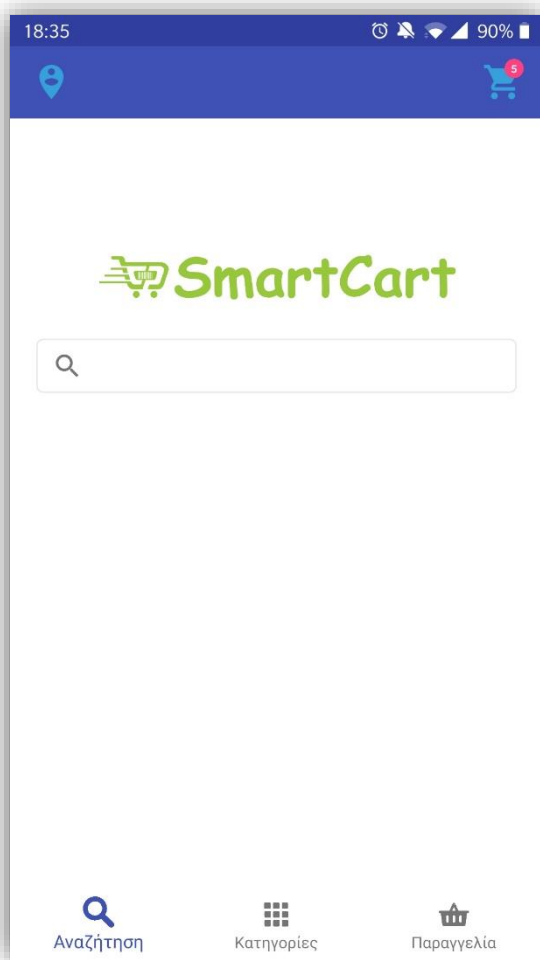
9.1 Εικόνες



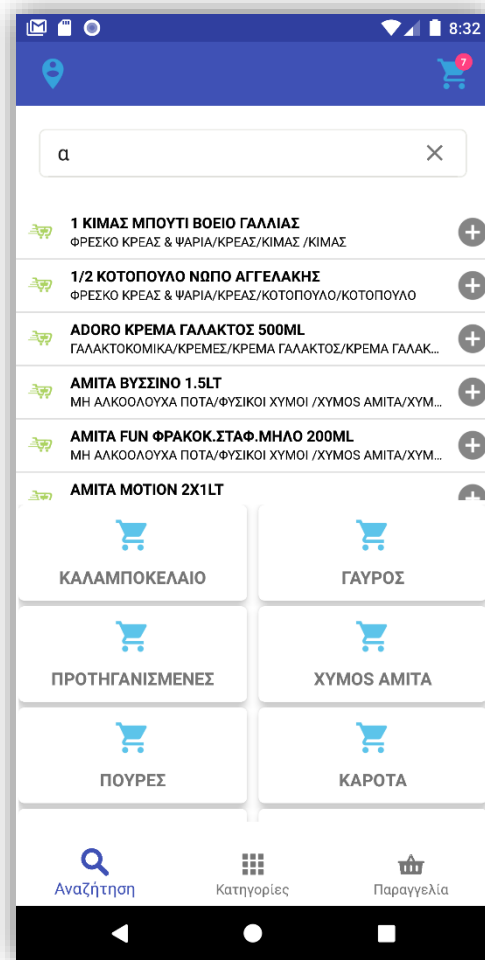
Εικόνα 11 – Σύνδεση στο σύστημα



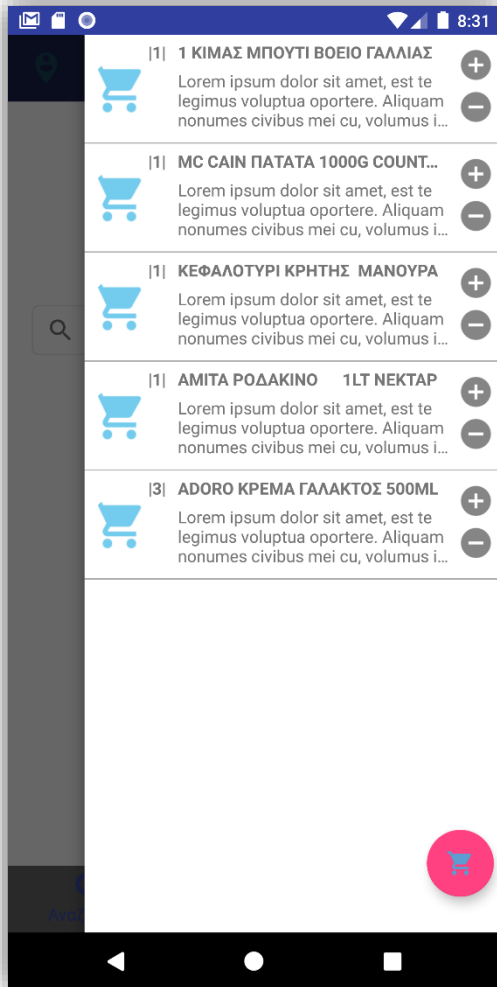
