



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

Πτυχιακή Εργασία

Τίτλος Πτυχιακής Εργασίας	Σύστημα προτάσεων αγορών εξατομικευμένο σε ανάγκες χρηστών Recommender system for purchases with personalization on users' needs
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Αναστάσιος Μάλλιος
Πατρώνυμο	Κωνσταντίνος
Αριθμός Μητρώου	Π19216
Επιβλέπων	Μαρία Βίρβου

Ημερομηνία Παράδοσης

Σεπτέμβριος 2024

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.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κυρία Βίρβου που μου έδωσε τη δυνατότητα να πραγματοποιήσω αυτή την πτυχιακή εργασία. Η συνεχής υποστήριξη και ο χρόνος που μου διέθεσε κατά την διάρκεια της υλοποίησης της εργασίας βοήθησαν σε μεγάλο βαθμό την ολοκλήρωση της εργασίας με επιτυχία. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για όλη την υποστήριξη που μου παρείχαν και την κατανόηση που έδειξαν για να ολοκληρωθεί το έργο μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σημερινή ψηφιακή εποχή, η ταχεία ανάπτυξη των πλατφορμών ηλεκτρονικών αγορών αλλά και ροής περιεχομένου έχει οδηγήσει σε ένα μεγάλο αριθμό διαθέσιμων προϊόντων και περιεχομένου, καθιστώντας δύσκολο για τους χρήστες να εντοπίσουν το υλικό που τους ενδιαφέρει. Τα συστήματα προτάσεων έχουν αναδειχθεί ως βασικό εργαλείο για τη βελτίωση της εμπειρίας των χρηστών, προσφέροντας εξατομικευμένες προτάσεις για την ικανοποίηση των χρηστών. Σε αυτή την πτυχιακή εργασία, δημιουργήθηκε ένα σύστημα προτάσεων βασισμένο σε μια πλατφόρμα ηλεκτρονικών αγορών για φορητούς υπολογιστές. Χρησιμοποιήθηκαν τα χαρακτηριστικά των φορητών υπολογιστών για την ανάπτυξη ενός συστήματος προτάσεων βασισμένο στο content-based filtering (φιλτράρισμα βάσει περιεχομένου). Σε αντίθεση με ένα τυπικό content-based filtering σύστημα που προτείνει παρόμοια προϊόντα, στην περίπτωση αυτής της εργασίας δίνεται έμφαση στις προτάσεις προϊόντων καλύτερης σχέσης ποιότητας/τιμής από το προϊόν που επέλεξε ο χρήστης. Το σύστημα στοχεύει στην καθοδήγηση μη έμπειρων χρηστών, στην αγορά του καταλληλότερου φορητού υπολογιστή με βάση τις ανάγκες τους. Χρησιμοποιεί τεχνικές φιλτραρίσματος και εισαγωγής των προτιμήσεων του χρήστη όσον αφορά την μέγιστη τιμή και την κατηγορία του προϊόντος που επιθυμεί να αγοράσει, διασφαλίζοντας ακρίβεια στις προτάσεις που γίνονται στον τελικό χρήστη. Αξιοποιήθηκε η μετρική Precision@N για την αξιολόγηση της ακρίβειας του συστήματος. Χρησιμοποιήθηκε σύνολο δεδομένων πολλών διαφορετικών κατηγοριών φορητών υπολογιστών, τα οποία προ-επεξεργάστηκαν και προσαρμόστηκαν κατάλληλα. Το σύστημα υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το Python-based web framework Django για το backend και τη βιβλιοθήκη JavaScript React για το frontend. Μέσα από αυτή την πτυχιακή εργασία, γίνεται πρακτική εφαρμογή τεχνικών των συστημάτων προτάσεων και διερευνώνται οι δυνατότητες τους σε περιβάλλον διαδικτυακών αγορών.

Λέξεις Κλειδιά: Σύστημα προτάσεων, Φιλτράρισμα βάσει περιεχομένου, Εξατομικευμένες προτάσεις, Ψηφιακές αγορές, Ικανοποίηση χρήστη.

ABSTRACT

In today's digital age, the rapid growth of online shopping and content streaming platforms has resulted in an overwhelming number of products and content available, making it difficult for users to locate the items they are interested in. Recommender systems have emerged as a key tool for improving user experience, by offering personalized recommendations for user satisfaction. In this thesis, a recommendation system based on an online shopping platform for laptops was developed. The features of the laptops were used to develop a recommender system based on the content-based filtering. In contrast to a typical content-based filtering system that recommends similar products, in this case emphasis is placed on the recommendations of products with a better quality/price ratio than the product selected by the user. The system aims to guide inexperienced users, in purchasing the most suitable laptop based on their needs. It uses filtering techniques and user's preferences regarding the maximum price and category of the product he wishes to buy, ensuring accuracy in the suggestions made on the end user. The Precision@N metric was used to evaluate the accuracy of the system. A dataset of several different categories of laptops was used, which were pre-processed and adjusted accordingly. The system was implemented using the Python-based web framework Django for the backend and the JavaScript library React for the frontend. Through this thesis, a practical application of recommendation system techniques is made, and their capabilities are investigated in an online shopping environment.

Key Words: Recommender systems, Content-Based Filtering, Personalized suggestions, Digital shopping, User satisfaction.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Copyright ©.....	1
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ	12
2.1 ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ	12
2.2 COLLABORATIVE FILTERING	12
2.3 CONTENT-BASED FILTERING.....	13
2.4 HYBRID RECOMMENDATION SYSTEMS	14
2.5 ΑΡΝΗΤΙΚΑ COLLABORATIVE FILTERING ΚΑΙ CONENT-BASED FILTERING	14
2.6 ΤΥΠΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΠΟΥ ΥΛΟΠΟΙΗΘΗΚΕ	14
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΟΥ CONTENT-BASED FILTERING.....	16
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
3.2 ΠΡΟ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	16
3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΜΟΙΟΤΗΤΩΝ	16
3.3.1 ΕΥΚΛΕΙΔΕΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ.....	16
3.3.2 ΟΜΟΙΟΤΗΤΑ ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ	17
3.3.3 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΓΙΝΟΜΕΝΟ.....	17
3.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ	17
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΧΘΗΚΕ	18
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	18
4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	18
4.3 ΠΡΟ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	18
4.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	19
4.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	23
4.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ	23
5. ΑΝΑΛΥΣΗ - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	26
5.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΧΡΗΣΗΣ – USE CASE DIAGRAM	26

5.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ – ACTIVITY DIAGRAMS	28
6. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	32
6.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ	32
6.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BACKEND.....	32
6.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ FRONTEND	34
6.4 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ FRONTEND-BACKEND	34
6.5 ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ	37
7. ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΤΗ	38
7.1 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ	38
7.1.1 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	38
7.1.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ	39
7.1.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ	39
7.1.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΛΙΔΑΣ.....	41
7.1.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	41
7.2 ΣΕΛΙΔΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ.....	41
7.3 ΣΕΛΙΔΑ ΚΑΛΑΘΙΟΥ ΑΓΟΡΩΝ.....	43
7.4 ΣΕΛΙΔΑ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΗ.....	45
7.5 ΣΕΛΙΔΑ ΠΡΟΦΙΛ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗ	48
7.6 ΕΚΔΟΣΗ ΓΙΑ ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ.....	50
7.6.1 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ.....	51
7.6.2 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	51
7.6.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΛΙΔΑΣ.....	52
7.6.4 ΜΕΝΟΥ ΦΙΛΤΡΩΝ	53
7.6.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	54
7.6.6 ΣΕΛΙΔΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	54
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΥΠΕΡΣΥΝΔΕΣΜΟΙ.....	58

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Παράδειγμα Collaborative Filtering. Η εικόνα δημιουργήθηκε στο εργαλείο Visual Paradigm και αποτελεί έμπνευση από το άρθρο [2].	13
Εικόνα 2.2: Παράδειγμα Content-Based Filtering. Η εικόνα δημιουργήθηκε στο εργαλείο Visual Paradigm και αποτελεί έμπνευση από το άρθρο [2].	13
Εικόνα 4.1: Διάγραμμα του συστήματος προτάσεων που υλοποιήθηκε.	23
Εικόνα 4.2: Παράδειγμα εκτύπωσης αποτελεσμάτων μέτρησης ακρίβειας με Precision@N	25
Εικόνα 4.3: Προτεινόμενα προϊόντα για το προϊόν ASUS VivoBook με ID 287	25
Εικόνα 5.1: Διάγραμμα use case χρήστη, το διάγραμμα δημιουργήθηκε από το online εργαλείο Visual Paradigm	26
Εικόνα 5.2: Διάγραμμα use case διαχειριστή, το διάγραμμα δημιουργήθηκε από το online εργαλείο Visual Paradigm	27
Εικόνα 5.3: Διάγραμμα use case επισκέπτη, το διάγραμμα δημιουργήθηκε από το online εργαλείο Visual Paradigm	28
Εικόνα 5.4: Διάγραμμα δραστηριοτήτων επιλογής προϊόντος και εφαρμογής φίλτρων	28
Εικόνα 5.5: Διάγραμμα δραστηριοτήτων σελίδας λεπτομερειών προϊόντος	29
Εικόνα 5.6: Διάγραμμα δραστηριοτήτων σελίδας προφίλ	30
Εικόνα 5.7: Διάγραμμα δραστηριοτήτων καλαθιού αγορών	31
Εικόνα 6.1: Σχήμα βάσης δεδομένων σε SQLite που χρησιμοποιείται στην εφαρμογή. Το σχήμα δημιουργήθηκε με το εργαλείο DbVisualizer [9]	33
Εικόνα 6.2: Εισαγωγή προτιμήσεων χρήστη στη διεύθυνση της εφαρμογής	35
Εικόνα 6.3: Σελίδα λεπτομερειών προϊόντος με κωδικό ID 255	36
Εικόνα 6.4: Προτεινόμενα προϊόντα με μέγιστη τιμή 736 Ευρώ	36
Εικόνα 6.5: Παράδειγμα επιλογής προτεινόμενου προϊόντος	37
Εικόνα 7.1: Κεντρική σελίδα εφαρμογής	38
Εικόνα 7.2: Αναζήτηση όρου «dell» στην μπάρα αναζήτησης	39
Εικόνα 7.3: Πεδίο εισαγωγής κατηγορίας προϊόντων	39
Εικόνα 7.4: Εισαγωγή κατηγορίας «Gaming»	39
Εικόνα 7.5: Εισαγωγή φίλτρων ταξινόμησης τιμής	40
Εικόνα 7.6: Εισαγωγή φίλτρων εύρους τιμής	40
Εικόνα 7.7: Πεδίο επιλογής σελίδας	41
Εικόνα 7.8: Σελίδα λεπτομερειών και χαρακτηριστικών προϊόντος	42
Εικόνα 7.9: Προσθήκη προϊόντος στο καλάθι αγορών	42
Εικόνα 7.10: Λίστα προτεινόμενων προϊόντων	42
Εικόνα 7.11: Λίστα δευτερευουσών προτεινόμενων προϊόντων	43
Εικόνα 7.12: Αξιολογήσεις προϊόντων	43
Εικόνα 7.13: Καλάθι αγορών	44
Εικόνα 7.14: Αλλαγή ποσότητας προϊόντος	44
Εικόνα 7.15: Αφαίρεση προϊόντος από το καλάθι αγορών	44
Εικόνα 7.16: Συμπλήρωση στοιχείων παραγγελίας δύο προϊόντων	45
Εικόνα 7.17: Μήνυμα επιτυχίας ολοκλήρωσης παραγγελίας	45
Εικόνα 7.18: Φόρμα σύνδεσης χρήστη	46
Εικόνα 7.19: Σελίδα εγγραφής νέου χρήστη	46
Εικόνα 7.20: Σελίδα προφίλ χρήστη	46
Εικόνα 7.21: Σελίδα επεξεργασία προφίλ χρήστη	47
Εικόνα 7.22: Διαγραφή λογαριασμού χρήστη	47
Εικόνα 7.23: Εκκρεμείς παραγγελίες	48
Εικόνα 7.24: Προφίλ διαχειριστή	48
Εικόνα 7.25: Λίστα παραγγελιών	49
Εικόνα 7.26: Επεξεργασία παραγγελίας	49
Εικόνα 7.27: Επιλογή ολοκλήρωσης παραγγελίας	50
Εικόνα 7.28: Σελίδα στατιστικών της πλατφόρμας	50
Εικόνα 7.29: Προβολή κεντρικής σελίδας για κινητές συσκευές	51

Εικόνα 7.30: Αναζήτηση του όρου «asu» στο πεδίο αναζήτησης για κινητές συσκευές.....	52
Εικόνα 7.31: Επιλογή σελίδας σε κινητές συσκευές.....	53
Εικόνα 7.32: Μενού φίλτρων για κινητές συσκευές.....	54
Εικόνα 7.33: Σελίδα λεπτομερειών προϊόντος για κινητές συσκευές	55

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην σημερινή ψηφιακή εποχή, η αυξανόμενη ανάπτυξη ψηφιακών πλατφορμών έχει αλλάξει τα δεδομένα σχετικά με τον τρόπο που οι χρήστες αγοράζουν προϊόντα. Ωστόσο, ο μεγάλος αριθμός διαθέσιμων επιλογών και πληροφορίας, δυσκολεύει αρκετά την διαδικασία εύρεσης των σωστών προϊόντων. Κάθε χρήστης είναι διαφορετικός και οι προτιμήσεις ποικίλουν, αυτό δείχνει και την ανάγκη μιας έξυπνης λύσης για την βελτίωση της εμπειρίας των χρηστών εντός της πλατφόρμας. Τα συστήματα προτάσεων (Recommender Systems) έχουν γίνει πλέον ένα βασικό κομμάτι των σύγχρονων διαδικτυακών καταστημάτων, βοηθώντας στην αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος παρέχοντας στους χρήστες προσαρμοσμένες προτάσεις που ανταποκρίνονται στις ατομικές προτιμήσεις τους και τα ενδιαφέροντά τους. Τα συστήματα προτάσεων είναι συστήματα φιλτραρίσματος πληροφοριών, τα οποία φιλτράρουν σημαντικές πληροφορίες σύμφωνα με τις προτιμήσεις, τα ενδιαφέροντα και τη συμπεριφορά του χρήστη [14]. Φυσικά, τα συστήματα προτάσεων δεν έχουν μόνο εφαρμογή στα ηλεκτρονικά καταστήματα αλλά εφαρμόζονται ιδιαίτερα σε πλατφόρμες ροής περιεχόμενου, όπως ταινίες, σειρές ή μουσική όπου ο όγκος πληροφορίας και διαθέσιμων επιλογών είναι υπερβολικά μεγάλος.

Μερικά παραδείγματα ψηφιακών πλατφορμών που χρησιμοποιούνται καθημερινά από πολλούς χρήστες σε όλο τον κόσμο και ενσωματώνουν συστήματα προτάσεων είναι τα παρακάτω. Πλατφόρμες ψυχαγωγίας και ροής περιεχομένου όπως το YouTube, Netflix και το Spotify, οι οποίες χρησιμοποιούν τέτοια συστήματα για να προτείνουν βίντεο, ταινίες, εκπομπές και μουσική. Πλατφόρμες ψηφιακού εμπορίου, όπως το Amazon, eBay και το Skrutz, οι οποίες υλοποιούν συστήματα προτάσεων για να προτείνουν προϊόντα χρησιμοποιώντας συμπεριφορά παρόμοιων χρηστών, ιστορικό αγορών ή χαρακτηριστικά των προϊόντων. Πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης όπως το Facebook, Instagram και το Twitter, οι οποίες προτείνουν φίλους, περιεχόμενο όπως δημοσιεύσεις, ομάδες (groups) ή σελίδες για να ακολουθήσει ο χρήστης βάσει των αλληλεπιδράσεων ή των προτιμήσεων του κάθε χρήστη. Πλατφόρμες διαδικτυακής εκπαίδευσης όπως το Coursera, Udemy και το LinkedIn Learning, οι οποίες προτείνουν νέα courses (μαθήματα) και οδηγούς καριέρας με βάση το προφίλ του χρήστη, των προηγούμενων δραστηριοτήτων του και των επαγγελματικών στόχων του. Πλατφόρμες εύρεσης και ενοικίασης καταλυμάτων όπως το Booking.com και το Airbnb, οι οποίες προτείνουν ξενοδοχεία, ενοικιαζόμενα δωμάτια ή ταξιδιωτικές εμπειρίες (Airbnb Experiences) με βάση τις προτιμήσεις του κάθε χρήστη.

Τα περισσότερα συστήματα προτάσεων που ενσωματώνονται στις γνωστές πλατφόρμες αγορών, συνήθως εστιάζουν στην παραγωγή προτάσεων με βάση την ομοιότητα των ενδιαφερόντων του χρήστη και των αντικειμένων που επιλέγει. Συνήθως, προσφέρεται στον χρήστη μια λίστα με προτεινόμενα προϊόντα που αγοράζονται μαζί με το προϊόν που παρακολουθεί ο χρήστης ή παρόμοια προϊόντα με αυτό το προϊόν. Τέτοια παραδείγματα μπορούν να βρεθούν και στις ελληνικές ηλεκτρονικές πλατφόρμες αγορών Skrutz και Πλαίσιο. Η εργασία που αναπτύχθηκε εστίασε σε αγορές φορητών υπολογιστών (Laptops).

Η πλατφόρμα Skrutz προσφέρει στη σελίδα λεπτομερειών ενός προϊόντος, δύο λίστες με προτάσεις προϊόντων. Η πρώτη ονομάζεται «Αγόρασε μαζί» και προσφέρει συμπληρωματικά προϊόντα που αγοράζονται μαζί με το κύριο προϊόν, όπως για παράδειγμα σε ένα προϊόν φορητού υπολογιστή, προτείνονται ποντίκια, βάσεις στήριξης, οθόνες, πληκτρολόγια, ακουστικά, τσάντες μεταφοράς ή μαξιλάρια ποντικών (mouse pads). Η δεύτερη ονομάζεται «Παρόμοια προϊόντα» και προσφέρει προτάσεις παρόμοιων φορητών υπολογιστών. Η πλατφόρμα Πλαίσιο προσφέρει επίσης αυτές τις δύο κατηγορίες προτάσεων με την πρώτη να ονομάζεται «Συνδύασέ το με», η οποία περιέχει συμπληρωματικά προϊόντα και την δεύτερη να ονομάζεται «Δες τι κλίκαραν όσοι είδαν το ίδιο προϊόν με εσένα!», η οποία περιέχει παρόμοια προϊόντα. Στην πρώτη περίπτωση της πλατφόρμας Skrutz, δεν μπορούμε να γνωρίζουμε με ποιο κριτήριο επιλέγονται τα προϊόντα της λίστας «Παρόμοια προϊόντα». Όμως στην πλατφόρμα της Πλαίσιο, αναφέρεται πως τα παρόμοια προϊόντα, δίνονται με βάση τα προϊόντα που πρόβαλλαν όσοι χρήστες είδαν το ίδιο προϊόν.

Οι δύο τύποι λίστας προτάσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι αρκετά ικανοποιητικές λύσεις στην προώθηση ενδιαφερόντων προϊόντων στους χρήστες. Ωστόσο, φαίνεται να μην αξιοποιούνται πληροφορίες όπως βραχυπρόθεσμες πρόσφατες προτιμήσεις και το γεγονός ότι οι προτιμήσεις των χρηστών εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [13]. Επιπλέον, συνήθως τα συστήματα προτάσεων εστιάζουν στην παροχή παρόμοιων προϊόντων, είτε με βάση το περιεχόμενό τους, είτε με βάση προτιμήσεις παρόμοιων χρηστών. Τέτοια συστήματα μπορεί να μην αξιοποιήσουν πληροφορίες «καλύτερων» προϊόντων και να μην γίνουν προτάσεις καλύτερης σχέσης ποιότητας/τιμής προϊόντων συγκριτικά με τα προϊόντα που επέλεξε ο χρήστης. Φυσικά, οι αλγόριθμοι που ενσωματώνονται στα περισσότερα ψηφιακά καταστήματα, εξυπηρετούν τον σκοπό τους και παράγουν αποτελεσματικές προτάσεις προϊόντων. Ωστόσο, ένα σύστημα που εστιάζει στην παραγωγή προτάσεων καλύτερων προϊόντων συγκριτικά με τα παραδοσιακά συστήματα που εστιάζουν στα παρόμοια προϊόντα και στην συμπερίληψη των βραχυπρόθεσμων προτιμήσεων των χρηστών, θα ήταν χρήσιμο.

Ένα ακόμη πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι χρήστες καταστημάτων ηλεκτρονικών αγορών, είναι η έλλειψη καθοδήγησης και οδηγών αγοράς. Τα καταστήματα διαθέτουν συνήθως μεγάλο όγκο διαθέσιμων προϊόντων, κάτι που δημιουργεί δυσκολία στην εύρεση του κατάλληλου προϊόντος. Οι περισσότερες πλατφόρμες διαθέτουν εργαλεία αναζήτησης και διαφόρων φίλτρων, ώστε να γίνει εύκολη η εύρεση των κατάλληλων προϊόντων. Μερικά από αυτά τα φίλτρα είναι η εισαγωγή εύρους τιμής, φίλτρων ταξινόμησης (αύξουσα, φθίνουσα), φίλτρων χαρακτηριστικών (όπως το όνομα κατασκευαστή, την χωρητικότητα μνήμης ή σκληρού δίσκου, το μέγεθος της οθόνης και άλλα) και φίλτρα δημοφιλών σειρών (όπως Apple MacBook, Asus VivoBook, Lenovo Ideapad και Dell Inspiron). Ενώ αυτού του είδους τα φίλτρα μπορούν να βοηθήσουν σε μεγάλο βαθμό τους χρήστες στην αναζήτηση, απαιτείται εμπειρία και γνώση σε θέματα τεχνολογίας και υλισμικού (hardware) για την χρήση τους.