Εικόνα 12 - Επιλογή λογαριασμού



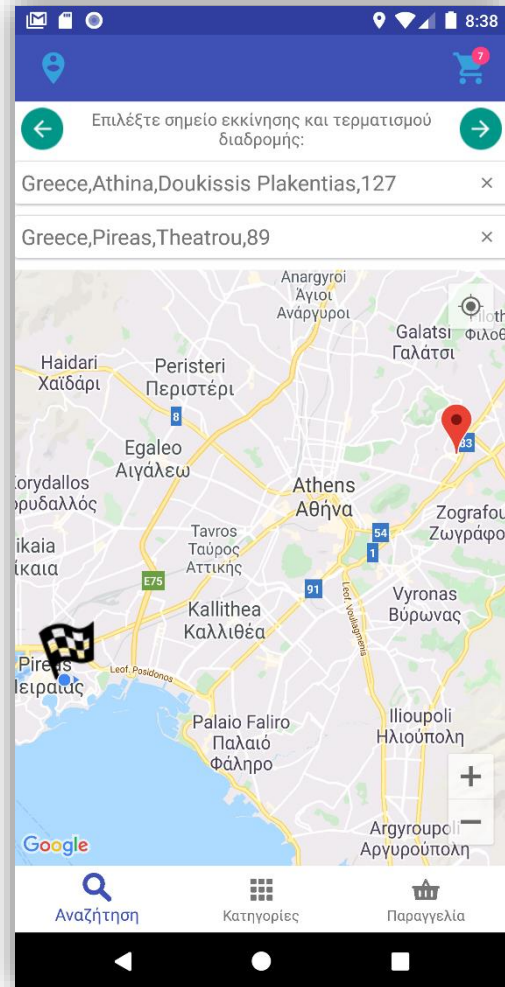
Εικόνα 13 - Αρχική σελίδα αναζήτησης



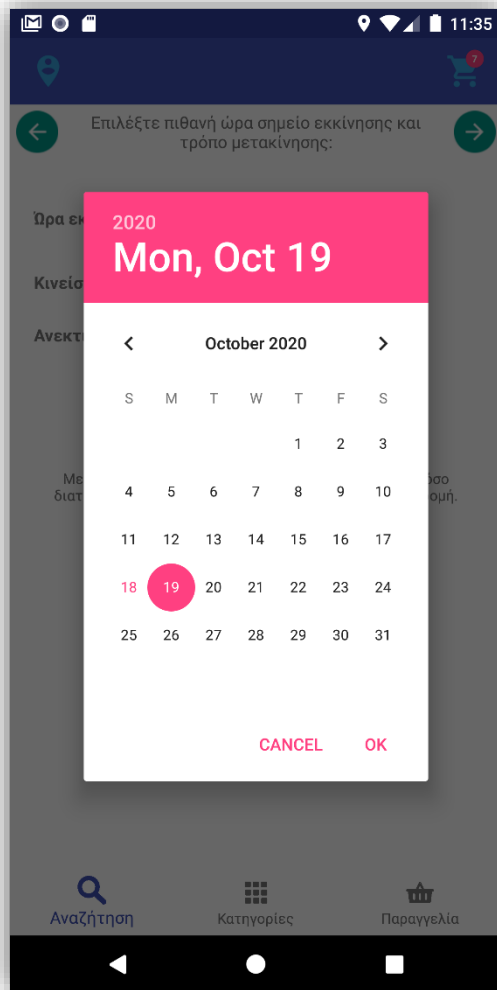
Εικόνα 14 - Αναζήτηση προϊόντων