Συχνά, οι πλατφόρμες αγορών, στην προσπάθεια να αντιμετωπίσουν τέτοια ζητήματα, ενσωματώνουν μηχανισμούς κατηγοριοποίησης των προϊόντων, συστήματα κριτικών ή περιοχές συζητήσεων (forum). Μέσω των μηχανισμών κατηγοριοποίησης των προϊόντων, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε κάποιες κατηγορίες, την κατηγορία προϊόντων που επιθυμεί να προβάλλει. Έτσι, τα προϊόντα φιλτράρονται και εμφανίζονται μόνο αυτά που ενδιαφέρουν τον χρήστη. Μερικές κατηγορίες προϊόντων φορητών υπολογιστών που εφαρμόζονται συχνά από ηλεκτρονικά καταστήματα είναι: Οικονομική, Καθημερινή Χρήση, Σχολή ή Γραφείο, Παιχνιδιών και Επαγγελματικά. Τα συστήματα κριτικών, επιτρέπουν στους χρήστες να γράψουν κριτικές και να βαθμολογήσουν τα προϊόντα που έχουν αγοράσει. Έτσι, οι υπόλοιποι χρήστες, μπορούν να διαβάσουν τις εμπειρίες αγοραστών και να καταλήξουν σε συμπεράσματα σχετικά με την αγορά του κατάλληλου προϊόντος. Οι περιοχές συζητήσεων (forum) χρησιμοποιούνται από τους χρήστες για να εκφράσουν απορίες ή ερωτήσεις σχετικά με διάφορα προϊόντα και να συζητήσουν μεταξύ τους. Έτσι, οι χρήστες με μικρή εμπειρία μπορούν να εκφράσουν απορίες και οι υπόλοιποι χρήστες να βοηθήσουν απαντώντας στις ερωτήσεις τους. Με αυτούς τους τρόπους μπορεί ένας μη έμπειρος χρήστης να οδηγηθεί στην εύρεση του καταλληλότερου προϊόντος με βάση τις ανάγκες του.

Τα συστήματα αυτά βοηθούν αρκετά τους χρήστες χωρίς την απαραίτητη εμπειρία να επιλέξουν το προϊόν που καλύπτει τις ανάγκες τους. Ωστόσο, από παραδείγματα λειτουργίας που έγιναν σε γνωστές πλατφόρμες που χρησιμοποιούν μηχανισμούς κατηγοριοποίησης των προϊόντων, συστήματα κριτικών ή περιοχές συζητήσεων (forum), φαίνεται πως τέτοιες πληροφορίες δεν χρησιμοποιούνται στα συστήματα προτάσεων τους. Έτσι, δεν αξιοποιούνται πληροφορίες σχετικά με τις βραχυπρόθεσμες προτιμήσεις των χρηστών (όπως κατηγορία προϊόντων, εύρος τιμών ή συγκεκριμένο όνομα κατασκευαστή).

Στόχος αυτής της εργασίας είναι να εξετάσει τρόπους αποφυγής αυτών των προβλημάτων και να αναπτυχθεί ένα σύστημα προτάσεων που να αξιοποιεί βραχυπρόθεσμες πρόσφατες προτιμήσεις των χρηστών σε συνδυασμό με πληροφορίες προϊόντων καλύτερης σχέσης ποιότητας/τιμής από την επιλογή του χρήστη. Επιπλέον, το σύστημα αφορά κυρίως χρήστες με μικρή εμπειρία στην αγορά φορητών υπολογιστών. Τέτοιου είδους χρήστες είναι λογικό να μην γνωρίζουν ποια είναι η καλύτερη επιλογή προϊόντος με βάση τις ανάγκες τους. Επομένως, το σύστημα θα πρέπει να καθοδηγεί τους χρήστες αλλά και να εστιάζει στην παροχή προτάσεων καλύτερης σχέσης ποιότητας/τιμής σε σχέση με το προϊόν που επέλεξαν.

Αναπτύχθηκε αρχικά, μια πλατφόρμα ηλεκτρονικών αγορών με διαθέσιμους φορητούς υπολογιστές. Στην πλατφόρμα υπάρχουν διαθέσιμα φίλτρα αναζήτησης, ταξινόμησης τιμής (φθίνουσα και αύξουσα), εύρη τιμών (ελάχιστη και μέγιστη τιμή) καθώς και κατηγορία φορητών υπολογιστών (όπως Οικονομική, Γενικής Χρήσης, Σχολής ή Γραφείου, Παιχνιδιών και Δημιουργικής Εργασίας). Από αυτά τα φίλτρα χρησιμοποιούνται οι πληροφορίες σχετικά με τη μέγιστη τιμή και την κατηγορία προϊόντος, που ορίζει ο χρήστης, ως βραχυπρόθεσμες προτιμήσεις.

Στη συνέχεια αναπτύχθηκε ένα σύστημα προτάσεων με όνομα Content-Based Weighted Recommender System, το οποίο αξιοποιεί τις βραχυπρόθεσμες προτιμήσεις του χρήστη, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του φορητού υπολογιστή που έχει επιλέξει να προβάλλει, για την παραγωγή προτάσεων. Το σύστημα προτάσεων έχει βασιστεί στην παραγωγή προτάσεων καλύτερης σχέσης ποιότητας/τιμής συγκριτικά με το προϊόν που επέλεξε ο χρήστης, χωρίς όμως να παραλείπει τα παρόμοια προϊόντα. Με αυτόν τον τρόπο, γίνονται εξατομικευμένες προτάσεις και καθοδηγούνται οι χρήστες με μικρή εμπειρία, στην αγορά του κατάλληλου προϊόντος.

Για την αξιολόγηση της ακρίβειας των προτάσεων του συστήματος, έγινε εξέταση διάφορων μετρικών που χρησιμοποιούνται συχνά σε συστήματα προτάσεων. Η μετρική που κρίθηκε κατάλληλη για τη περίπτωση του συστήματος που αναπτύχθηκε είναι η μετρική Precision@N.

Η εργασία είναι δομημένη σε 7 βασικά κεφάλαια:

1. **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στα συστήματα προτάσεων και τις περιπτώσεις που εφαρμόζονται.
2. **ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ**. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των τύπων συστημάτων προτάσεων.
3. **ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΟΥ CONTENT-BASED FILTERING**. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται ανάλυση του τρόπου λειτουργίας του τυπικού content-based filtering αλγορίθμου.
4. **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΧΘΗΚΕ**. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της μεθοδολογίας και των βημάτων που ακολουθεί το σύστημα που υλοποιήθηκε σε αυτή την εργασία.
5. **ΑΝΑΛΥΣΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**. Σε αυτό το κεφάλαιο βρίσκονται τα UML διαγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση και το σχεδιασμό της πλατφόρμας.
6. **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ**. Σε αυτό το κεφάλαιο αρχικά περιγράφεται η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της εφαρμογής καθώς και η λειτουργικότητα της εφαρμογής. Τέλος, περιγράφονται τα βήματα εκκίνησης της εφαρμογής.
7. **ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΤΗ**. Αυτό το κεφάλαιο περιέχει έναν οδηγό για την χρήση της εφαρμογής από την πλευρά του χρήστη.

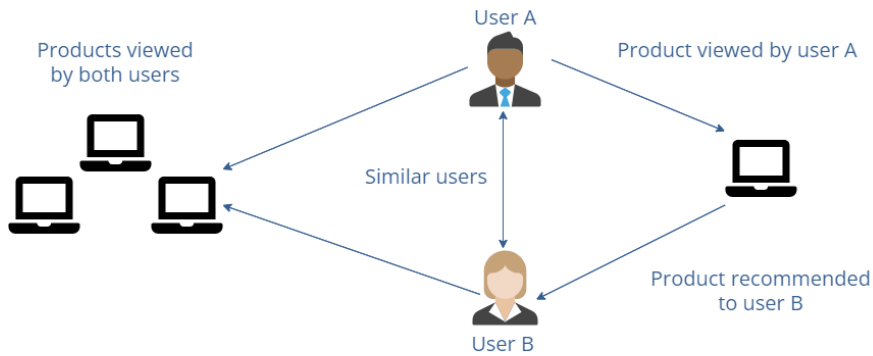
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ

2.1 ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

Τα συστήματα προτάσεων (Recommender Systems) κατηγοριοποιούνται γενικά σε τρεις βασικούς τύπους συστημάτων: Το Collaborative Filtering, το Content-Based Filtering και Hybrid recommendation system που συνδυάζει τους δύο προηγούμενους τύπους. Τέτοια συστήματα έχουν στόχο να φιλτράρουν πληροφορίες σύμφωνα με τις προτιμήσεις, το ενδιαφέρον ή την συμπεριφορά του χρήστη και έτσι αντιμετωπίζουν το πρόβλημα του μεγάλου όγκου διαθέσιμης πληροφορίας [14]. Οι πληροφορίες που συλλέγουν τα συστήματα προτάσεων σχετικά με τις προτιμήσεις των χρηστών κατηγοριοποιούνται σε άμεση ανατροφοδότηση (explicit feedback) και έμμεση ανατροφοδότηση (implicit feedback). Ως άμεση ανατροφοδότηση ορίζονται πληροφορίες που προέρχονται από τους ίδιους τους χρήστες όπως βαθμολογίες σε προϊόντα ή δηλώσεις «Μου αρέσει». Ενώ ως έμμεση ανατροφοδότηση ορίζονται πληροφορίες που προέρχονται από τη συμπεριφορά του χρήστη εντός της πλατφόρμας. Τέτοιες πληροφορίες θα μπορούσαν να είναι δεδομένα από το ιστορικό παρακολούθησης [1, 14]. Τα συστήματα προτάσεων ενσωματώνονται στις περισσότερες γνωστές ψηφιακές πλατφόρμες και είναι εξαιρετικά χρήσιμα σε περιβάλλον αγορών, όπως στην περίπτωση της εργασίας αυτής.

2.2 COLLABORATIVE FILTERING

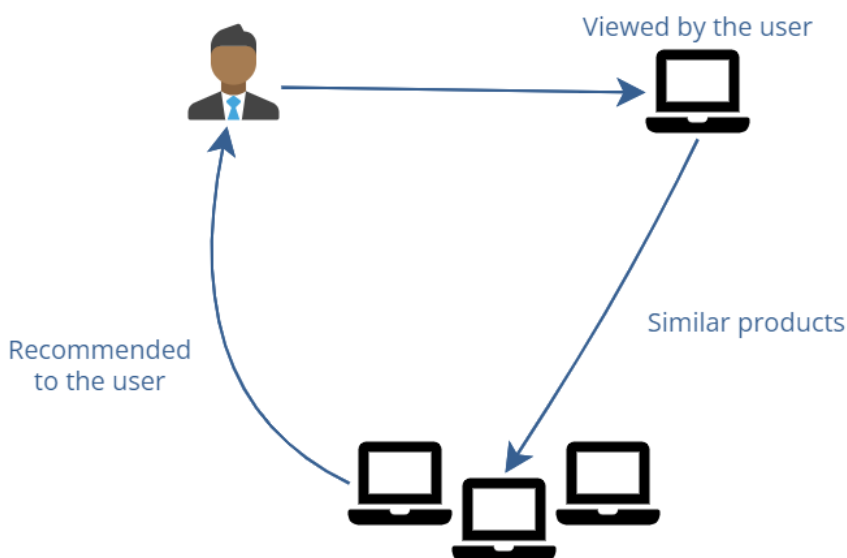
Το Collaborative Filtering, αξιοποιεί τη συμπεριφορά όλων των χρηστών, όπως το ιστορικό προβολής προϊόντων, δήλωση αρεσκείας κάποιου προϊόντος ή αξιολογήσεις προϊόντος, για τον εντοπισμό κοινών προτιμήσεων των χρηστών και ως αποτέλεσμα την πρόταση αυτών των κοινών χαρακτηριστικών. Σε αυτή την τεχνική αρχικά δημιουργείται ένας πίνακας με τις προτιμήσεις του κάθε χρήστη για κάθε προϊόν και ονομάζεται user-item. Υπάρχουν δύο είδη Collaborative Filtering που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα: memory-based ή model-based [3, 14]. Το memory-based μπορεί να κατηγοριοποιηθεί γενικά σε επιπλέον δύο ομάδες: User-based Collaborative Filtering και Item-based Collaborative Filtering [2]. Το User-based Collaborative Filtering παράγει προτάσεις βασισμένο σε προτιμήσεις μεταξύ παρόμοιων χρηστών δηλαδή, χρήστες με παρόμοια αισθητική ή προτιμήσεις (για παράδειγμα αν οι χρήστες A και B έχουν παρόμοιες προτιμήσεις και ο χρήστης B έχει προτίμηση σε ένα προϊόν X που ο χρήστης A δεν έχει δει ακόμη, προτείνεται στον χρήστη A το προϊόν X). Ενώ το Item-based Collaborative Filtering παράγει προτάσεις βασισμένο στην ομοιότητα μεταξύ προϊόντων που προέρχονται από τη συμπεριφορά του χρήστη (για παράδειγμα αν σε μερικούς χρήστες άρεσε το προϊόν A και το προϊόν B ταυτόχρονα, όταν σε ένα χρήστη αρέσει το προϊόν A του προτείνεται και το προϊόν B). Το model-based σύστημα, αξιοποιεί ένα μοντέλο μηχανικής μάθησης, το οποίο έχει εκπαιδευτεί με τον πίνακα user-item και κάνει προβλέψεις σχετικά με πληροφορίες που λείπουν (μερικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι τα Decision Trees, Bayes Classifiers ή νευρωνικά δίκτυα [3]). Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [1, 2, 3, 14].



Εικόνα 2.1: Παράδειγμα Collaborative Filtering. Η εικόνα δημιουργήθηκε στο εργαλείο Visual Paradigm και αποτελεί έμπνευση από το άρθρο [2].

2.3 CONTENT-BASED FILTERING

Αντίθετα, το Content-Based Filtering εστιάζει στα χαρακτηριστικά (Attributes) και στα μεταδεδομένα (Metadata) των ίδιων των προϊόντων για την παραγωγή προτάσεων. Μια μεθοδολογία Content-Based Filtering αναλύει τα χαρακτηριστικά ενός προϊόντος και συγκρίνοντας το με τις προτιμήσεις που εκφράζει ο χρήστης παράγει σχετικές προτάσεις, χωρίς να χρειάζεται πληροφορίες σχετικά με τους υπόλοιπους χρήστες. Ο αλγόριθμος αναλύει περιεχόμενο (content) όπως για παράδειγμα το είδος του προϊόντος ή τις προδιαγραφές του αντικειμένου και προτείνει προϊόντα με παρόμοια χαρακτηριστικά. Ένα παράδειγμα θα μπορούσε να είναι μια υπηρεσία μουσικής η οποία προτείνει τραγούδια με παρόμοια χαρακτηριστικά όπως το είδος/στυλ ή τον ρυθμό του τραγουδιού με αυτά που ο χρήστης έδειξε ενδιαφέρον προηγουμένως. Σε αυτή τη περίπτωση το σύστημα δεν απαιτεί αλληλεπίδραση χρηστών με τα δεδομένα και μπορεί να προτείνει περιεχόμενο ακόμα και εάν κανένας χρήστης δεν έχει αλληλεπιδράσει με αυτά. Αυτή η προσέγγιση είναι ιδιαίτερα σημαντική σε προϊόντα όπως τα ηλεκτρονικά, όπου τα χαρακτηριστικά, οι διαστάσεις ή το λογισμικό είναι κρίσιμοι παράγοντες στη διαδικασία αγοράς. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [1, 2, 4, 14].



Εικόνα 2.2: Παράδειγμα Content-Based Filtering. Η εικόνα δημιουργήθηκε στο εργαλείο Visual Paradigm και αποτελεί έμπνευση από το άρθρο [2].

2.4 HYBRID RECOMMENDATION SYSTEMS

Ωστόσο, υπάρχουν επίσης υβριδικά συστήματα προτάσεων (Hybrid Recommendation Systems) που συνδυάζουν ταυτόχρονα και τις δύο μεθοδολογίες που αναλύθηκαν προηγουμένως. Μέσω των υβριδικών συστημάτων προτάσεων παράγονται αρκετά πιο ακριβείς συστάσεις. Τα υβριδικά συστήματα προτάσεων είναι πιο ευέλικτα και μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να ικανοποιούν τις διαφορετικές ανάγκες, αναλόγως με την εφαρμογή και τον τύπο των διαθέσιμων δεδομένων. Μια γνωστή εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος είναι μέσα από την πλατφόρμα ροής περιεχομένου Netflix η οποία συνδυάζει το Collaborative Filtering, δηλαδή τη συμπεριφορά του χρήστη, με το Content-Based Filtering, δηλαδή χαρακτηριστικά ταινιών ή σειρών όπως το είδος ή τον σκηνοθέτη, μαζί με δημογραφικά στοιχεία του χρήστη για να προτείνει εκπομπές, ταινίες ή σειρές. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [1, 2].

2.5 ΑΡΝΗΤΙΚΑ COLLABORATIVE FILTERING ΚΑΙ CONTENT-BASED FILTERING

Το βασικό αρνητικό ενός συστήματος που εφαρμόζει Collaborative Filtering για την παραγωγή προτάσεων είναι το πρόβλημα “cold start”. Ως “cold start” ορίζεται το πρόβλημα των μη επαρκών δεδομένων ώστε να γίνουν ακριβείς συστάσεις και είναι ένα συχνό πρόβλημα σε συστήματα προτάσεων. Αυτό το πρόβλημα εμφανίζεται με την εισαγωγή ενός νέου χρήστη ή προϊόντος σε μια πλατφόρμα. Το Collaborative Filtering στηρίζεται κυρίως σε δεδομένα αλληλεπίδρασης των χρηστών της πλατφόρμας. Κατά την εισαγωγή ενός νέου χρήστη στην πλατφόρμα δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για εξατομικευμένες προτάσεις και έτσι τα αποτελέσματα αυτού του αλγορίθμου είναι πολλές φορές εσφαλμένα ή δεν αντιστοιχούν πλήρως στο προφίλ του χρήστη. Το ίδιο συμβαίνει και με την εισαγωγή ενός νέου προϊόντος ή οντότητας στην πλατφόρμα, αφού οι χρήστες δεν έχουν αλληλεπιδράσει με αυτό το νέο αντικείμενο. Ένα σύστημα που εφαρμόζει Content-Based Filtering αντίθετα, δεν αντιμετωπίζει τέτοια προβλήματα, αφού στηρίζεται καθαρά στα χαρακτηριστικά του κάθε αντικειμένου στην πλατφόρμα και όχι σε δεδομένα ή αλληλεπιδράσεις χρηστών.

Ένα ακόμα αρνητικό των συστημάτων με τη λογική του Collaborative Filtering είναι πως πολλές φορές λόγω του μεγάλου αριθμού αντικειμένων, οι πίνακες αλληλεπίδρασης χρήστη με το αντικείμενο είναι συχνά αρκετά αραιοί. Αυτό συμβαίνει καθώς οι χρήστες αλληλεπιδρούν με ένα μικρό υποσύνολο των αντικειμένων εντός της πλατφόρμας και ως αποτέλεσμα γίνεται δύσκολη η αναζήτηση ομοιοτήτων μεταξύ των χρηστών. Σε ένα σύστημα Content-Based Filtering όμως δεν συμβαίνει κάτι αντίστοιχο.

Ένα σύστημα με αλγόριθμο Content-Based Filtering, μπορεί επίσης να έχει κάποια αρνητικά. Ένα βασικό αρνητικό που μπορεί να έχει είναι πως ένας τέτοιος αλγόριθμος χρειάζεται λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα/αντικείμενα της πλατφόρμας. Αυτό μπορεί να είναι αρνητικό για αντικείμενα με λίγες πληροφορίες ή μεταδεδομένα, αφού μπορεί να οδηγήσει σε κακής ποιότητας προτάσεις και ενδεχομένως να μειώσει την εγκυρότητα του συστήματος. Επομένως, ένας Content-Based Filtering αλγόριθμος, είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται μόνο εάν υπάρχουν αρκετά χαρακτηριστικά για κάθε προϊόν.

Επιπλέον, συνήθως ένας Content-Based Filtering αλγόριθμος, κάνει προτάσεις με βάση τα προϊόντα που ο χρήστης έχει ήδη προβάλει ή έχει δηλώσει ενδιαφέρον, κάτι το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε περιορισμένη έκθεση σε νέα ή διαφορετικού τύπου προϊόντα ή περιεχόμενο. Το γεγονός αυτό μειώνει την ικανότητα του χρήστη να ανακαλύψει προϊόντα και νέο περιεχόμενο εντός της πλατφόρμας. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [1, 2, 3, 4, 14].

2.6 ΤΥΠΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΠΟΥ ΥΛΟΠΟΙΗΘΗΚΕ

Σε αυτή την εργασία υλοποιήθηκε μια πλατφόρμα διαδικτυακών αγορών η οποία ενσωματώνει ένα σύστημα προτάσεων τύπου Content-Based Filtering και ονομάστηκε Content-Based Weighted Recommender System. Το διαδικτυακό κατάστημα παρέχει μια λίστα με διαθέσιμους

φορητούς υπολογιστές ως προϊόντα. Το σύστημα προτάσεων χρησιμοποιεί χαρακτηριστικά όπως το όνομα κατασκευαστή, ο τύπος του επεξεργαστή, το μέγεθος της διαγώνιου της οθόνης, το μέγεθος χωρητικότητας της μνήμης RAM, το μέγεθος χωρητικότητας του σκληρού δίσκου SSD (εάν διατίθεται), το μέγεθος χωρητικότητας του σκληρού δίσκου HDD (εάν διατίθεται), το εάν διαθέτει οθόνη αφής, το μέγεθος χωρητικότητας της κάρτας γραφικών (εάν διατίθεται), η βαθμολογία του προϊόντος και τέλος η τιμή του προϊόντος. Επειδή το σύστημα έχει να αντιμετωπίσει ηλεκτρονικά είδη με συγκεκριμένα και επαρκή χαρακτηριστικά, ένας αλγόριθμος με προσέγγιση Content-Based Filtering είναι κατάλληλος για την παροχή προτάσεων με ακρίβεια.

Το σύστημα υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το Python-based web framework Django για το backend και τη βιβλιοθήκη JavaScript React.js για το frontend. Η επιλογή της γλώσσας προγραμματισμού Python για το backend της πλατφόρμας, βοηθά να γίνει χρήση πρακτικών και βιβλιοθηκών ανάλυσης δεδομένων. Επιπλέον, η αρχιτεκτονική του Django επιτρέπει να γίνονται υπολογισμοί και επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων. Η επιλογή της βιβλιοθήκης React.js επιτρέπει να επαναχρησιμοποιηθούν UI components, καθιστώντας την διαδικασία υλοποίησης πιο αποτελεσματική και επεκτάσιμη μελλοντικά.

Σε αντίθεση με ένα κοινό σύστημα Content-Based Filtering που προτείνει προϊόντα ή περιεχόμενο συγκρίνοντας ομοιότητα (Similarity metrics) με τα ενδιαφέροντα του χρήστη, αυτός ο αλγόριθμος έχει στόχο την πρόταση «καλύτερων» ευκαιριών/προϊόντων από το προϊόν που ο χρήστης έχει δείξει ενδιαφέρον. Αυτό επιτυγχάνεται υπολογίζοντας ένα σκορ για τα διαθέσιμα προϊόντα σε σύγκριση με το προϊόν που ο χρήστης έχει ήδη αλληλεπιδράσει και προτείνοντας μόνο τα πιο ικανά. Φυσικά, σε έναν τέτοιου τύπου αλγόριθμο είναι σημαντικό να υπάρχει μια μετρική ακρίβειας και ποιότητας του συστήματος. Ως μετρική ακρίβειας, επιλέχθηκε η μετρική Precision@N, όπου N είναι ο αριθμός των καλύτερων προτάσεων προϊόντων.