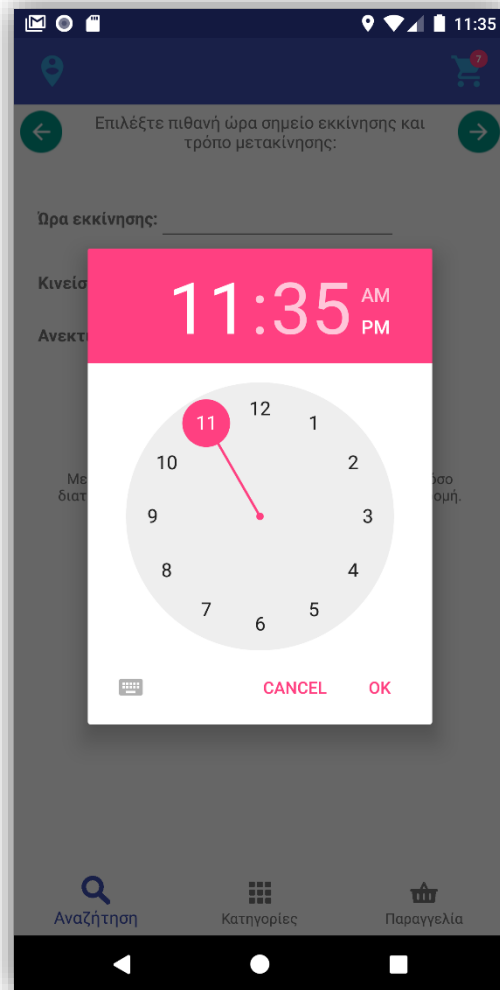
Εικόνα 16 - Προβολή καλαθιού



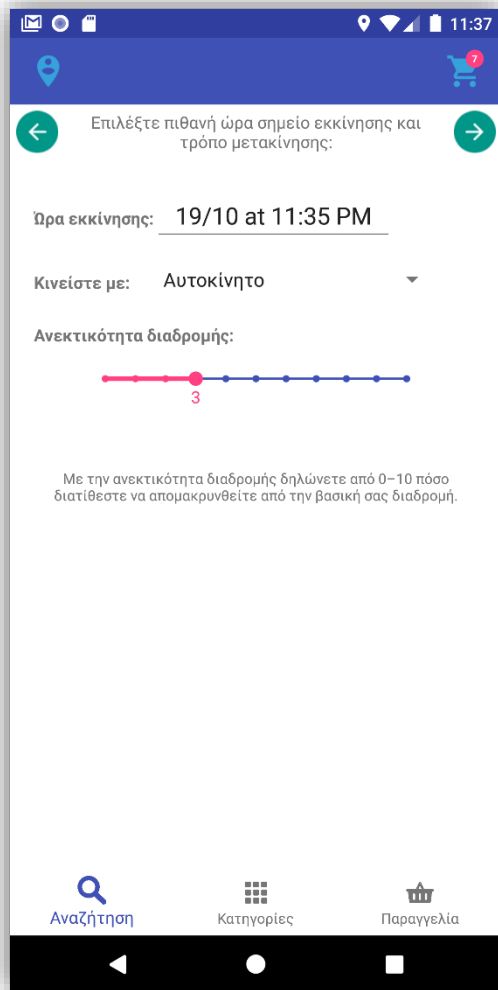
Εικόνα 15 - Σημεία εκκίνησης-τερματισμού