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΟΥ CONTENT-BASED FILTERING

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σύστημα προτάσεων που υλοποιήθηκε, όπως ήδη έχει αναφερθεί, ακολουθεί μια παραλλαγή της λογικής του Content-Based Filtering. Πρώτου γίνεi ανάλυση του αλγορίθμου προτάσεων που αναπτύχθηκε είναι σημαντικό να αναφερθεί πως λειτουργεί ένας Content-Based Filtering αλγόριθμος και να εξηγηθεί γιατί υλοποιήθηκε μια παραλλαγή του.

3.2 ΠΡΟ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ένας αλγόριθμος Content-Based Filtering, χρησιμοποιεί πληροφορίες του χρήστη (ιστορικό ή αξιολογήσεις) μαζί με πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα ή το διαθέσιμο περιεχόμενο. Έτσι μπορεί να δημιουργήσει ένα προφίλ του χρήστη και του διαθέσιμου περιεχομένου (User profile και Item profile). Χρειάζεται πληροφορίες σχετικά με τις προτιμήσεις του χρήστη και πληροφορίες σχετικά με το διαθέσιμο περιεχόμενο όσον αφορά τα χαρακτηριστικά του (για παράδειγμα τύπος ενός προϊόντος, όνομα κατασκευαστή ή το μοντέλο του προϊόντος). Για επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά του προϊόντος ή περιεχομένου συχνά, γίνεται χρήση τεχνικών ανάλυσης κειμένου. Παραδείγματα κειμένων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν είναι ή περίληψη ενός βιβλίου ή ταινίας. Σε αυτά τα κείμενα εφαρμόζεται η μετρική Term Frequency – Inverse Document Frequency (TF-IDF) η οποία προσθέτει βάρη στις λέξεις του κειμένου με βάση τη συχνότητά τους σε σχέση με τη συχνότητά τους σε όλα τα κείμενα [15]. Επομένως, γίνεται αντιληπτό πως η μετατροπή στοιχείων και πληροφοριών σε αριθμητικά στοιχεία είναι αρκετά σημαντική ώστε να μπορέσει ο αλγόριθμος να τα χρησιμοποιήσει. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [1, 2, 4].

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΜΟΙΟΤΗΤΩΝ

Συχνά, οι πληροφορίες που συλλέγονται σχετικά με τις προτιμήσεις του χρήστη και των χαρακτηριστικών των αντικειμένων παρουσιάζονται ως διανύσματα χαρακτηριστικών (Feature Vectors). Τα διανύσματα χαρακτηριστικών είναι μια συχνή και αποτελεσματική πρακτική για την σύγκριση και την ανάλυση δεδομένων. Ένας αλγόριθμος Content-Based Filtering χρησιμοποιεί τέτοια διανύσματα για τον υπολογισμό ομοιοτήτων. Ο υπολογισμός των ομοιοτήτων γίνεται με τη χρήση μετρικών ομοιότητας, όπως η Ευκλείδεια απόσταση (Euclidean distance), Ομοιότητα συνημίτονου (Cosine similarity) ή το Εσωτερικό γινόμενο (Dot product). Αυτές οι μετρικές μπορούν να βοηθήσουν σε υπολογισμό ομοιοτήτων σε ένα διανυσματικό χώρο. Παρακάτω, γίνεται μια αναφορά σε κάθε μια από αυτές τις τεχνικές. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [1, 2, 4].

3.3.1 ΕΥΚΛΕΙΔΕΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

Ως Ευκλείδεια απόσταση (Euclidean distance) δύο διανυσματικών σημείων ορίζεται το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος μεταξύ τους. Ως αποτέλεσμα, όσο μικρότερο είναι το μήκος (δηλαδή η απόσταση) του ευθύγραμμου τμήματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ομοιότητα των σημείων. Παρακάτω, παρουσιάζεται ο τύπος εύρεσης της ευκλείδειας απόστασης δύο διανυσμάτων A και B, όπου ως A_i και B_i ορίζονται οι τιμές των i-οστών χαρακτηριστικών των διανυσμάτων A και B αντίστοιχα. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [4].

$$Euclidean Distance = \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - B_i)^2} \quad (2.1)$$

3.3.2 ΟΜΟΙΟΤΗΤΑ ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ

Η ομοιότητα συνημιτόνου (Cosine similarity) είναι το συνημίτονο της γωνίας μεταξύ δύο διανυσμάτων. Επομένως, προκύπτει ότι η ομοιότητα των συνημιτόνων δεν εξαρτάται από τα μεγέθη των διανυσμάτων, αλλά μόνο από τη γωνία τους. Το αποτέλεσμα της ομοιότητας συνημιτόνου ανήκει στο διάστημα $[-1, 1]$, όπου όσο πιο κοντά στο 1 είναι το αποτέλεσμα, τόσο πιο όμοια είναι τα δύο στοιχεία που εξετάζονται. Το αποτέλεσμα της ομοιότητας μπορεί να ανήκει στο διάστημα $[0, 1]$ εάν υπολογίζονται μόνο μη-αρνητικά διανύσματα. Παρακάτω, παρουσιάζεται ο τύπος εύρεσης της ομοιότητας συνημιτόνου μεταξύ δύο διανυσμάτων A και B , όπου ως A_i και B_i ορίζονται οι τιμές των i -οστών χαρακτηριστικών των διανυσμάτων A και B αντίστοιχα. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [4].

$$\text{Cosine Similarity} = \cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}} \quad (2.2)$$

3.3.3 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΓΙΝΟΜΕΝΟ

Το εσωτερικό γινόμενο, είναι μια αλγεβρική πράξη η οποία μέσω δύο ίσου μήκους διανυσμάτων, επιστρέφει έναν αριθμό. Είναι χρήσιμο σε περιπτώσεις διανυσμάτων που αντιπροσωπεύουν αλληλεπιδράσεις χρήστη-προϊόντος. Μπορεί να υπολογίσει για παράδειγμα μια βαθμολογία συγκρίνοντας την αλληλεπίδραση ενός χρήστη και ενός προϊόντος. Όσο μεγαλύτερο είναι το αποτέλεσμα του εσωτερικού γινομένου, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ομοιότητα μεταξύ του χρήστη με το προϊόν. Παρακάτω, παρουσιάζεται ο τύπος εύρεσης του εσωτερικού γινομένου μεταξύ δύο διανυσμάτων A και B . Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [4].

$$\text{Dot Product} = A \cdot B = \sum_{i=1}^n A_i \cdot B_i \quad (2.3)$$

3.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

Με βάση τις μετρικές ομοιότητας που υπολογιστήκαν, το κάθε αντικείμενο ή προϊόν που είναι υποψήφιο να παρουσιαστεί στον χρήστη ως σύσταση λαμβάνει ένα βαθμό ομοιότητας. Έτσι, γίνεται εύκολη η ταξινόμηση των προϊόντων και η παρουσίαση στον τελικό χρήστη μόνο των προϊόντων με κορυφαίο βαθμό ομοιότητας. Σημαντικό είναι το φιλτράρισμα για τον αποκλεισμό των προϊόντων που ο χρήστης έχει ήδη αλληλεπιδράσει. Κάθε σύστημα προτάσεων έχει ορισμένο συνήθως κάποιον αριθμό προτάσεων που θα παραδώσει στον τελικό χρήστη. Για παράδειγμα θα μπορούσε το σύστημα να προτείνει τα πέντε προϊόντα με τη μεγαλύτερη βαθμολογία ομοιότητας σε σύγκριση με τις προτιμήσεις του χρήστη. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [1, 2, 4].

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΧΘΗΚΕ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Content-Based Weighted Recommender System που υλοποιήθηκε, έχει σκοπό να βοηθήσει χρήστες χωρίς μεγάλη εμπειρία σε αγορά φορητών υπολογιστών ή γενικά προϊόντων τεχνολογίας. Επομένως, θα πρέπει να γίνονται προτάσεις που στοχεύουν να προσφέρουν καλύτερη σχέση ποιότητας/τιμής (Value for money) από προϊόντα τα οποία έχει ήδη προβάλει ο χρήστης. Συγκριτικά με μια κοινή υλοποίηση ενός Content-Based Filtering συστήματος, σε αυτή την υλοποίηση χρειάζεται να συγκριθούν προϊόντα με σκοπό την εύρεση «καλύτερων» προϊόντων και όχι παρόμοιων. Η χρήση μετρικών ομοιότητας, όπως αναφέρθηκαν σε προηγούμενη ενότητα, δεν θα μπορούσε να εξυπηρετήσει αυτό το σκοπό χωρίς κάποια σημαντική τροποποίηση του τρόπου υπολογισμού των ομοιοτήτων. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα βαθμολόγησης με βάρη για κάθε χαρακτηριστικό. Αυτή η τροποποίηση του αλγορίθμου βοηθά στην εξαγωγή αποτελεσμάτων «καλύτερων» χαρακτηριστικών σε σχέση με το προϊόν που προβάλλεται.

Μεγάλη σημασία έχει να οριστεί ποιο προϊόν θεωρείται καλύτερης σχέσης ποιότητας/τιμής. Χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά όπως το όνομα κατασκευαστή, ο τύπος του επεξεργαστή, το μέγεθος της διαγώνιου της οθόνης, το μέγεθος χωρητικότητας της μνήμης RAM, το μέγεθος χωρητικότητας του σκληρού δίσκου SSD (εάν διατίθεται), το μέγεθος χωρητικότητας του σκληρού δίσκου HDD (εάν διατίθεται), το εάν διαθέτει οθόνη αφής, το μέγεθος χωρητικότητας της κάρτας γραφικών (εάν διατίθεται), η βαθμολογία του προϊόντος και τέλος η τιμή του προϊόντος. Μέσω αυτών των χαρακτηριστικών μπορούν να συγκριθούν τα προϊόντα μεταξύ τους και να δημιουργηθούν προτάσεις προϊόντων ανώτερων χαρακτηριστικών ή καλύτερης σχέσης ποιότητας/τιμής. Σε αυτή την ενότητα αναλύονται πλήρως τα βήματα του αλγορίθμου και πως γίνεται η παραγωγή προτάσεων στον τελικό χρήστη.

4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η πλατφόρμα αρχικά χρειάζεται να τροφοδοτηθεί με ένα σύνολο δεδομένων φορητών υπολογιστών. Επιλέχθηκε ένα σύνολο δεδομένων σε μορφή CSV από την σελίδα Kaggle.com [5] με δεδομένα 896 καταχωρήσεων και χαρακτηριστικά προϊόντων όπως το όνομα του κατασκευαστή, το μοντέλο του προϊόντος, το όνομα κατασκευαστή του επεξεργαστή, το μοντέλο του επεξεργαστή, τη γενιά του επεξεργαστή, τη χωρητικότητα μνήμης RAM, τον τύπο της μνήμης RAM, την χωρητικότητα του σκληρού δίσκου SSD, τη χωρητικότητα του σκληρού δίσκου HDD, το όνομα του λειτουργικού συστήματος, τα bit του λειτουργικού συστήματος, τη χωρητικότητα της κάρτας γραφικών, το είδος του βάρους του, το μέγεθος της οθόνης, τη διάρκεια εγγύησης, το εάν διαθέτει οθόνη αφής, το εάν διαθέτει Microsoft Office, την πρόσφατη τιμή, την προηγούμενη τιμή, την έκπτωση εάν υπάρχει, τα αστέρια από τις βαθμολογίες, τον αριθμό των βαθμολογιών και τον αριθμό των αξιολογήσεων.

4.3 ΠΡΟ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα χρειάζεται να περάσουν από μια διαδικασία προ-επεξεργασίας για να μπορέσει ο αλγόριθμος να τα αναλύσει. Μέσω της διαδικασίας προ-επεξεργασίας τα χαρακτηριστικά που διαθέτει το κάθε προϊόν, μετατρέπονται σε αριθμητικά στοιχεία. Τα δεδομένα από το αρχείο CSV, βρίσκονται σε μορφή κειμένου. Συγκεκριμένα, τα προϊόντα διαβάζονται από το αρχείο CSV και αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων SQLite ως τύπος δεδομένου varchar(100).

Αρχικά, το μέγεθος της οθόνης σε αρκετές εγγραφές ήταν δηλωμένο ως «Missing» από το σύνολο δεδομένων. Δηλαδή το σύνολο δεδομένων [5] δεν παρείχε πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος οθόνης σε ορισμένα προϊόντα. Σε αυτές τις περιπτώσεις αποφασίστηκε να αντικατασταθεί η ένδειξη «Missing», με τη διάμεσο (Median value) της λίστας με όλες τις

διαθέσιμες τιμές μεγέθους οθόνης. Ως διάμεσος ορίζεται η «μεσαία» τιμή μιας λίστας. Στη περίπτωση του συγκεκριμένου συνόλου δεδομένων ως διάμεσος ορίζεται η τιμή 15.6, επομένως τα στοιχεία που λείπουν αντικαθίστανται με αυτή τη τιμή. Για την εύρεση της διαμέσου και την ανάγνωση του αρχείου με το σύνολο δεδομένων (CSV) γίνεται χρήση της βιβλιοθήκης Python Pandas. Η βιβλιοθήκη Pandas χρησιμοποιεί την συνάρτηση `median()` για την εύρεση της διαμέσου ενός συνόλου τιμών και συμπεριλαμβάνει τις διπλές τιμές, επομένως λόγω του ότι η τιμή 15.6 υπάρχει σε αρκετά προϊόντα, κυριαρχεί.

Υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις δεδομένων όπου λείπουν τιμές όπως κάποιες ονομασίες μοντέλων των φορητών υπολογιστών ή γενιών επεξεργαστών. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν έγινε κάποια αλλαγή προκειμένου να αντικατασταθούν οι πληροφορίες που λείπουν καθώς δεν χρησιμοποιούνται ως χαρακτηριστικά κατά τη διαδικασία παραγωγής προτάσεων και δεν επηρεάζουν τον αλγόριθμο προτάσεων.

Οι τιμές των προϊόντων μέσα από το σύνολο δεδομένων, παρέχονται σε μορφή νομίσματος Ινδικών Ρουπιών (INR). Είναι λογικό για την καλύτερη αντιμετώπιση των δεδομένων να μετατραπούν οι τιμές των προϊόντων (πρόσφατη τιμή και προηγούμενη τιμή) σε Ευρώ (EUR). Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιήθηκε ένα έτοιμο API για την μετατροπή και την λήψη της ισοτιμίας μεταξύ INR και EUR. Το API προσφέρεται από τη διεύθυνση `exchangerate-api.com` και μέσω της διεύθυνσης <https://open.er-api.com/v6/latest/INR> [6] επιστρέφονται οι ισοτιμίες για όλα τα διαθέσιμα νομίσματα, ανάμεσά τους και το EUR. Για την μετατροπή σε Ευρώ γίνεται η πράξη: *αρχική τιμή × συναλλαγματική ισοτιμία INR/EUR*. Οι νέες τιμές για τις στήλες πρόσφατης τιμής και προηγούμενης τιμής εισάγονται στο αρχείο CSV σε νέες στήλες με ονόματα `latest_price_euro` και `old_price_euro` αντίστοιχα.

Το αρχικό αρχείο συνόλου δεδομένων δεν παρείχε ένδειξη ID για κάθε προϊόν, δεδομένο χρήσιμο για την πλατφόρμα που χρειάζεται να υλοποιηθεί. Επομένως, πρώτου γίνει εισαγωγή των δεδομένων των προϊόντων από το CSV στη βάση δεδομένων δημιουργείται μια ακόμα στήλη με όνομα ID. Σε αυτή τη στήλη υπολογίζεται η θέση του κάθε προϊόντος στο αρχείο CSV και προστίθεται για κάθε ένα το ξεχωριστό και μοναδικό του ID.

Οι επεξεργαστές των φορητών υπολογιστών, αποτελούν χαρακτηριστικό που έχει βασικό ρόλο στον υπολογισμό του συστήματος προτάσεων. Όμως, το χαρακτηριστικό των επεξεργαστών δεν είναι αριθμητικό χαρακτηριστικό και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συγκρίσεις ή πράξεις. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος έγινε αρχικά αναζήτηση όλων των διαθέσιμων μοναδικών ονομάτων μοντέλων των επεξεργαστών. Ύστερα, δημιουργήθηκε ένα λεξικό με κλειδιά το κάθε ένα ξεχωριστό όνομα και ως τιμή μια καθορισμένη τιμή που αντιπροσωπεύει το βάρος του κάθε επεξεργαστή. Το βάρος εκπροσωπεί το σκορ δύναμης του κάθε επεξεργαστή, επομένως όσο μεγαλύτερη η τιμή του βάρους του, τόσο δυνατότερος/ανώτερος είναι ο επεξεργαστής. Υπάρχουν ονόματα μοντέλων των επεξεργαστών που φαίνονται λάθος μέσα στο σύνολο δεδομένων, όπως για παράδειγμα αναφέρεται ως όνομα μοντέλου το «GeForce GTX» το οποίο αποτελεί όνομα μοντέλου κάρτας γραφικών και όχι επεξεργαστή ή το όνομα «Core m3» το οποίο λογικά είναι τυπογραφικό λάθος του επεξεργαστή «Core i3». Αποφασίστηκε σε τέτοιες περιπτώσεις αυτά τα ονόματα να θεωρηθούν ως επεξεργαστές και να μην αλλάξουν σε κάποιο άλλο όνομα, καθώς δεν είναι εύκολο να γνωρίζουμε ποιο είναι το σωστό όνομα που θα έπρεπε να έχουν.

Ένα ακόμη σημαντικό κομμάτι της προ-επεξεργασίας είναι η μετατροπή των δεδομένων από χαρακτήρες (Strings) σε αριθμητικά στοιχεία. Η μετατροπή έγινε με την χρήση της μεθόδου `annotate()` των αντικειμένων `Laptop`. Έτσι, κάθε χαρακτηριστικό που πρέπει να μετατραπεί σε αριθμητικό, αλλάζει στο σωστό τύπο δεδομένων.

4.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Αρχικά, για τον υπολογισμό των υποψήφιων προτάσεων, ο αλγόριθμος χρειάζεται τις παραμέτρους με τις προτιμήσεις του χρήστη. Έχουν οριστεί τρεις προτιμήσεις που χρειάζονται. Η πρώτη αποτελεί το ποιο φορητό υπολογιστή επέλεξε ο χρήστης να προβάλλει, άρα ποιο προϊόν έδειξε ενδιαφέρον. Η δεύτερη αποτελεί το ποια κατηγορία φορητών υπολογιστών επέλεξε. Η τρίτη είναι η μέγιστη τιμή που έχει επιλέξει ο χρήστης, το οποίο βοηθά τον αλγόριθμο να καταλάβει το ανώτατο όριο χρημάτων που επιθυμεί να διαθέσει.

Από την στιγμή που γνωρίζει ο αλγόριθμος την κατηγορία που προτιμά ο χρήστης, φιλτράρει τα διαθέσιμα προϊόντα και κάνει τον υπολογισμό μόνο πάνω σε αυτά. Αυτό αυξάνει την απόδοση του αλγόριθμου καθώς μειώνει τον όγκο των δεδομένων. Οι κατηγορίες ανάμεσα από τις οποίες μπορεί να επιλέξει ο χρήστης είναι οι παρακάτω:

- Οικονομική (Budget)
- Γενικής Χρήσης (General Use)
- Σχολή ή Γραφείο (Study or Office)
- Παιχνιδιών (Gaming)
- Δημιουργικής Εργασίας (Creative Work)

Ως οικονομικά θεωρούνται οι φορητοί υπολογιστές με μέγιστη τιμή 500 ευρώ, βάρος ThinNlight ή Casual, μνήμη RAM μεγαλύτερη ή ίση με 4 GB, μέγεθος οθόνης μεγαλύτερη ή ίση με 13 ίντσες και μικρότερη ή ίση με 16 ίντσες και αξιολογήσεις μεγαλύτερες ή ίσες από 4 αστέρια.

Ως γενικής χρήσης θεωρούνται οι φορητοί υπολογιστές με μέγιστη τιμή 700 ευρώ, βάρος ThinNlight ή Casual, μνήμη RAM μεγαλύτερη ή ίση με 4 GB και μικρότερη ή ίση με 8 GB, οθόνη μεγαλύτερη ή ίση από 13 και μικρότερη ή ίση από 16 και χωρητικότητα SSD μεγαλύτερη ή ίση από 256 GB ή χωρητικότητα HDD μεγαλύτερη ή ίση από 1000.

Ως σχολής ή γραφείου θεωρούνται οι φορητοί υπολογιστές με μέγιστη τιμή 900 ευρώ, βάρος ThinNlight ή Casual, μνήμη RAM μεγαλύτερη ή ίση από 8 GB και μικρότερη ή ίση από 16 GB, μέγεθος οθόνης μεγαλύτερο ή ίσο από 13 ίντσες και μικρότερο ή ίσο από 16 ίντσες, χωρητικότητα SSD μεγαλύτερη ή ίση από 512 GB και τέλος εάν διαθέτει Microsoft Office εγκατεστημένο.

Ως παιχνιδιών θεωρούνται οι φορητοί υπολογιστές με μνήμη RAM μεγαλύτερη ή ίση από 8 GB, χωρητικότητα SSD μεγαλύτερη ή ίση από 512 GB και κάρτα γραφικών μεγαλύτερη ή ίση από 2 GB.

Ως δημιουργική εργασία θεωρούνται φορητοί υπολογιστές με οθόνη μεγαλύτερη ή ίση από 15 ίντσες, μνήμη RAM μεγαλύτερη ή ίση από 16 GB, χωρητικότητα SSD μεγαλύτερη ή ίση από 512 GB και κάρτα γραφικών μεγαλύτερη ή ίση από 4 GB.

Ο χρήστης επιλέγοντας μια από τις κατηγορίες, προβάλλει τα προϊόντα της κατηγορίας και του προτείνονται προϊόντα από αυτή τη κατηγορία. Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν επιλέξει κάποια από αυτές τις κατηγορίες, το σύστημα αναζητά μόνο του σε ποια κατηγορία ανήκει το προϊόν που προβάλλει ο χρήστης και του προτείνει ανάλογα. Υπάρχουν περιπτώσεις που ο χρήστης δεν επιλέγει κάποια κατηγορία και το προϊόν που δείχνει ενδιαφέρον ανήκει σε παραπάνω από μια κατηγορίες. Σε αυτή τη περίπτωση προτείνονται προϊόντα από όλες τις κατηγορίες στις οποίες ανήκει.

Υπάρχουν προϊόντα τα οποία δεν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι βασικές προτάσεις έχουν το ίδιο όνομα κατασκευαστή, ή έχουν ανώτατη τιμή το ανώτατο όριο τιμής που έχει θέση ο χρήστης, ή έχουν ανώτατη τιμή την τιμή του προβαλλόμενου προϊόντος συν 100.

Μέσω του φίλτρου εύρους τιμών, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την ελάχιστη και μέγιστη τιμή προϊόντος, που επιθυμεί να προβάλλει στη λίστα με τα προϊόντα. Επιπλέον, η μέγιστη τιμή προϊόντος που επιλέγει ο χρήστης καθορίζει και τη μέγιστη τιμή των κύριων προτεινόμενων προϊόντων. Οι δευτερεύουσες προτάσεις προϊόντων δεν χρησιμοποιούν τη μέγιστη τιμή που επιλέγει ο χρήστης ή την κατηγορία προϊόντος και έτσι προτείνονται προϊόντα από όλες τις κατηγορίες για λόγους ανακάλυψης.

Η κύρια συνάρτηση `get_recommendations()` η οποία δέχεται ως ορίσματα το αντικείμενο του επιλεγμένου προϊόντος, τη λίστα με τα κατηγοριοποιημένα προϊόντα και τον αριθμό των προτάσεων που θα εξάγει (στη περίπτωση μας 10), είναι αρμόδια για παραγωγή των προτάσεων βάσει των προτιμήσεων του χρήστη. Για κάθε προϊόν στη λίστα `categorized_laptops` (λίστα με τα κατηγοριοποιημένα προϊόντα) υπολογίζεται μια βαθμολογία/σκορ συγκριτικά με το επιλεγμένο προϊόν (φυσικά εξαιρείται το επιλεγμένο προϊόν από τη σύγκριση).

Η συνάρτηση `calculate_scores()` είναι αρμόδια για τον υπολογισμό των βαθμολογιών ανάμεσα στο επιλεγμένο προϊόν με το κάθε κατηγοριοποιημένο προϊόν και δέχεται ως ορίσματα

το αντικείμενο του επιλεγμένου προϊόντος, τη λίστα με τα κατηγοριοποιημένα προϊόντα, τα εύρη τιμών των χαρακτηριστικών (attribute ranges) και τα βάρη των μοντέλων των επεξεργαστών. Αυτή η συνάρτηση αντικαθιστά ουσιαστικά τις μετρικές ομοιότητας (similarity metrics) που χρησιμοποιούνται σε έναν κοινό Content-Based Filtering αλγόριθμο, με έναν υπολογισμό βαθμολογιών συγκριτικά με το επιλεγμένο προϊόν. Χρησιμοποιούνται 10 χαρακτηριστικά για την σύγκριση επιλεγμένου προϊόντος με τα υπόλοιπα προϊόντα: το όνομα του κατασκευαστή, το βάρος/βαθμολογία του επεξεργαστή, η μνήμη RAM, ο σκληρός δίσκος SSD, ο σκληρός δίσκος HDD, το εάν διαθέτει οθόνη αφής, η κάρτα γραφικών, η βαθμολογία αξιολογήσεων, το μέγεθος οθόνης και τέλος η τιμή του προϊόντος.

Τα χαρακτηριστικά των κατηγοριοποιημένων προϊόντων (από τη λίστα κατηγοριοποιημένων προϊόντων) εισάγεται σε ένα πίνακα. Το σύνολο των τιμών αυτών, δημιουργούν το διάνυσμα χαρακτηριστικών του κάθε προϊόντος. Για τη σύγκριση των χαρακτηριστικών χρησιμοποιείται τεχνική με διανυσματικές πράξεις (vectorized operations) μέσω της βιβλιοθήκης Python NumPy. Οι διανυσματικές πράξεις αποτελούν πράξεις μεταξύ ολόκληρων διανυσμάτων ταυτόχρονα, σε αντίθεση με τη χρήση βρόχων επανάληψης σε κάθε στοιχείο ξεχωριστά. Επομένως, οι απαραίτητοι υπολογισμοί γίνονται γρηγορότερα, ο αλγόριθμος γίνεται πιο αποτελεσματικός αλλά και εύκολα επεκτάσιμος (ειδικά σε περιπτώσεις μεγαλύτερων διανυσμάτων χαρακτηριστικών).

Αρχικά η συνάρτηση `calculate_scores()`, ελέγχει για το εάν τα δύο προϊόντα που συγκρίνονται έχουν ίδιο όνομα κατασκευαστή (brand). Εάν έχουν ίδιο όνομα κατασκευαστή το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό στο τελικό διάνυσμα χαρακτηριστικών του υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος (suggested laptop), παίρνει την τιμή 1 αλλιώς παίρνει την τιμή 0. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό για το επιλεγμένο προϊόν (selected laptop) παίρνει την τιμή 0 στην αντίστοιχη στήλη του διανύσματος χαρακτηριστικών του.

Ύστερα, ελέγχεται εάν το υποψήφιο προτεινόμενο προϊόν διαθέτει οθόνη αφής. Εάν διαθέτει, το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό παίρνει την τιμή 1 στο τελικό διάνυσμα χαρακτηριστικών του, αλλιώς παίρνει την τιμή 0. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό για το επιλεγμένο προϊόν (selected laptop) παίρνει την τιμή 0 στην αντίστοιχη στήλη του διανύσματος χαρακτηριστικών του.

Σε αυτό το σημείο ο αλγόριθμος έχει όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται και τα χαρακτηριστικά για να συνθέσει τα διανύσματα χαρακτηριστικών του επιλεγμένου προϊόντος αλλά και του υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος. Τα 2 διανύσματα χαρακτηριστικών (διάνυσμα χαρακτηριστικών επιλεγμένου προϊόντος και διάνυσμα χαρακτηριστικών υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος) αποτελούνται από 10 τιμές (αφού αντιπροσωπεύουν 10 χαρακτηριστικά) και έχουν την παρακάτω μορφή:

[χαρακτηριστικό ονόματος προϊόντος, χαρακτηριστικό επεξεργαστή, χαρακτηριστικό μνήμης RAM, χαρακτηριστικό SSD, χαρακτηριστικό HDD, χαρακτηριστικό οθόνης αφής, χαρακτηριστικό κάρτας γραφικών, χαρακτηριστικό βαθμολογίας αξιολογήσεων, χαρακτηριστικό μεγέθους οθόνης, χαρακτηριστικό τιμής προϊόντος]

Επιπλέον, ορίζεται και ένα διάνυσμα που περιέχει τα βάρη του κάθε χαρακτηριστικού ορίζοντας το πόσο σημαντικό είναι το κάθε χαρακτηριστικό. Τα βάρη έχουν συνολικό άθροισμα 1, ομαλοποιώντας το αποτέλεσμα. Το διάνυσμα με τα βάρη είναι το παρακάτω:

[0.05, 0.2, 0.1, 0.1, 0.1, 0.05, 0.1, 0.05, 0.05, 0.2]

Για τον υπολογισμό της βαθμολογίας του υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος, αφαιρείται το διάνυσμα χαρακτηριστικών του επιλεγμένου προϊόντος από το διάνυσμα χαρακτηριστικών του υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος

διαφορά χαρακτηριστικών =

διάνυσμα υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος – διάνυσμα επιλεγμένου προϊόντος (2.4)

Αυτή η πράξη βοηθά να πάρουν μεγαλύτερη βαθμολογία προτεινόμενα προϊόντα με «καλύτερα» χαρακτηριστικά από το επιλεγμένο προϊόν. Για παράδειγμα, ένα υποψήφιο προτεινόμενο προϊόν με μνήμη RAM 16 GB και ένα επιλεγμένο προϊόν με μνήμη RAM 8 GB, μέσω αυτής της αφαίρεσης θα προκύψει το αποτέλεσμα 8. Ενώ ένα υποψήφιο προτεινόμενο

προϊόν με μνήμη RAM 4 GB (λιγότερη από το προτεινόμενο) και ένα επιλεγμένο προϊόν με μνήμη RAM 8 GB, μέσω αυτής της αφαίρεσης θα προκύψει το αποτέλεσμα -4. Από αυτή την πράξη αφαίρεσης εξαιρούνται τα δύο τελευταία χαρακτηριστικά (μέγεθος οθόνης προϊόντος και τιμή προϊόντος), αφού αυτά τα χαρακτηριστικά πρέπει να είναι παρόμοια μεταξύ επιλεγμένου και προτεινόμενου προϊόντος και δεν υπάρχει η έννοια του «καλύτερου».

Σε τέτοιου είδους αλγορίθμους έχει μεγάλη σημασία η ομαλοποίηση των αποτελεσμάτων (normalization). Είναι λογικό πως η πράξη της αφαίρεσης θα οδηγήσει σε μεγαλύτερες διαφορές για χαρακτηριστικά όπως η τιμή προϊόντος, σε σχέση με χαρακτηριστικά όπως η μνήμη RAM. Αυτό συμβαίνει καθώς, οι τιμές των προϊόντων είναι μεγαλύτεροι αριθμοί σε σύγκριση με ένα χαρακτηριστικό όπως η μνήμη RAM, προκαλώντας προκατάληψη (bias) στα αποτελέσματα. Για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων τα αποτελέσματα ομαλοποιούνται στο κλειστό διάστημα [-1,1]. Για την ομαλοποίηση των αποτελεσμάτων υπολογίζεται η απόλυτη διαφορά μέγιστης τιμής – ελάχιστης τιμής του κάθε χαρακτηριστικού. Η απόλυτη διαφορά μέγιστης τιμής – ελάχιστης τιμής κάθε χαρακτηριστικού δημιουργούν ένα ακόμη διάνυσμα. Ύστερα διαιρείται το διάνυσμα διαφοράς χαρακτηριστικών (εξίσωση 2.4) με το διάνυσμα απόλυτης διαφοράς μέγιστων τιμών – ελάχιστων τιμών των χαρακτηριστικών. Αποτέλεσμα αυτής της διαίρεσης είναι ένα διάνυσμα με ομαλοποιημένες βαθμολογίες χαρακτηριστικών.

$$\text{ομαλοποιημένες διαφορές} = \frac{\text{διαφορά χαρακτηριστικών}}{|\text{μέγιστη τιμή χαρακτηριστικών} - \text{ελάχιστη τιμή χαρακτηριστικών}|} \quad (2.5)$$

Μέσω της συνάρτησης `positive_contribution()` υπολογίζονται οι τελικές βαθμολογίες, πολλαπλασιάζοντας το διάνυσμα που περιέχει τα βάρη των χαρακτηριστικών με το διάνυσμα των ομαλοποιημένων βαθμολογιών. Στην περίπτωση που η ομαλοποιημένη βαθμολογία κάποιου χαρακτηριστικού είναι 0 (άρα το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος είναι ισότιμο με του επιλεγμένου προϊόντος από τον χρήστη), υπολογίζεται η τελική βαθμολογία μέσω μιας προκαθορισμένης τιμής (baseline). Η προκαθορισμένη τιμή στην περίπτωση μας έχει οριστεί 0.002. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να ορίσουμε πόσο σημαντικό είναι κάποιο χαρακτηριστικό να είναι όμοιο μεταξύ των δύο προϊόντων (παρόμοια προϊόντα) αλλά και να συμβάλλουν όλα τα χαρακτηριστικά θετικά. Ο υπολογισμός των τελικών βαθμολογιών γίνεται με την παρακάτω πράξη:

$$\text{τελική βαθμολογία} = \text{ομαλοποιημένες διαφορές} \times \text{βάρη χαρακτηριστικών} \quad (2.6)$$

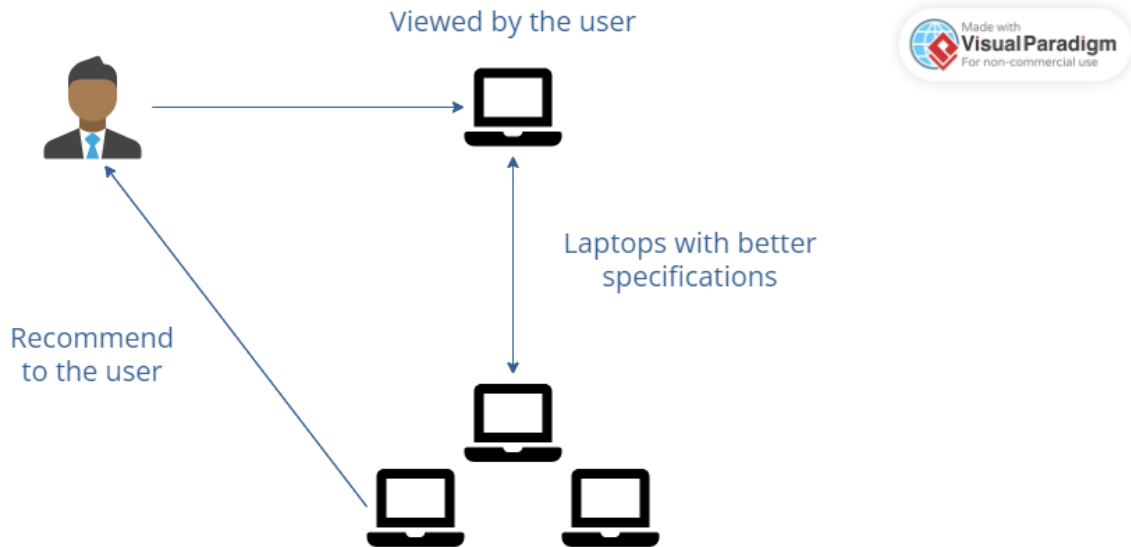
Όπως, αναλύθηκε παραπάνω τα χαρακτηριστικά του μεγέθους οθόνης και της τιμής προϊόντος, χρειάζονται ειδικό υπολογισμό. Αυτό συμβαίνει καθώς, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά, το μέγεθος οθόνης και η τιμή προϊόντος πρέπει να είναι παρόμοια μεταξύ υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος και επιλεγμένου προϊόντος. Αρχικά, υπολογίζεται η απόλυτη διαφορά (των χαρακτηριστικών μεγέθους οθόνης και τιμή προϊόντος) μεταξύ υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος και επιλεγμένου προϊόντος. Ύστερα για κάθε ένα από αυτά τα δύο χαρακτηριστικά υπολογίζεται η ομαλοποιημένη διαφορά τους, χρησιμοποιώντας την μέγιστη και ελάχιστη τιμή των δύο χαρακτηριστικών, όπως ακριβώς αναλύθηκε παραπάνω. Για το χαρακτηριστικό της τιμής του προϊόντος, ελέγχεται επίσης εάν η διαφορά τιμής μεταξύ υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος και επιλεγμένου προϊόντος είναι μικρότερη από το 50% της τιμής του επιλεγμένου προϊόντος. Τέλος, για να επιβεβαιωθεί η ομοιότητα, αντιθέτως με τον προηγούμενο τρόπο υπολογισμού της τελικής βαθμολογίας, σε αυτή τη περίπτωση υπολογίζεται η πράξη:

$$\text{τελική βαθμολογία}_{(\text{μεγέθους οθόνη ή τιμής})} = (1 - \text{ομαλοποιημένες διαφορές}) \times \text{βάρη χαρακτηριστικών} \quad (2.7)$$

Με αυτόν τον τρόπο όσο πιο μεγάλη είναι η διαφορά μεταξύ των δύο προϊόντων (σε μέγεθος οθόνης ή τιμής), τόσο μικρότερη και η τελική βαθμολογία του.

Έχοντας υπολογίσει τις τελικές βαθμολογίες για το κάθε διάνυσμα χαρακτηριστικού, ο αλγόριθμος αθροίζει όλες τις τελικές βαθμολογίες και με αυτόν τον τρόπο προκύπτει η συνολική βαθμολογία του υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος σε σχέση με το επιλεγμένο από τον χρήστη προϊόν. Προφανώς, όσο μεγαλύτερη είναι η συνολική βαθμολογία, τόσο «ανώτερο» είναι το υποψήφιο προτεινόμενο προϊόν από το επιλεγμένο προϊόν.

Τέλος, ο αλγόριθμος κάνει ταξινόμηση τη λίστα με τις συνολικές βαθμολογίες κάθε υποψήφιου προτεινόμενου προϊόντος και εμφανίζει στον χρήστη τα 10 προϊόντα με τη καλύτερη βαθμολογία.



Εικόνα 4.1: Διάγραμμα του συστήματος προτάσεων που υλοποιήθηκε.

4.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Το σύστημα έχει δημιουργηθεί έτσι ώστε να παράγει και κάποιες δευτερεύουσες προτάσεις προϊόντων. Στόχος είναι να γίνουν επιπλέον προτάσεις προϊόντων εκτός των προτιμήσεων του χρήστη. Μέσω αυτών των προτάσεων δίνεται στον χρήστη η ευκαιρία να ανακαλύψει ενδιαφέρον προϊόντα που μπορεί να είναι εκτός των φίλτρων που έχει εισάγει. Για την παραγωγή αυτών των προτάσεων χρησιμοποιείται η ίδια λογική που έχει αναφερθεί στην προηγούμενη ενότητα, με την διαφορά ότι δεν χρησιμοποιούνται οι προτιμήσεις του χρήστη όσον αφορά την μέγιστη τιμή και την κατηγορία του προϊόντος που επέλεξε να προβάλλει. Χρησιμοποιούνται τα χαρακτηριστικά του προϊόντος που επέλεξε και το συγκεκριμένο προϊόν συγκρίνεται με όλα τα διαθέσιμα προϊόντα (όχι με τα προϊόντα ίδιας κατηγορίας όπως προηγουμένως). Ο χρήστης ενημερώνεται πως προβάλλει προϊόντα για λόγους ανακάλυψης και το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι 9 επιπλέον προτάσεις προϊόντων.

4.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

Είναι πολύ σημαντικό σε τέτοια συστήματα προτάσεων, να μπορεί να επιβεβαιωθεί με έναν τρόπο η ακρίβεια του αλγορίθμου που ακολουθεί. Η αξιολόγηση του συστήματος βοηθά να γίνει έλεγχος την απόδοση του και να εντοπιστούν σημεία που χρειάζονται βελτίωση. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι μέτρησης της ακρίβειας για συστήματα προτάσεων, η επιλογή της κατάλληλης μετρικής απόδοσης εξαρτάται από τη συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης.

Στην περίπτωση του συστήματος προτάσεων που υλοποιήθηκε, προτείνονται τα κορυφαία N προϊόντα (top- N). Όπου για $N=10$, κορυφαία θεωρούνται τα 10 προτεινόμενα προϊόντα με την υψηλότερη βαθμολογία συγκριτικά με το προϊόν που έδειξε ο χρήστης ενδιαφέρον. Σε μια τέτοια περίπτωση αρμόζει να γίνει επιλογή μιας μετρικής, που θα αξιολογεί πόσο σχετικά είναι τα προϊόντα που εμφανίζονται στις κορυφαίες N θέσεις της λίστας

προτάσεων. Κάποιες μετρικές υπολογισμού που θα ταίριαζαν σε ένα τέτοιο σενάριο είναι οι παρακάτω.

Precision@N: Αυτή η μετρική υπολογίζει πόσα από τα κορυφαία N προϊόντα είναι σχετικά. Ο τύπος που χρησιμοποιεί παρουσιάζεται παρακάτω.

$$Precision@N = \frac{\text{Number of relevant items in top } N}{N} \quad (2.8)$$

Recall@N: Αυτή η μετρική υπολογίζει την αναλογία όλων των σχετικών στοιχείων που προτείνονται στις κορυφαίες N προτάσεις. Ο τύπος που χρησιμοποιεί παρουσιάζεται παρακάτω.

$$Recall@N = \frac{\text{Number of relevant items in top } N}{\text{Total number of relevant items}} \quad (2.9)$$

Mean Reciprocal Rank (MRR): Αυτή η μετρική υπολογίζει πόσο ψηλά εμφανίζεται το πρώτο σχετικό προϊόν στη λίστα. Ο τύπος που χρησιμοποιεί παρουσιάζεται παρακάτω:

$$MRR = \frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q \frac{1}{rank_i} \quad (2.10)$$

Όπου, Q είναι το σύνολο των ερωτημάτων (queries) που αξιολογούνται και $rank_i$ είναι η κατάταξη του πρώτου σχετικού στοιχείου για το i-οστό ερώτημα. Τα ευρήματα σχετικά με τις μετρικές ακρίβειας ή απόδοσης είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [7, 16].

Στην περίπτωση του συστήματος που υλοποιήθηκε σε αυτή την εργασία, επιλέχθηκε η ανάπτυξη της μετρικής Precision@N. Για την υλοποίηση αυτής της μετρικής είναι σημαντικό να ορίσουμε ποιο προϊόν θεωρείται σχετικό και ποιο όχι. Θεωρείται σχετικό το προτεινόμενο προϊόν που είναι ελαφρώς ανώτερο ή καλύτερης «ευκαιρίας» από το προϊόν που έχει επιλέξει ο χρήστης. Μέσω της συνάρτησης `relevance_criteria()` ελέγχονται τα ακόλουθα κριτήρια σχετικότητας:

- Η βαθμολογία (βάρος) του επεξεργαστή του προτεινόμενου προϊόντος να είναι ανώτερη ή ίση συγκριτικά με του επιλεγμένου προϊόντος.
- Η χωρητικότητα μνήμης RAM του προτεινόμενου προϊόντος να είναι μεγαλύτερη ή ίση με την μνήμη RAM του επιλεγμένου προϊόντος.
- Η συνολική χωρητικότητα σκληρού δίσκου SSD του προτεινόμενου προϊόντος μαζί με την χωρητικότητα σκληρού δίσκου HDD (χωρητικότητα SSD + χωρητικότητα HDD) να είναι μεγαλύτερη ή ίση με την συνολική χωρητικότητα SSD και HDD του επιλεγμένου προϊόντος (χωρητικότητα SSD + χωρητικότητα HDD).
- Η μνήμη κάρτας γραφικών του προτεινόμενου προϊόντος να είναι μεγαλύτερη ή ίση με την κάρτα γραφικών του επιλεγμένου προϊόντος.
- Η απόλυτη διαφορά μεταξύ μεγέθους οθόνης του προτεινόμενου προϊόντος και επιλεγμένου προϊόντος να είναι χαμηλότερη ή ίση από 2.
- Η απόλυτη διαφορά τιμής του προτεινόμενου προϊόντος από το επιλεγμένο προϊόν να είναι χαμηλότερη ή ίση με το 50% της τιμής του επιλεγμένου προϊόντος.