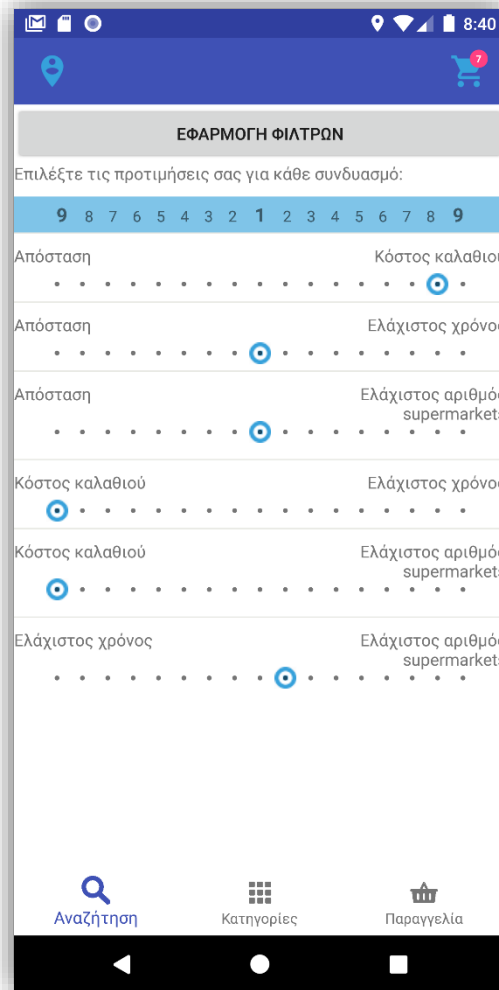
Εικόνα 18 – Ημ/νια εκκίνησης παραλαβής



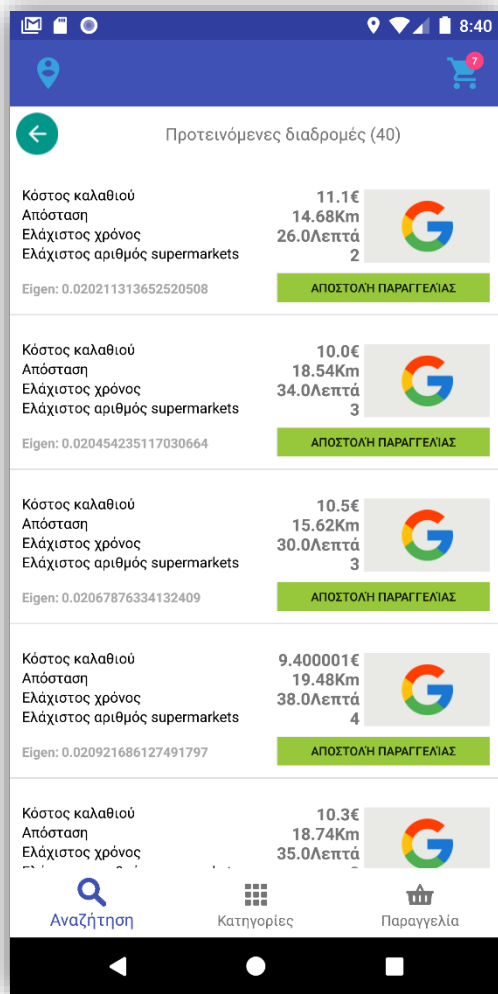
Εικόνα 17 - Ώρα εκκίνησης



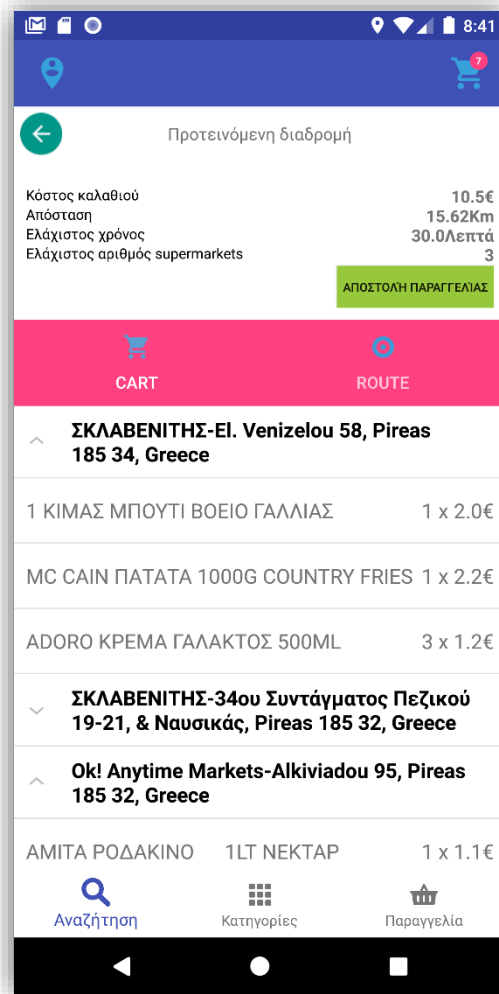
Εικόνα 19 - Ανεκτικότητα διαδρομής