Έχει αναπτυχθεί επίσης η συνάρτηση `precision_at_n()` η οποία δέχεται ως ορίσματα το επιλεγμένο προϊόν, τη λίστα με τα προτεινόμενα προϊόντα, τον αριθμό N των κορυφαίων αποτελεσμάτων, την συνάρτηση `relevance_criteria()`, και τα βάρη των επεξεργαστών. Σκοπός αυτής της συνάρτησης είναι να χρησιμοποιήσει την συνάρτηση `relevance_criteria()` και να εξάγει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων του συστήματος προτάσεων. Για κάθε προϊόν στη λίστα με τα προτεινόμενα προϊόντα, ελέγχεται εάν ικανοποιούνται τα κριτήρια σχετικότητας μέσω της `relevance_criteria()` και εάν ικανοποιούνται προστίθεται 1 στη μεταβλητή `relevant_count`. Στο

τέλος της διαδικασίας διαιρείται η `relevant_count` με τη μεταβλητή `N` (10 σε αυτή τη περίπτωση) και το αποτέλεσμα της ακρίβειας επιστρέφεται και τυπώνεται στην οθόνη.

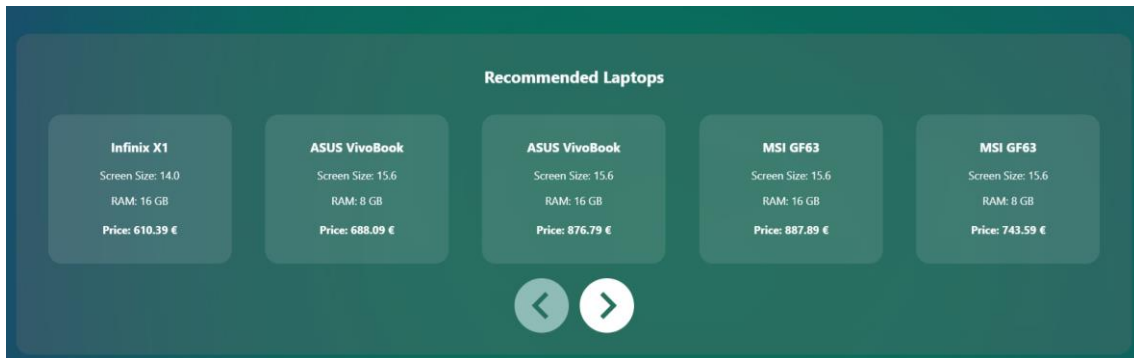
Η ακρίβεια τυπώνεται για κάθε προϊόν που επιλέγει να προβάλλει ο χρήστης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τις περισσότερες φορές ο αλγόριθμος πετυχαίνει μεγάλο αριθμό σχετικών (δηλαδή ανώτερων) προϊόντων στα 10 προτεινόμενα προϊόντα, όμως φυσικά υπάρχουν και περιπτώσεις που ο αλγόριθμος δεν πετυχαίνει πολλά σχετικά προϊόντα. Στο παρακάτω παράδειγμα, παρουσιάζεται η εκτύπωση των προτεινόμενων προϊόντων που θεωρούνται «ανώτερα» από το επιλεγμένο προϊόν ASUS VivoBook με ID 287 (κατηγορία gaming) και η τιμή της ακρίβειας Precision@N. Φαίνεται πως, από τα 10 κύρια προτεινόμενα προϊόντα που υπολόγισε το σύστημα προτάσεων, τα 9 είναι καλύτερα από το επιλεγμένο προϊόν και έτσι η τιμή της ακρίβειας είναι 0.9 ή αλλιώς 90%.

```

1 Infinix X1
2 ASUS VivoBook
3 MSI GF63
4 MSI GF63
5 Lenovo IdeaPad
6 Lenovo IdeaPad
7 ASUS ASUS
8 ASUS ROG
9 ASUS VivoBook
Precision: 0.9

```

Εικόνα 4.2: Παράδειγμα εκτύπωσης αποτελεσμάτων μέτρησης ακρίβειας με Precision@N

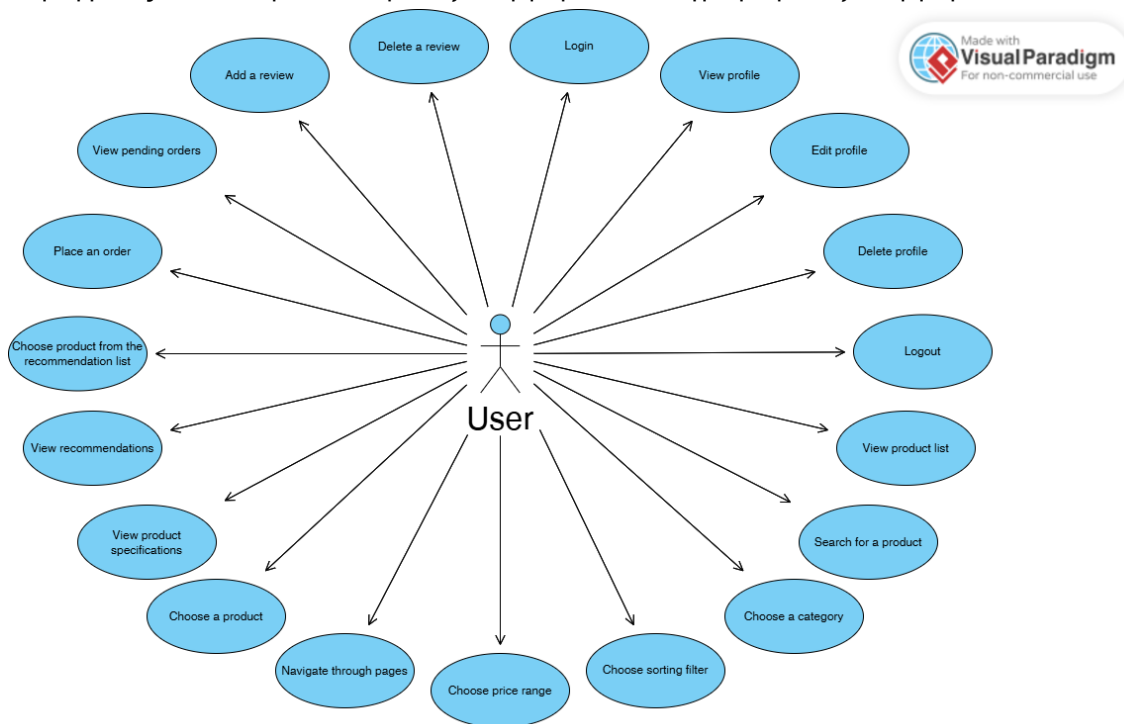


Εικόνα 4.3: Προτεινόμενα προϊόντα για το προϊόν ASUS VivoBook με ID 287

5. ΑΝΑΛΥΣΗ - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

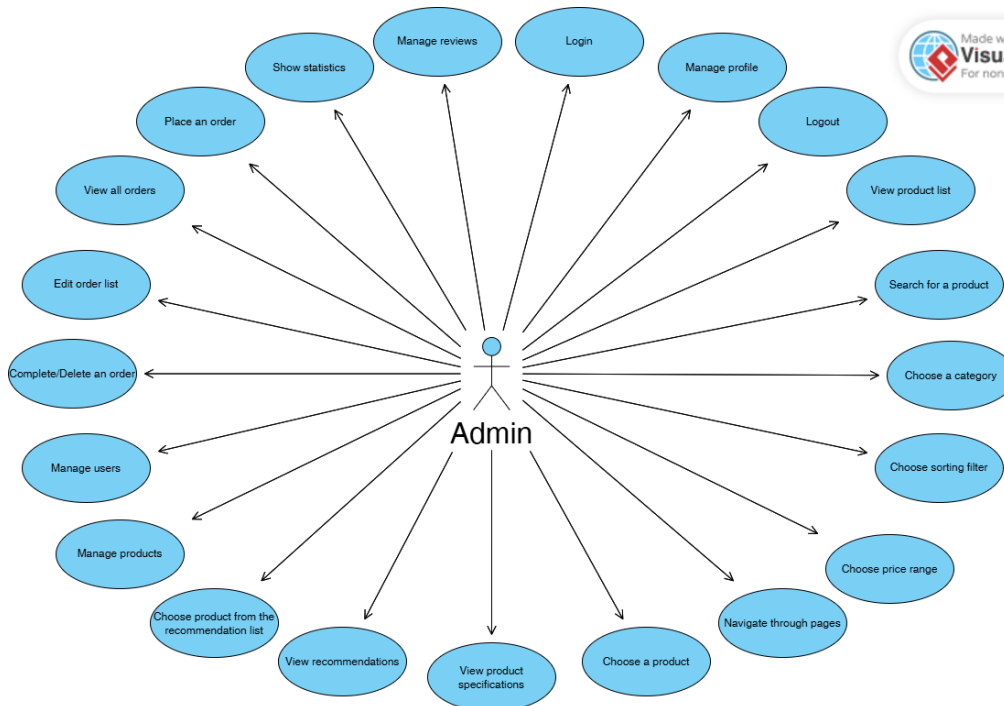
5.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΧΡΗΣΗΣ – USE CASE DIAGRAM

Το παρακάτω διάγραμμα use case απεικονίζει τις δυνατότητες που έχει ο χρήστης. Ο χρήστης μπορεί να προβάλλει τη λίστα με τα διαθέσιμα προϊόντα, να αναζητήσει ένα προϊόν, να επιλέξει μια κατηγορία προϊόντος, να επιλέξει φίλτρα ταξινόμησης, να επιλέξει φίλτρο εύρους τιμών, να επιλέξει συγκεκριμένη σελίδα από τη λίστα προϊόντων, να επιλέξει ένα προϊόν από τη λίστα, να προβάλλει τα προτεινόμενα προϊόντα, να προβάλλει τις πληροφορίες/χαρακτηριστικά ενός προϊόντος, να επιλέξει να προβάλλει ένα προϊόν από τη λίστα των προτεινόμενων προϊόντων, να συνδεθεί στην πλατφόρμα χρησιμοποιώντας τον λογαριασμό του, να προβάλλει τις πληροφορίες του λογαριασμού του, να επεξεργαστεί τις πληροφορίες του λογαριασμού του, να διαγράψει τον λογαριασμό του, να αποσυνδεθεί από τον λογαριασμό του, να προσθέσει αντικείμενα στο καλάθι αγορών του ολοκληρώνοντας μια παραγγελία, να προβάλλει εκκρεμείς παραγγελίες του, να προσθέσει μια αξιολόγηση και να διαγράψει μια αξιολόγηση.



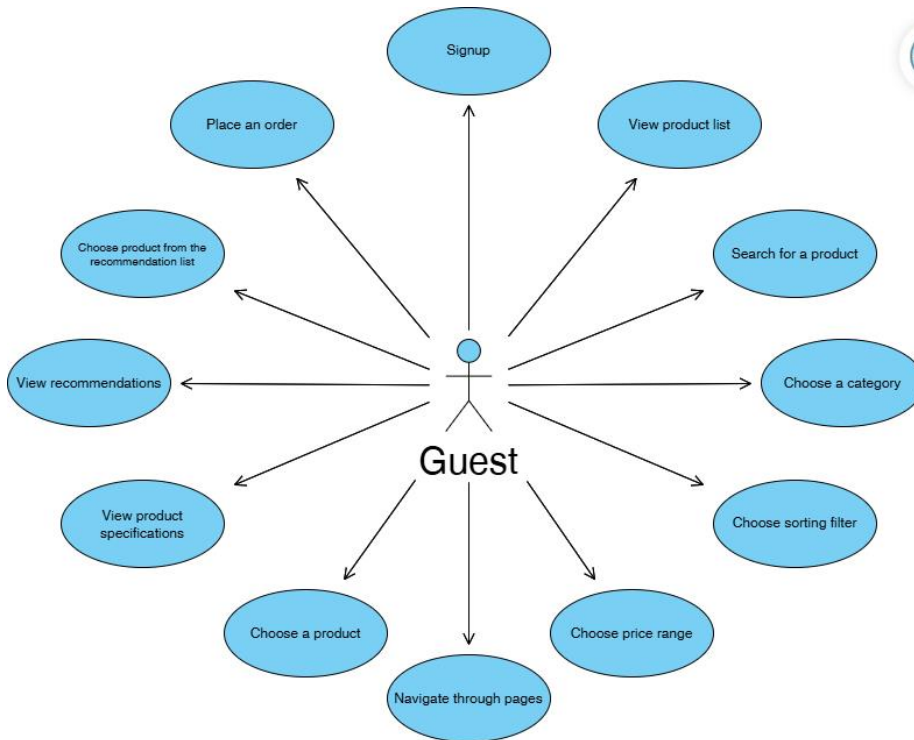
Εικόνα 5.1: Διάγραμμα use case χρήστη, το διάγραμμα δημιουργήθηκε από το online εργαλείο Visual Paradigm

Το παρακάτω διάγραμμα use case απεικονίζει τις δυνατότητες που έχει ο διαχειριστής της πλατφόρμας. Ο διαχειριστής της πλατφόρμας μπορεί να κάνει ό,τι και ο χρήστης, με επιπλέον τις δυνατότητες της προβολής όλων των παραγγελιών που έχουν προστεθεί στην πλατφόρμα, την επεξεργασία μιας παραγγελίας, την επιλογή ολοκλήρωσης μιας παραγγελίας, την προβολή στατιστικών και διαχείριση αξιολογήσεων προϊόντων. Επιπλέον, μέσω της σελίδας localhost:8000/admin που προσφέρεται από το Django ο διαχειριστής μπορεί να διαχειριστεί τις πληροφορίες των χρηστών, των προϊόντων και των παραγγελιών.



Εικόνα 5.2: Διάγραμμα use case διαχειριστή, το διάγραμμα δημιουργήθηκε από το online εργαλείο Visual Paradigm

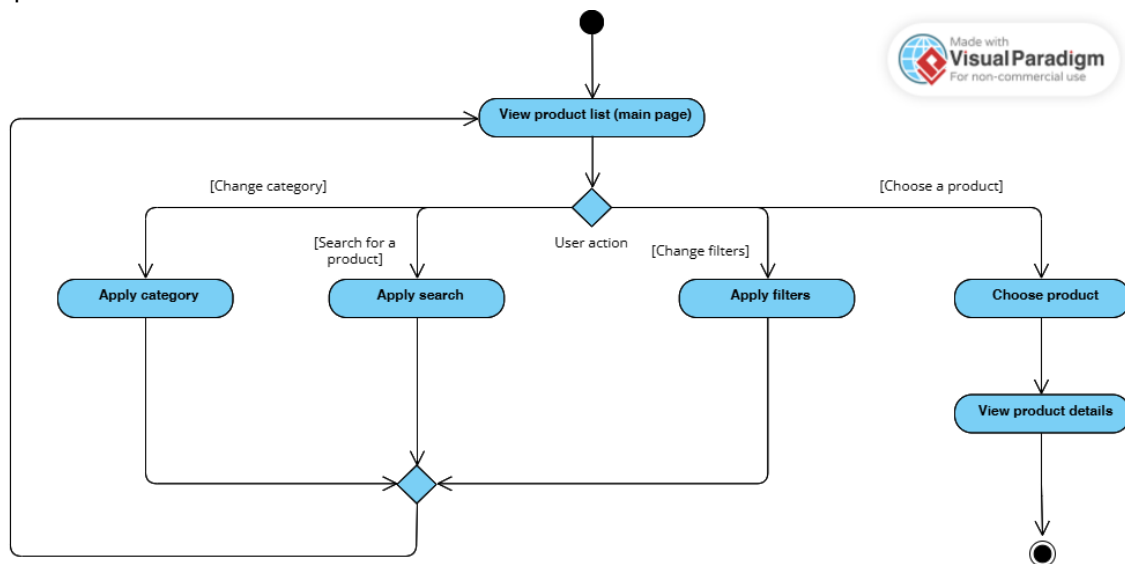
Το παρακάτω διάγραμμα use case απεικονίζει τις δυνατότητες που έχει ένας επισκέπτης της πλατφόρμας. Ως επισκέπτης ορίζεται ο χρήστης ο οποίος δεν έχει δημιουργήσει λογαριασμό ή δεν έχει συνδεθεί στον λογαριασμό του. Ένας επισκέπτης, μπορεί να προβάλλει τη λίστα με τα διαθέσιμα προϊόντα, να αναζητήσει ένα προϊόν, να επιλέξει μια κατηγορία προϊόντος, να επιλέξει φίλτρα ταξινόμησης, να επιλέξει φίλτρο εύρους τιμών, να επιλέξει συγκεκριμένη σελίδα από τη λίστα προϊόντων, να επιλέξει ένα προϊόν από τη λίστα, να προβάλλει τα προτεινόμενα προϊόντα, να προβάλλει τις πληροφορίες/χαρακτηριστικά ενός προϊόντος, να επιλέξει να προβάλλει ένα προϊόν από τη λίστα των προτεινόμενων προϊόντων, να προσθέσει αντικείμενα στο καλάθι αγορών του ολοκληρώνοντας μια παραγγελία και να εγγραφεί στην πλατφόρμα.



Εικόνα 5.3: Διάγραμμα use case επισκέπτη, το διάγραμμα δημιουργήθηκε από το online εργαλείο Visual Paradigm

5.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ – ACTIVITY DIAGRAMS

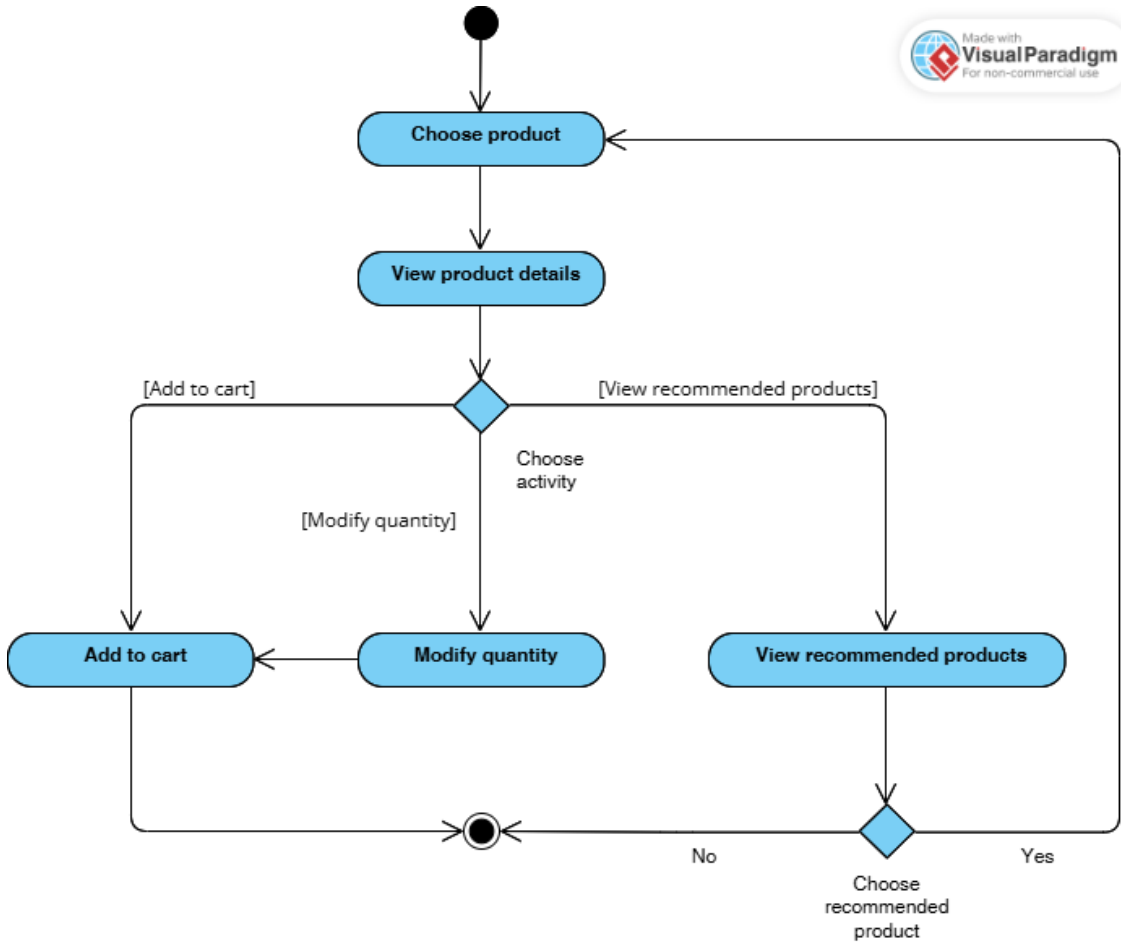
Δημιουργήθηκαν τα παρακάτω διαγράμματα δραστηριοτήτων. Το διάγραμμα δραστηριοτήτων της αρχικής σελίδας, παρουσιάζει τον χρήστη να μπορεί να προβάλλει την λίστα προϊόντων, να επιλέξει εφαρμογή φίλτρων (τιμής ή ταξινομήσης), να αλλάξει κατηγορία προβολής και να προβάλλει τις λεπτομέρειες ενός προϊόντος αφού μεταφερθεί στη σελίδα λεπτομερειών προϊόντων.