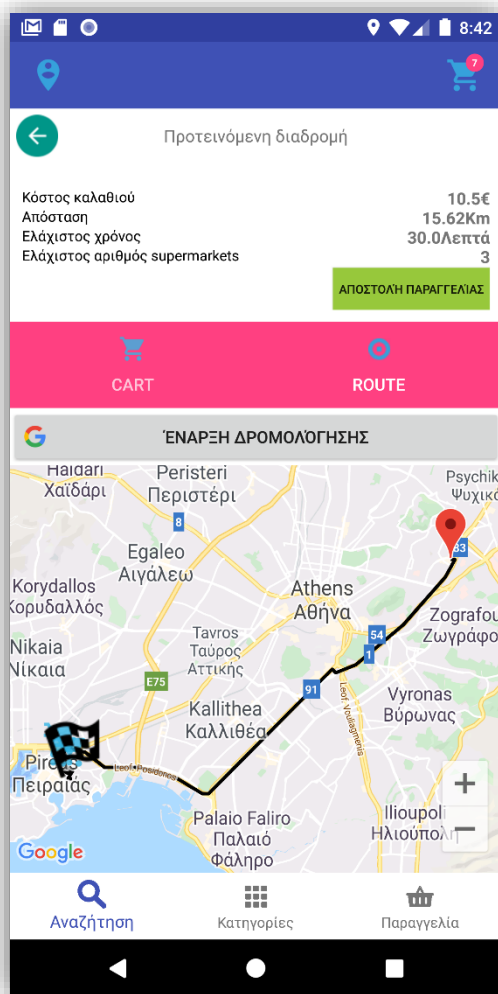
Εικόνα 20 - Επιλογή κριτηρίων



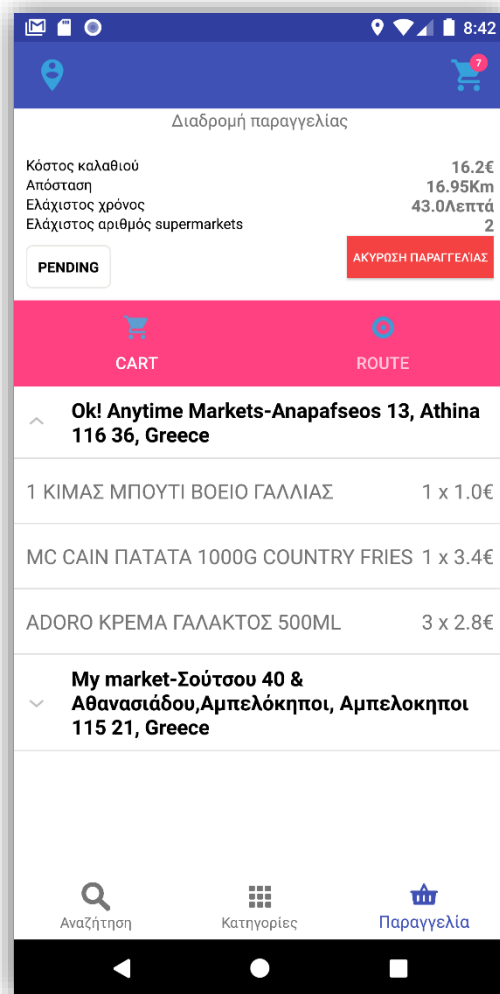
Εικόνα 22 - Προτεινόμενες διαδρομές



Εικόνα 21 - Λεπτομέρειες διαδρομής-συνδυασμού



Εικόνα 24 - Προβολή χάρτη διαδρομής



Εικόνα 23 - Προβολή παραγγελίας