Εικόνα 5.4: Διάγραμμα δραστηριοτήτων επιλογής προϊόντος και εφαρμογής φίλτρων

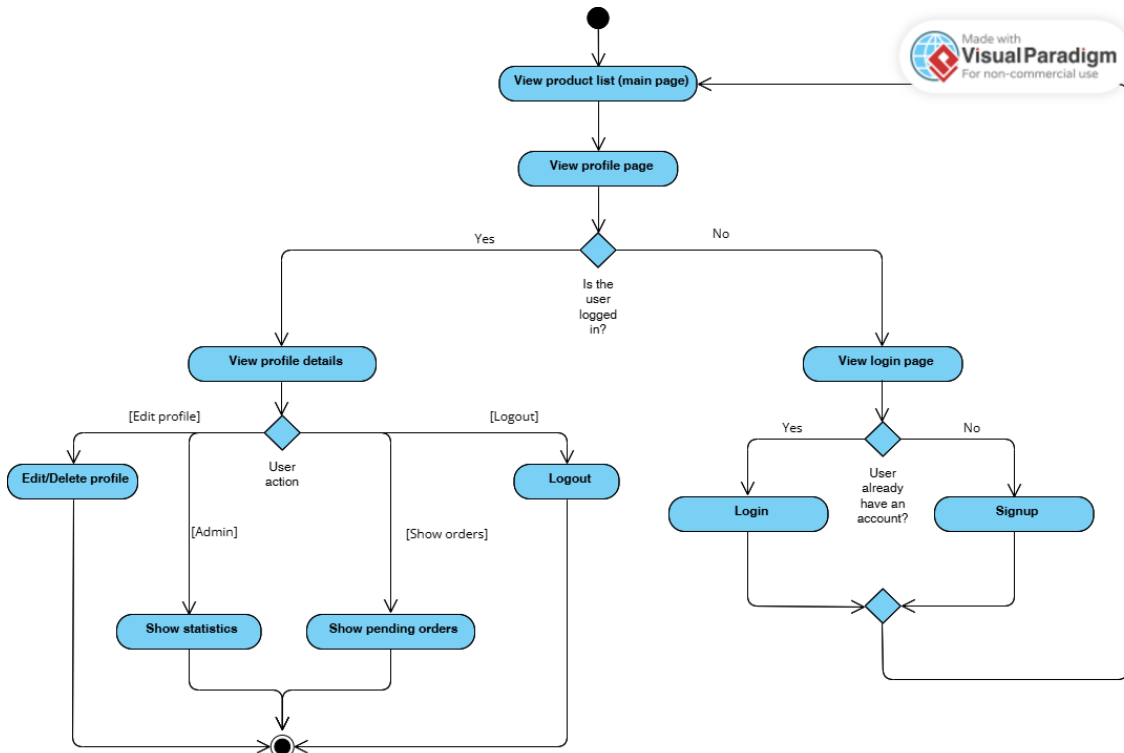
Το διάγραμμα δραστηριοτήτων της σελίδας λεπτομερειών προϊόντων, παρουσιάζει τον χρήστη να μπορεί να προβάλλει τις λεπτομέρειες/χαρακτηριστικά του προϊόντος που επέλεξε, να

προσθέσει το προϊόν στο καλάθι αγορών, να επεξεργαστεί την ποσότητα του προϊόντος, να προβάλλει τη λίστα με τα προτεινόμενα προϊόντα και τέλος να επιλέξει ένα προϊόν από τα προτεινόμενα προϊόντα και να μεταφερθεί στη σελίδα με τις λεπτομέρειες αυτού του προϊόντος.



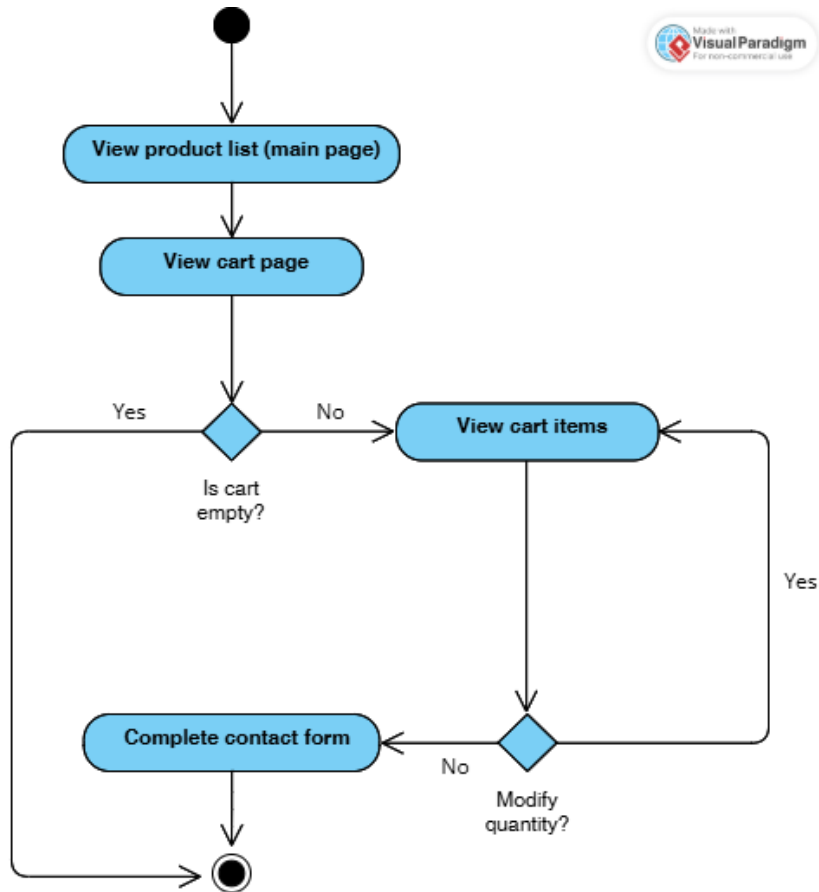
Εικόνα 5.5: Διάγραμμα δραστηριοτήτων σελίδας λεπτομερειών προϊόντος

Το διάγραμμα δραστηριοτήτων της σελίδας προφίλ, παρουσιάζει τον χρήστη να μπορεί να προβάλλει τις πληροφορίες του προφίλ του εάν είναι συνδεδεμένος στο λογαριασμό του και να μεταφερθεί στη σελίδα εισόδου εάν δεν είναι συνδεδεμένος. Εάν είναι συνδεδεμένος στο λογαριασμό του μπορείς επίσης να επεξεργαστεί τις πληροφορίες του, να διαγράψει το λογαριασμό του ή να κάνει αποσύνδεση. Εάν ο χρήστης είναι διαχειριστής μπορεί να προβάλλει όλες τις παραγγελίες τις πλατφόρμας, να τις επεξεργαστεί ή να τις διαγράψει και να προβάλλει τα στατιστικά, ενώ εάν είναι απλός χρήστης μπορεί να προβάλλει τις εκκρεμείς παραγγελίες του.



Εικόνα 5.6: Διάγραμμα δραστηριοτήτων σελίδας προφίλ

Το διάγραμμα δραστηριοτήτων του καλαθιού αγορών, παρουσιάζει τον χρήστη να μπορεί να προβάλλει τα προϊόντα του καλαθιού αγορών, εάν έχει προσθέσει προϊόντα στο καλάθι. Επιπλέον, μπορεί να αλλάξει την ποσότητα των προϊόντων ή να αφαιρέσει προϊόντα από το καλάθι. Τέλος, μπορεί να υποβάλλει την φόρμα επικοινωνίας και να ολοκληρώσει μια παραγγελία.



Εικόνα 5.7: Διάγραμμα δραστηριοτήτων καλαθιού αγορών

6. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

6.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ

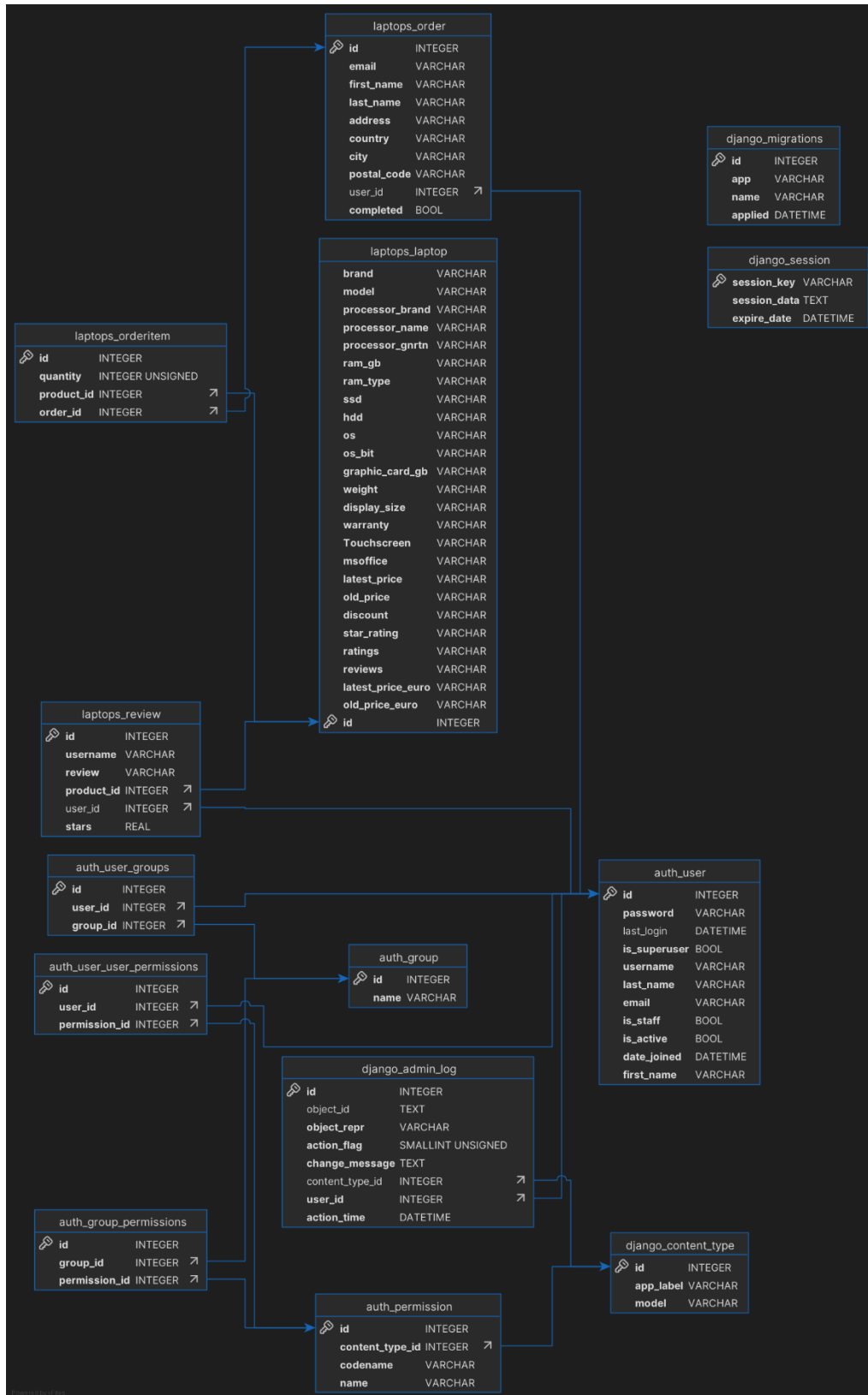
Η εφαρμογή έχει υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας το Python-based web framework Django για το backend και τη βιβλιοθήκη JavaScript React για το frontend. Αναλυτικά, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τεχνολογίες:

- **Γλώσσες προγραμματισμού:** Python, JavaScript
- **Βιβλιοθήκες και framework (Backend):** Django, NumPy, Pandas, Django Rest Framework, Requests
- **Βιβλιοθήκες και framework (Frontend):** React, Axios, React-Rating, Material UI
- **Βάσεις δεδομένων:** SQLite
- **Περιβάλλον ανάπτυξης:** Microsoft Visual Studio Code

Το Django project που αφορά το backend της εφαρμογής βρίσκεται στον φάκελο «Backend» και το React project που αφορά το frontend της εφαρμογής βρίσκεται στο φάκελο «Frontend».

6.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BACKEND

Το Django είναι ένα web framework σε Python, ιδανικό για τη δημιουργία backend ενός συστήματος προτάσεων όπως σε αυτή την εφαρμογή. Λόγω της αρχιτεκτονικής του Django η εφαρμογή μπορεί να διαχειριστεί υψηλό όγκο δεδομένων και υπολογισμών αποτελεσματικά. Άρα αποτελεί σωστή επιλογή για ένα σύστημα προτάσεων που χρειάζεται να υπολογίσει γρήγορα τις προτάσεις και να διαχειριστεί μεγάλο όγκο πληροφορίας. Επιπλέον, μέσω του Django Rest Framework, γίνεται εύκολη η δημιουργία API. Η ενσωμάτωση της SQLite ως προκαθορισμένη βάση δεδομένων, δίνει την δυνατότητα να αναπτυχθεί μια εφαρμογή με γρήγορους ρυθμούς. Η Python είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται αρκετά για υλοποιήσεις εφαρμογών μηχανικής μάθησης ή ανάλυσης δεδομένων και οι βιβλιοθήκες που διαθέτει για επεξεργασία δεδομένων είναι πολύ χρήσιμες σε τέτοια συστήματα. Παρακάτω, φαίνεται εικόνα από το σχήμα της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιείται από το Django. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [8].



Εικόνα 6.1: Σχήμα βάσης δεδομένων σε SQLite που χρησιμοποιείται στην εφαρμογή. Το σχήμα δημιουργήθηκε με το εργαλείο DbVisualizer [9]

6.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ FRONTEND

Οι δυνατότητες της βιβλιοθήκης JavaScript React.js κάνουν αποδοτική και ευέλικτη την υλοποίηση φιλικών προς το χρήστη διεπαφών. Η React ακολουθεί μια λογική αρχιτεκτονικής βασισμένη σε components. Τα components επιτρέπουν να χωριστεί η διεπαφή χρήστη (UI) σε επαναχρησιμοποιούμενα κομμάτια. Επομένως, η διαδικασία ανάπτυξης μπορεί να διαχειριστεί με ευκολία και να διατηρηθεί μελλοντικά. Η React επίσης εφαρμόζει Virtual DOM μέσω του οποίου οι αλλαγές στη διεπαφή χρήστη γίνονται χωρίς επαναφόρτωση όλης της προηγούμενης σελίδας. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία [10, 11].

6.4 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ FRONTEND-BACKEND

Το backend της εφαρμογής αποτελείται από ένα web service που δίνει την δυνατότητα μέσω της διεύθυνσης localhost:8000 να επικοινωνήσει το frontend μαζί του. Έχουν δημιουργηθεί τα εξής API endpoints που μπορεί να καλέσει κάποιος. Τα API endpoints που δημιουργήθηκαν επιτρέπουν CRUD λειτουργίες (Create, Read, Update, Delete).

Το **GET api/populate_laptops_from_csv/** με το οποίο μπορεί κανείς να πάρει τα δεδομένα, να εφαρμόσει τα στάδια προ-επεξεργασίας στα δεδομένα και να τα αποθηκεύσει στη βάση δεδομένων SQLite.

Το **GET api/get_laptops_data/** με το οποίο μπορεί κανείς να λάβει τα δεδομένα όλων των αποθηκευμένων φορητών υπολογιστών.

Το **GET api/laptops/<int:laptop_id>/<str:maxPrice>/<str:category>/recommendations/** μέσω του οποίου κάποιος μπορεί να λάβει τη λίστα με τα προτεινόμενα προϊόντα. Στη θέση laptop_id πρέπει να γίνει εισαγωγή του ID του προϊόντος που μας ενδιαφέρει, στη θέση maxPrice πρέπει να γίνει εισαγωγή της μέγιστης τιμής και στη θέση category την κατηγορία φορητού υπολογιστή που μας ενδιαφέρει.

Το **POST api/register/** το οποίο επιτρέπει την εγγραφή νέων χρηστών στην πλατφόρμα.

Το **POST api/login/** το οποίο επιτρέπει την είσοδο ενός εγγεγραμμένου χρήστη στην πλατφόρμα.

Το **POST api/logout/** το οποίο επιτρέπει την αποσύνδεση ενός χρήστη από την πλατφόρμα.

Το **GET api/get_user_data/** το οποίο μας δίνει τη δυνατότητα να λάβουμε τα στοιχεία προφίλ του συνδεδεμένου χρήστη και **api/get_user_data/<int:all>** το οποίο επιτρέπει στους διαχειριστές να προβάλλουν τον αριθμό των συνολικών χρηστών στην πλατφόρμα.

Το **PUT api/update_profile/** το οποίο επιτρέπει στον χρήστη να επεξεργαστεί τις πληροφορίες του προφίλ του.

Το **DELETE api/delete_profile/** το οποίο επιτρέπει στον χρήστη να διαγράψει το προφίλ του από την πλατφόρμα.

Το **POST api/order/** το οποίο επιτρέπει στον χρήστη να κάνει παραγγελίες και να αποθηκευτούν στην βάση δεδομένων.

Τα **GET api/get_orders/** και **api/get_orders/<int:order_id>/** τα οποία επιτρέπουν στους διαχειριστές τις πλατφόρμας να λάβουν όλες τις εκκρεμείς παραγγελίες ή μια συγκεκριμένη μέσω του μοναδικού της ID. Επίσης, μέσω του **GET api/get_orders/** οι απλοί χρήστες μπορούν να προβάλλουν τις εκκρεμείς παραγγελίες τους.

Το **PUT api/edit_order/<int:order_id>/** το οποίο επιτρέπει στους διαχειριστές να επεξεργαστούν μια παραγγελία από τη λίστα όλων των παραγγελιών.

Το **DELETE api/delete_order/<int:order_id>/** το οποίο επιτρέπει στους διαχειριστές να διαγράψουν από τη βάση δεδομένων μια παραγγελία, αφού έχει ολοκληρωθεί, δίνοντας το μοναδικό ID της παραγγελίας.

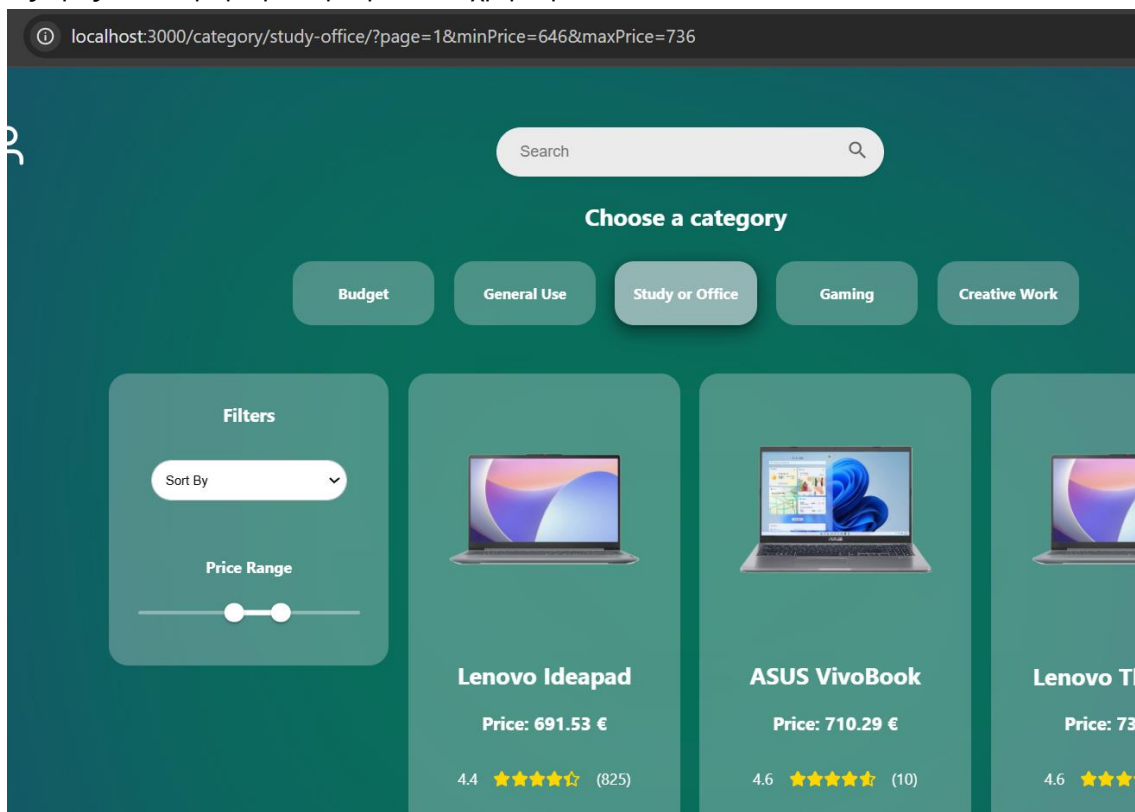
Το **POST api/post_review/** το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να δημοσιεύουν μια αξιολόγηση για ένα προϊόν.

Το **GET api/get_reviews/** και **api/get_reviews/<int:product_id>** το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να προβάλλουν αξιολογήσεις.

Το **DELETE api/delete_review/<int:review_id>** το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να

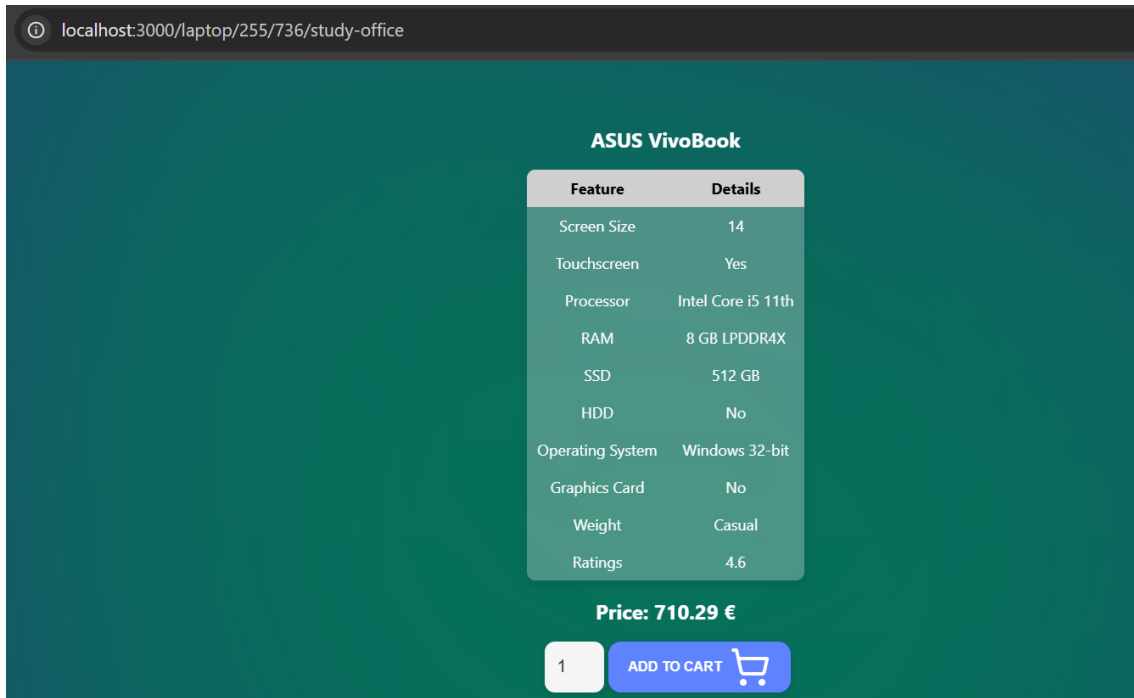
διαγράψουν μια αξιολόγηση που έχουν γράψει και στους διαχειριστές να διαγράψουν οποιαδήποτε αξιολόγηση.

Το frontend διαχειρίζεται αυτά τα endpoints μέσω της βιβλιοθήκης Axios, η οποία δίνει τη δυνατότητα να γίνουν αιτήματα HTTP και να λάβουμε απαντήσεις από το web service. Όταν ένας χρήστης επιλέξει μια κατηγορία και το εύρος τιμών που τον ενδιαφέρει, οι παράμετροι αυτοί εισάγονται στη διεύθυνση της σελίδας και μπορούν να σταλούν στο backend. Στο παρακάτω παράδειγμα, φαίνεται εικόνα από τη λειτουργία της εφαρμογής όπου ο χρήστης επιλέγει την κατηγορία Study or Office, εύρος τιμών με ελάχιστη τιμή 646 ευρώ και μέγιστη τιμή 736 ευρώ και τέλος σελίδα λίστας προϊόντων νούμερο 1. Η διεύθυνση φαίνεται πως έχει πάρει τις τιμές των παραμέτρων/φίλτρων του χρήστη.

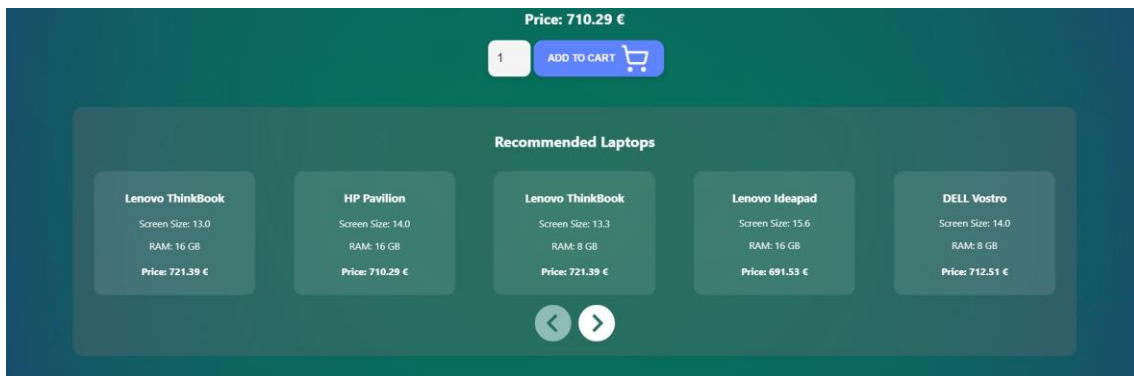


Εικόνα 6.2: Εισαγωγή προτιμήσεων χρήστη στη διεύθυνση της εφαρμογής

Όταν ο χρήστης επιλέξει να προβάλλει τις λεπτομέρειες ενός προϊόντος από τη λίστα μεταφέρεται στη διεύθυνση /laptop/id/maxPrice/category όπου id είναι το ID του προϊόντος στην πλατφόρμα maxPrice είναι η μέγιστη τιμή που δήλωσε από το εύρος τιμών προηγουμένως και category είναι η κατηγορία που επέλεξε να προβάλλει. Τα δεδομένα στέλνονται στο web service και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της λίστας προτάσεων προϊόντων. Με βάση το προηγούμενο παράδειγμα η σελίδα λεπτομερειών ενός προϊόντος με κωδικό ID 255 είναι η παρακάτω:

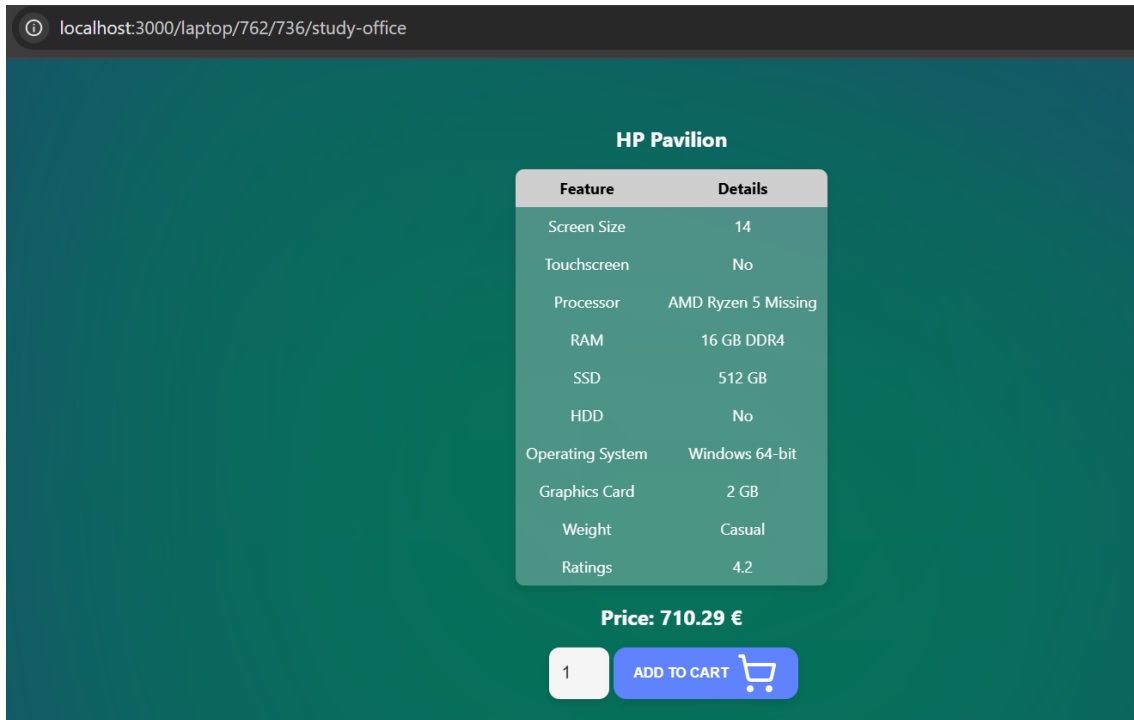


Εικόνα 6.3: Σελίδα λεπτομερειών προϊόντος με κωδικό ID 255



Εικόνα 6.4: Προτεινόμενα προϊόντα με μέγιστη τιμή 736 Ευρώ

Σε περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει ένα προϊόν από τα προτεινόμενα, μεταφέρετε στην σελίδα αυτού του προϊόντος και οι προτιμήσεις μέγιστης τιμής και κατηγορίας μένουν ίδιες. Για παράδειγμα στην παρακάτω εικόνα επιλέχθηκε το πρώτο προϊόν HP Pavilion με ID 762 και η μέγιστη τιμή αλλά και η κατηγορία έμειναν ίδιες.



Εικόνα 6.5: Παράδειγμα επιλογής προτεινόμενου προϊόντος

6.5 ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ

Για την εκκίνηση της εφαρμογής, χρειάζεται να γίνει έναρξη των development server για το backend και το frontend αντίστοιχα, ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

Για το backend:

Χρησιμοποιώντας τη γραμμή εντολών (Command Prompt – `cmd.exe`) μεταφερόμαστε στον φάκελο με όνομα «backend» εισάγοντας την εντολή `cd .\backend\`. Ύστερα για να τρέξει το backend στον development server εισάγεται η εντολή `python manage.py run`. Ο development server θα τρέξει στην προκαθορισμένη διεύθυνση `localhost:8000`.

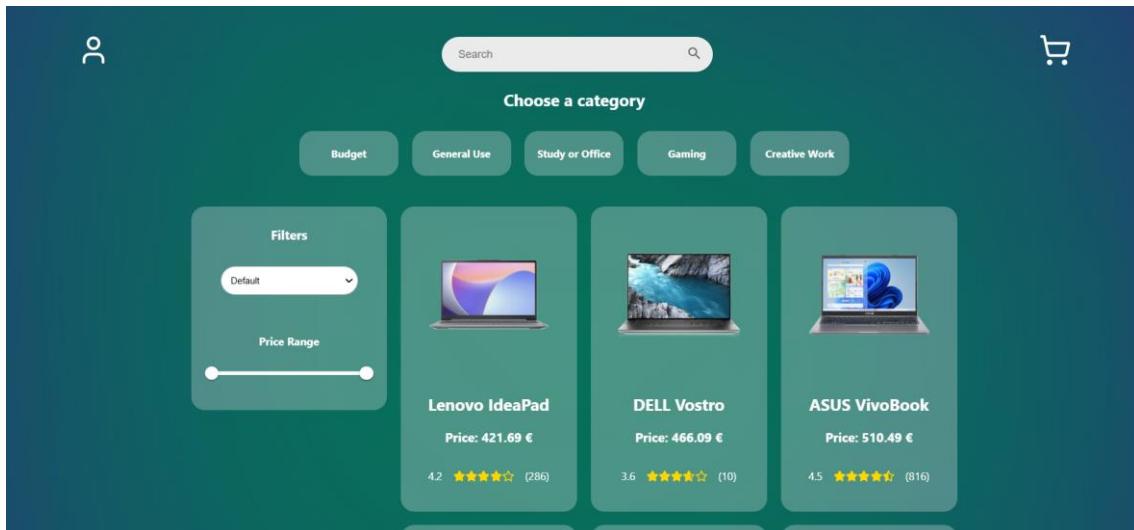
Για το frontend:

Χρησιμοποιώντας τη γραμμή εντολών μεταφερόμαστε στο φάκελο με όνομα «frontend» εισάγοντας την εντολή `cd .\frontend\`. Ύστερα εισάγεται η εντολή `npm start`. Ο development server θα τρέξει στην προκαθορισμένη διεύθυνση `localhost:3000`.

7. ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΤΗ

7.1 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

Αφού εισάγετε την διεύθυνση συνδέσμου που οδηγεί στην πλατφόρμα, φορτώνεται η κεντρική σελίδα. Η κεντρική σελίδα περιέχει μια λίστα με όλα τα διαθέσιμα προϊόντα (φορητούς υπολογιστές) του διαδικτυακού καταστήματος.



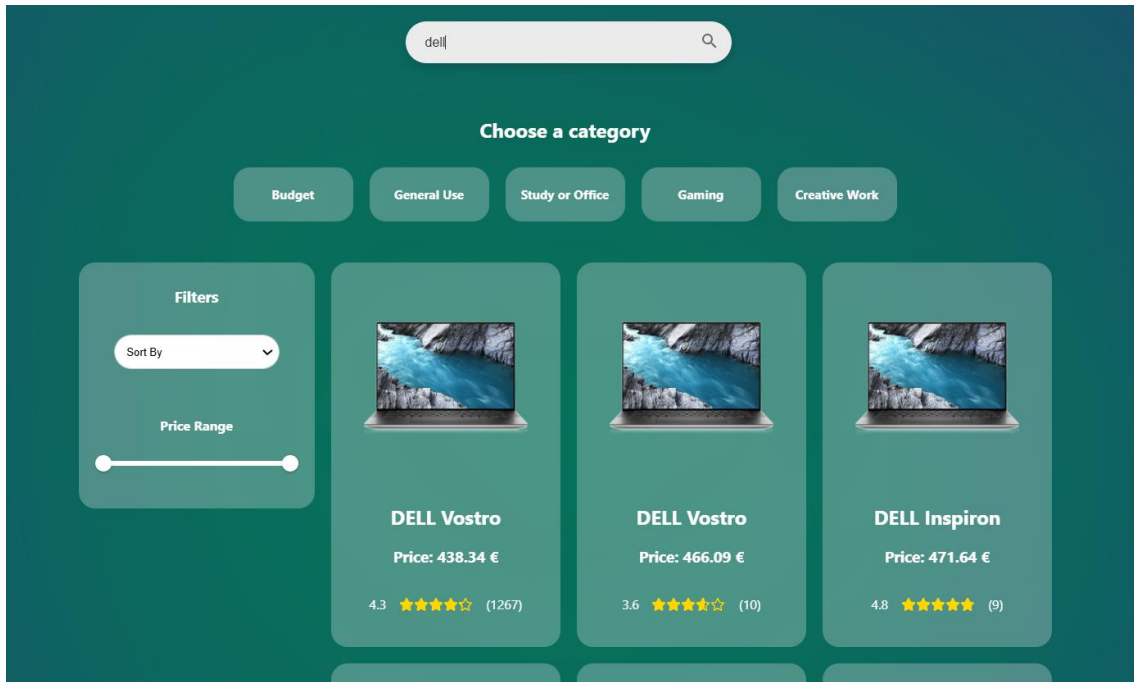
Εικόνα 7.1: Κεντρική σελίδα εφαρμογής

Από την κεντρική σελίδα μπορείτε να επιλέξετε ανάμεσα στις παρακάτω ενέργειες: αναζήτηση προϊόντος μέσω της μπάρας αναζήτησης, επιλογή κατηγορίας προϊόντος, επιλογή φίλτρων αναζήτησης όπως ταξινόμηση και εύρος τιμών, επιλογή προϊόντος από τη λίστα, αλλαγή σελίδας προβολής από το μενού, προβολή προφίλ ή σύνδεση στην πλατφόρμα ή εγγραφή στην πλατφόρμα και προβολή του καλαθιού αγορών.

7.1.1 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

Με τη χρήση της μπάρας αναζήτησης, που βρίσκεται στο πάνω μέρος κεντρικά της οθόνης, μπορείτε να αναζητήσετε ένα συγκεκριμένο προϊόν από τη πλατφόρμα. Για να πραγματοποιήσετε αναζήτηση, απλώς πληκτρολογήστε το όνομα κατασκευαστή ή το μοντέλο του φορητού υπολογιστή που επιθυμείτε να προβάλλετε.

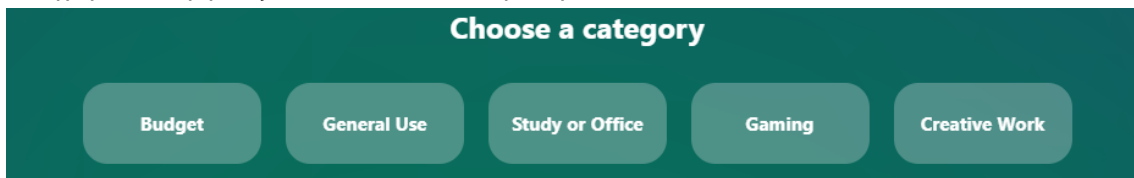
Η αναζήτηση πραγματοποιείται αυτόματα από τη στιγμή που πληκτρολογήσετε τον πρώτο χαρακτήρα στο πλαίσιο κειμένου. Δεν χρειάζεται να πατήσετε το κουμπί Enter ή το εικονίδιο αναζήτησης. Επιπλέον, δεν είναι ανάγκη να χρησιμοποιείτε κεφαλαία για τις ονομασίες κατασκευαστή ή μοντέλου προϊόντος, αφού η αναζήτηση λειτουργεί συγκρίνοντας τους μόνο τα γράμματα των χαρακτήρων.



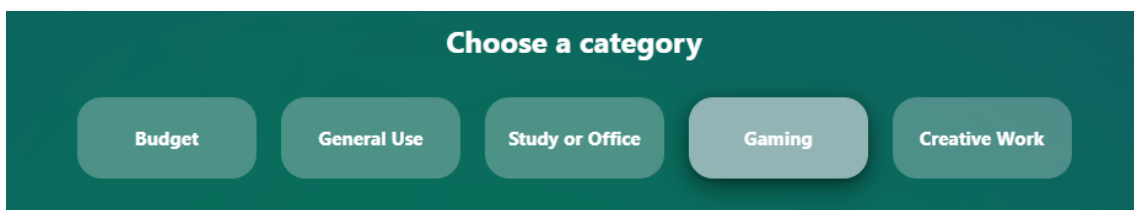
Εικόνα 7.2: Αναζήτηση όρου «dell» στην μπάρα αναζήτησης

7.1.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ

Μπορείτε να επιλέξετε την κατηγορία φορητών υπολογιστών που επιθυμείτε να προβάλλετε μέσα από το μενού “Choose a category”. Οι διαθέσιμες κατηγορίες είναι οι παρακάτω: Budget (Οικονομικά), General User (Γενικής χρήσης), Study or Office (Σχολή ή Γραφείο), Gaming (Παιχνιδιών), Creative Work (Δημιουργικής Εργασίας) και προκαθορισμένη, δηλαδή χωρίς κατηγορία. Για να επιλέξετε μια κατηγορία απλώς κάντε αριστερό κλικ στο κατάλληλο πεδίο. Κάνοντας ξανά αριστερό κλικ στην επιλεγμένη κατηγορία μεταφέρεστε στην προκαθορισμένη κατηγορία και εμφανίζονται όλα τα διαθέσιμα προϊόντα.



Εικόνα 7.3: Πεδίο εισαγωγής κατηγορίας προϊόντων

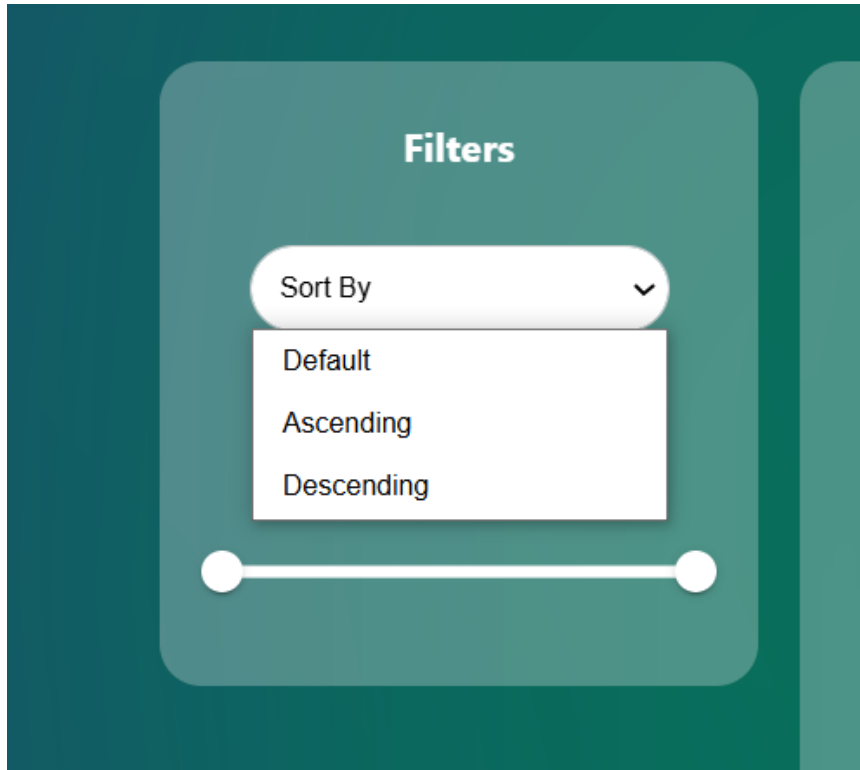


Εικόνα 7.4: Εισαγωγή κατηγορίας «Gaming»

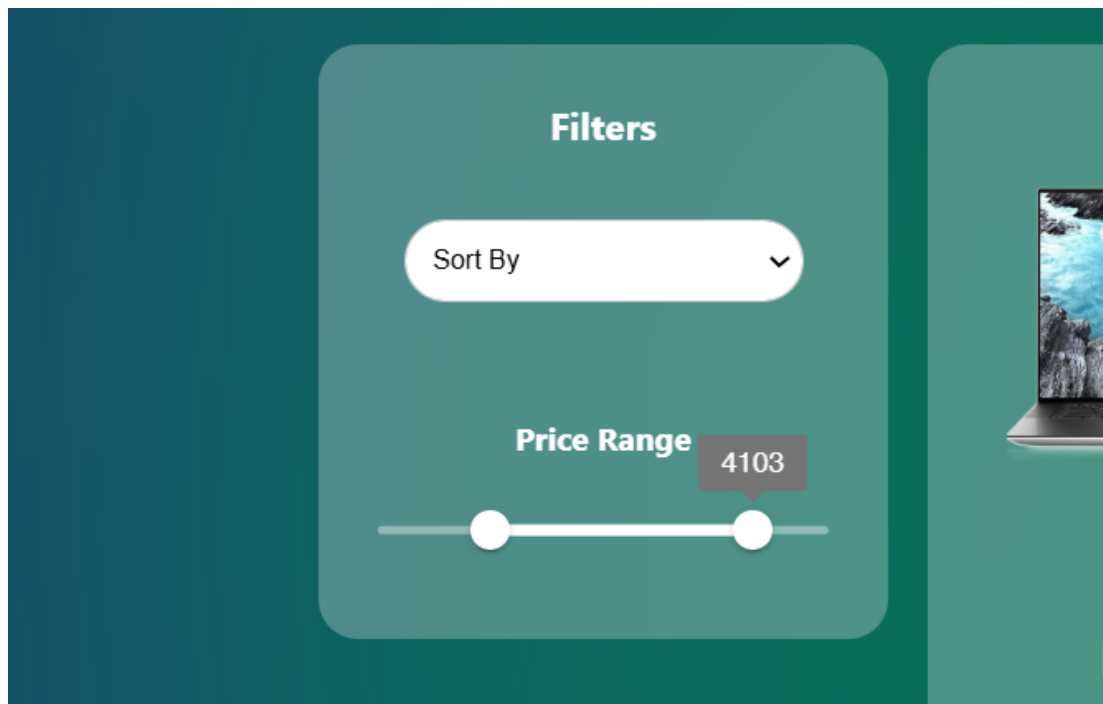
7.1.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ

Μπορείτε να προσθέσετε φίλτρα τιμής στους φορητούς υπολογιστές που παρακολουθείτε επιλέγοντας ανάμεσα σε φίλτρα Ascending (Αύξουσα σειρά), Descending (Φθίνουσα σειρά) και Default (Προκαθορισμένη σειρά). Επίσης μπορείτε να προσθέσετε φίλτρα εύρους τιμών επιλέγοντας ελάχιστη τιμή και μέγιστη τιμή μέσω του ολισθητή τιμών, «σέρνοντας» τον ολισθητή

τιμών στην επιθυμητή τιμή. Φέρνοντας τον κέρσορα πάνω από το σημείο της ελάχιστης ή της μέγιστης τιμής, μπορείτε να προβάλλετε την μέγιστη και ελάχιστη τιμή. Επιλέγοντας ελάχιστη και μέγιστη τιμή, προβάλλονται προϊόντα εντός αυτών των ορίων και σας προτείνονται προϊόντα με αυτή τη μέγιστη τιμή. Τα διαθέσιμα φίλτρα βρίσκονται στο πάνω και αριστερό μέρος της οθόνης.



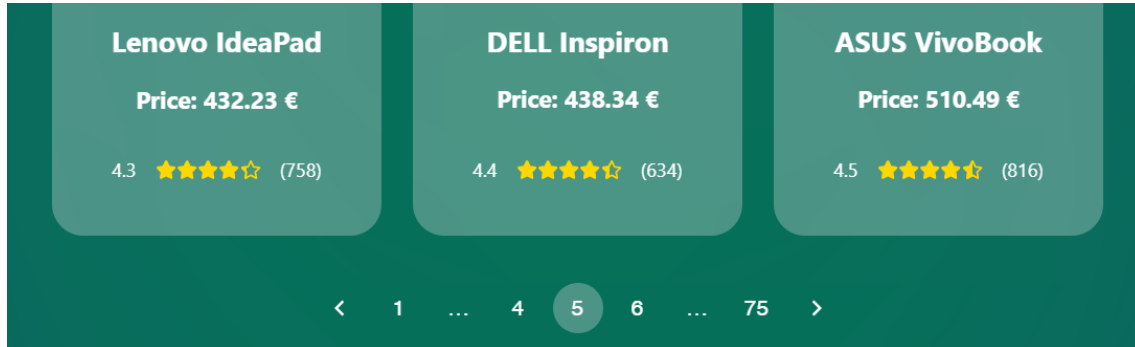
Εικόνα 7.5: Εισαγωγή φίλτρων ταξινόμησης τιμής



Εικόνα 7.6: Εισαγωγή φίλτρων εύρους τιμής

7.1.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΛΙΔΑΣ

Μπορείτε να πλοηγηθείτε ανάμεσα στις σελίδες των προϊόντων επιλέγοντας τη σελίδα που επιθυμείτε να μεταβείτε μέσα από το μενού σελιδοποίησης της πλατφόρμας. Για να μεταβείτε σε κάποια σελίδα μπορείτε να κάνετε αριστερό κλικ στον αριθμό του μενού σελιδοποίησης ή να επιλέξετε το αριστερό βέλος για να πλοηγηθείτε στην προηγούμενη σελίδα και το δεξί βέλος για να πλοηγηθείτε στην επόμενη σελίδα. Το μενού σελιδοποίησης βρίσκεται στο κάτω μέρος της οθόνης.



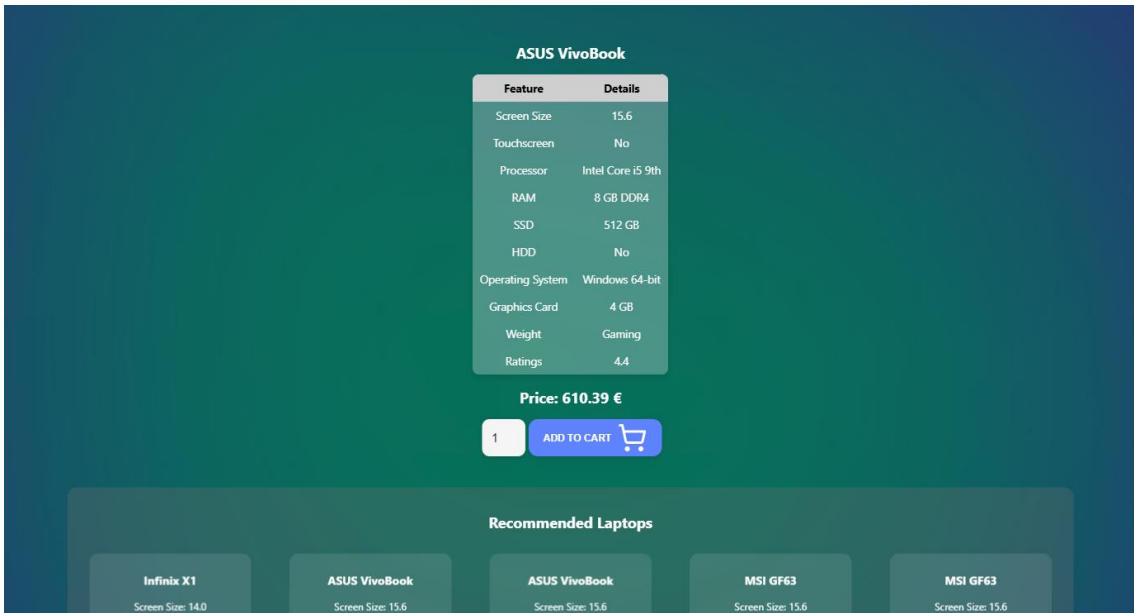
Εικόνα 7.7: Πεδίο επιλογής σελίδας

7.1.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

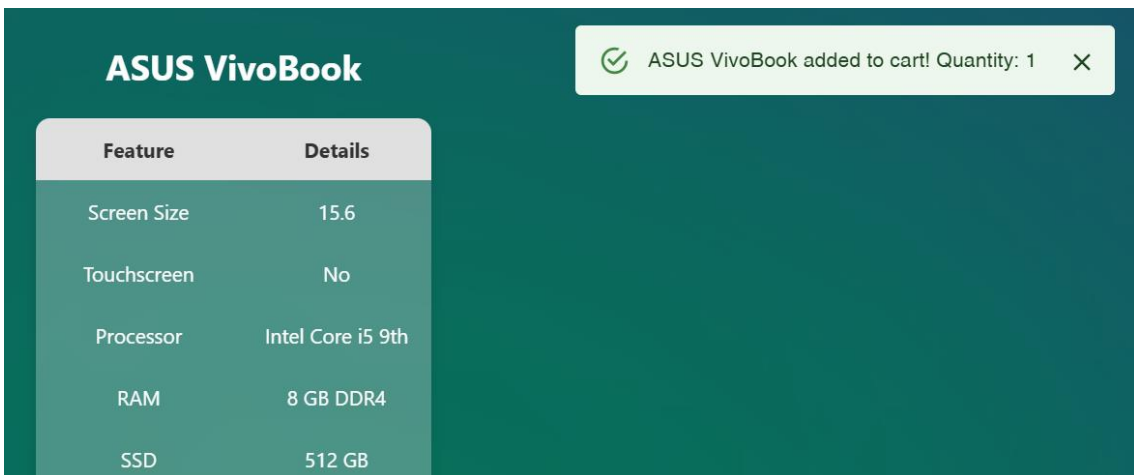
Μπορείτε να επιλέξετε ένα προϊόν κάνοντας αριστερό κλικ στην καρτέλα του προϊόντος όπως εμφανίζεται στη λίστα. Επιλέγοντας ένα προϊόν μεταφέρεστε στη σελίδα λεπτομερειών του συγκεκριμένου προϊόντος, όπου αναγράφονται όλα τα χαρακτηριστικά του. Επιπλέον, σε αυτή τη σελίδα μπορείτε να προσθέσετε το προϊόν στο καλάθι αγορών σας και να προβάλλετε τις προτάσεις επιπλέον προϊόντων του συστήματος.

7.2 ΣΕΛΙΔΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

Στη σελίδα προϊόντος, εμφανίζονται οι λεπτομέρειες και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος που επιλέχθηκε, όπως το μέγεθος της οθόνης, το εάν διαθέτει οθόνη αφής, το όνομα του επεξεργαστή και τη γενιά του, το μέγεθος χωρητικότητας της μνήμης RAM, το μέγεθος της χωρητικότητας του σκληρού δίσκου SSD, το μέγεθος της χωρητικότητας του σκληρού δίσκου HDD, το λειτουργικό σύστημα που διαθέτει, το μέγεθος της χωρητικότητας της κάρτας γραφικών, τον τύπο του βάρους, τις αξιολογήσεις του προϊόντος, καθώς και την τιμή του. Επιπλέον, μπορείτε να προσθέσετε το προϊόν στο καλάθι αγορών, επιλέγοντας το κουμπί ADD TO CART, να πλοηγηθείτε στα προτεινόμενα προϊόντα, να δείτε τις αξιολογήσεις του προϊόντος και να αξιολογήσετε το προϊόν.

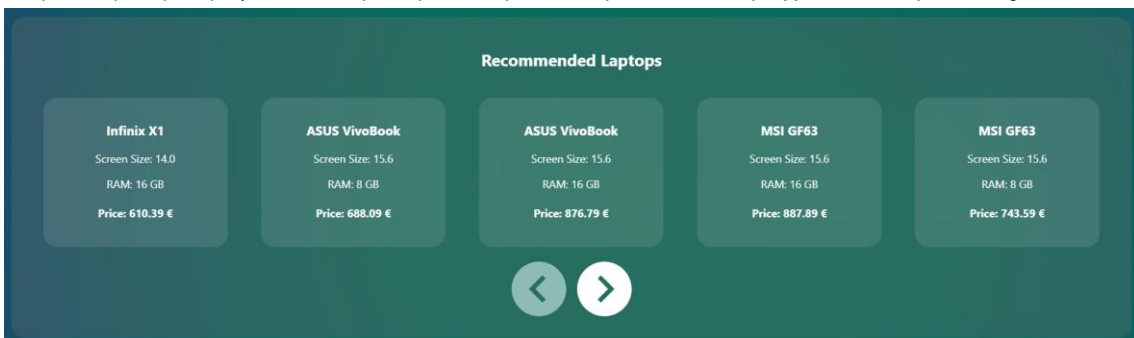


Εικόνα 7.8: Σελίδα λεπτομερειών και χαρακτηριστικών προϊόντος

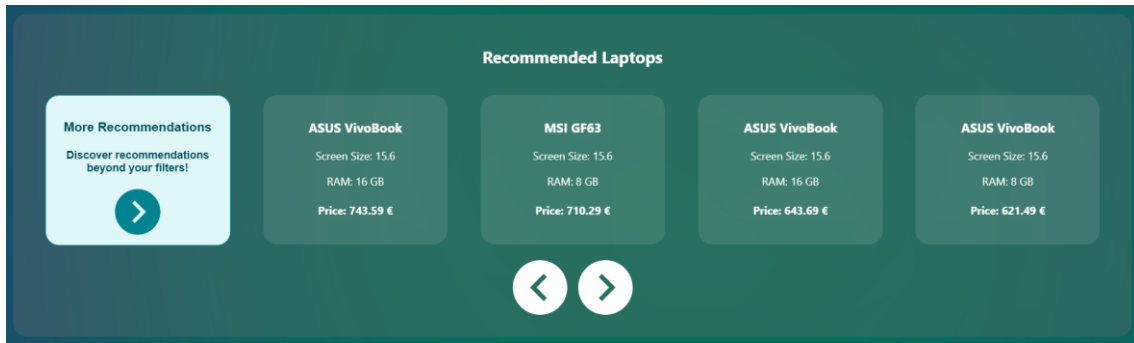


Εικόνα 7.9: Προσθήκη προϊόντος στο καλάθι αγορών

Τα προτεινόμενα προϊόντα, βρίσκονται στο κάτω μέρος της οθόνης. Αποτελούνται από δέκα προτεινόμενα προϊόντα με βάση την μέγιστη τιμή που επιλέξατε προηγουμένως και ακόμα εννιά προϊόντα που προτείνονται εκτός της μέγιστης τιμής που ορίσατε για λόγους εξερεύνησης νέων προϊόντων. Μπορείτε να πλοηγηθείτε στις προτάσεις του συστήματος μέσω των κουμπιών αριστερό βέλος (για πλοήγηση στη προηγούμενη σειρά) και δεξί βέλος (για πλοήγηση στην επόμενη σειρά), κάθε σειρά προτεινόμενων προϊόντων περιέχει πέντε προτάσεις.

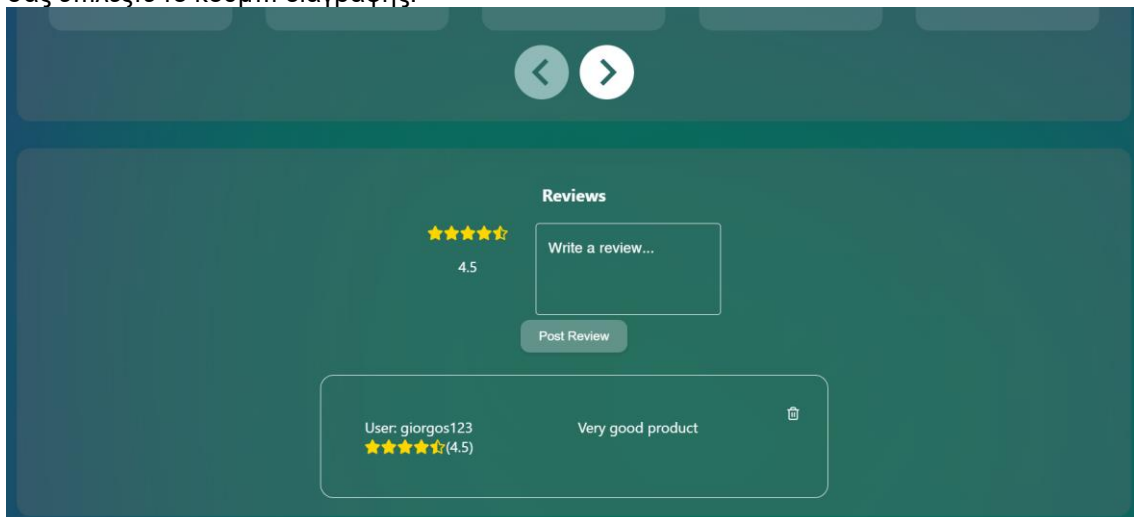


Εικόνα 7.10: Λίστα προτεινόμενων προϊόντων




Εικόνα 7.11: Λίστα δευτερευουσών προτεινόμενων προϊόντων

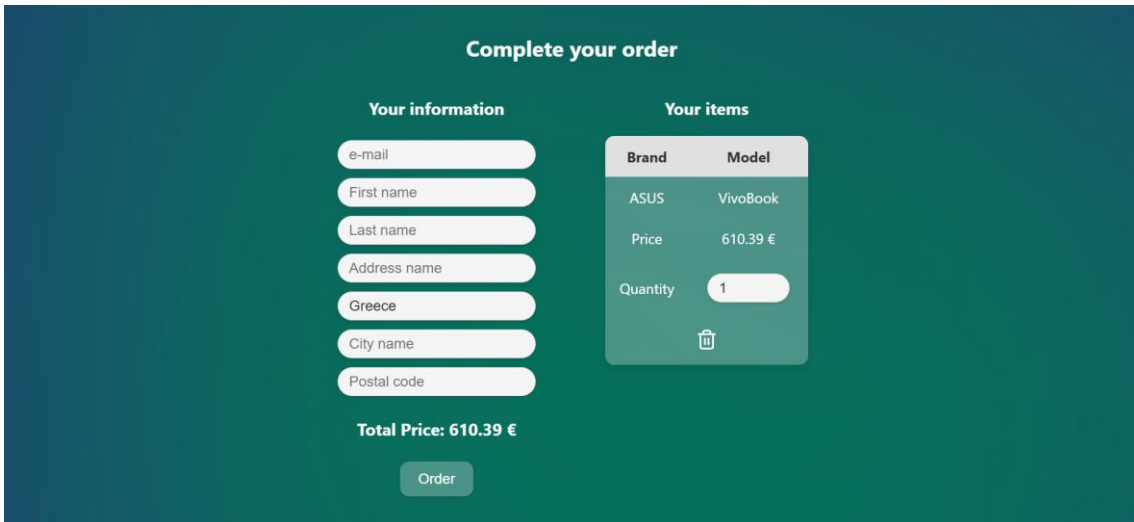
Οι αξιολογήσεις του προϊόντος, βρίσκονται ακριβώς κάτω από τα προτεινόμενα προϊόντα. Μπορείτε να προβάλλετε τις αξιολογήσεις ενός προϊόντος, να γράψετε μια αξιολόγηση (αφού πρώτα έχετε συνδεθεί στην πλατφόρμα) και να διαγράψετε μια παλιά αξιολόγηση. Για να γράψετε μια αξιολόγηση, επιλέξτε τη βαθμολογία, πληκτρολογήστε το κείμενο σας και επιλέξτε το κουμπί «Post Review». Για να διαγράψετε μια παλιά αξιολόγηση σας επιλέξτε το κουμπί διαγραφής.



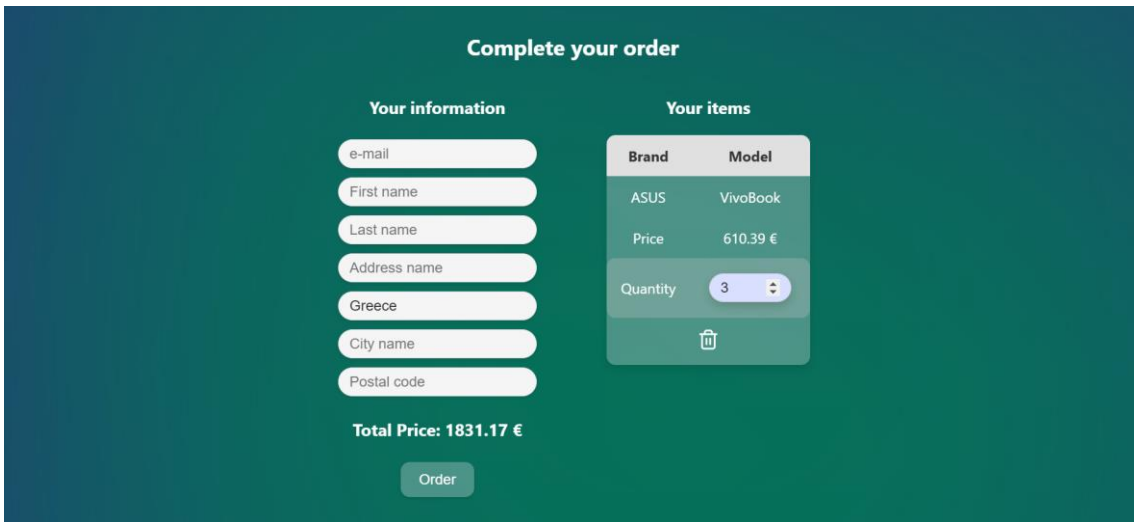
Εικόνα 7.12: Αξιολογήσεις προϊόντων

7.3 ΣΕΛΙΔΑ ΚΑΛΑΘΙΟΥ ΑΓΟΡΩΝ

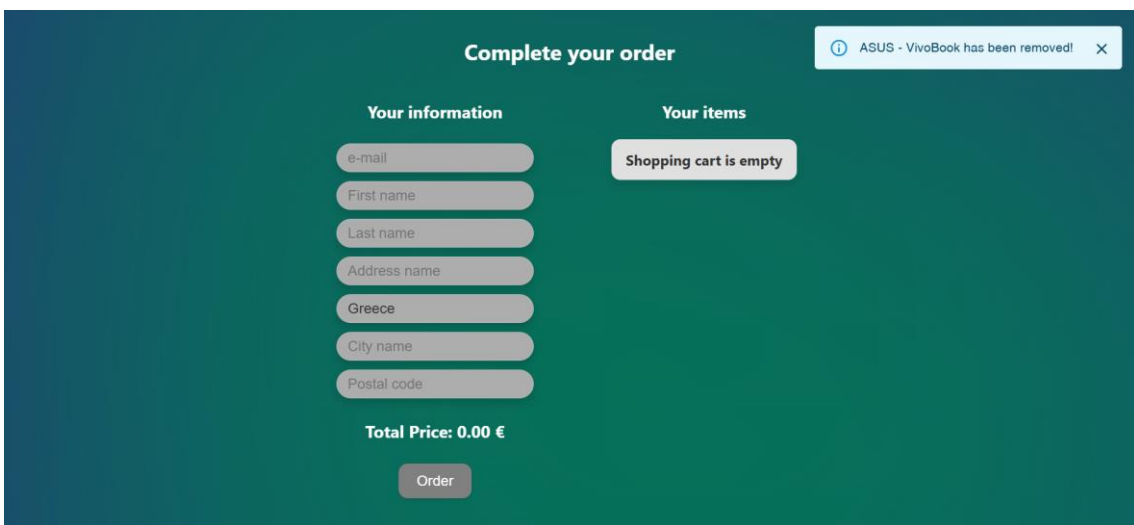
Μπορείτε να προβάλλετε το καλάθι αγορών σας, επιλέγοντας το εικονίδιο  που βρίσκεται στο επάνω δεξιό μέρος της κεντρικής σελίδας της πλατφόρμας. Από τη σελίδα του καλαθιού αγορών μπορείτε να προσθέσετε ή να αφαιρέσετε ποσότητα από τα προϊόντα που έχετε προσθέσει, να αφαιρέσετε εντελώς προϊόντα από το καλάθι αγορών και να δείτε την συνολική τιμή της παραγγελίας σας. Επιπλέον, μπορείτε να προσθέσετε τα στοιχεία επικοινωνίας και αποστολής της παραγγελίας ώστε να ολοκληρώσετε την διαδικασία παραγγελίας.



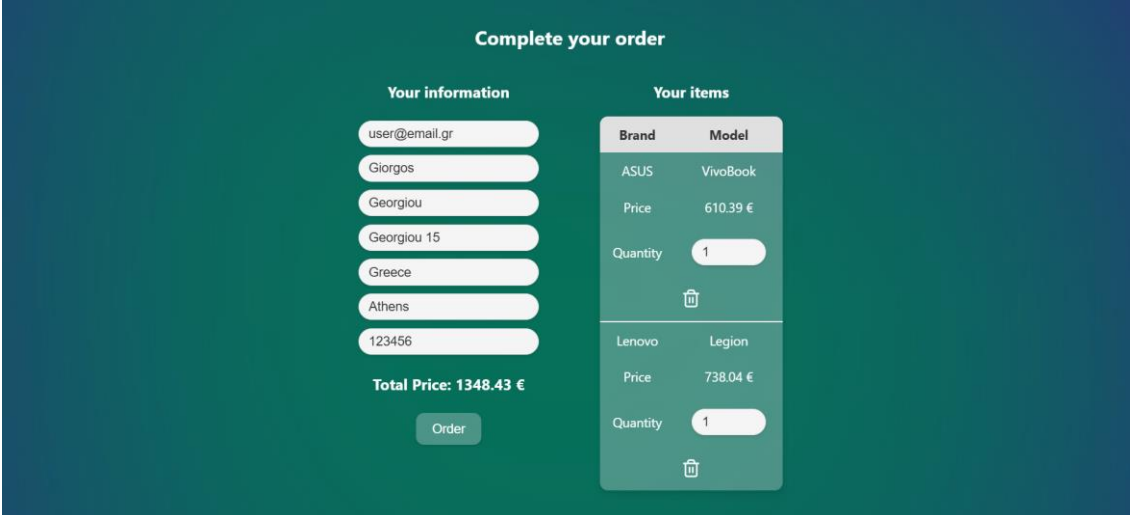
Εικόνα 7.13: Καλάθι αγορών



Εικόνα 7.14: Αλλαγή ποσότητας προϊόντος



Εικόνα 7.15: Αφαίρεση προϊόντος από το καλάθι αγορών



Complete your order

Your information

user@email.gr
Giorgos
Georgiou
Georgiou 15
Greece
Athens
123456

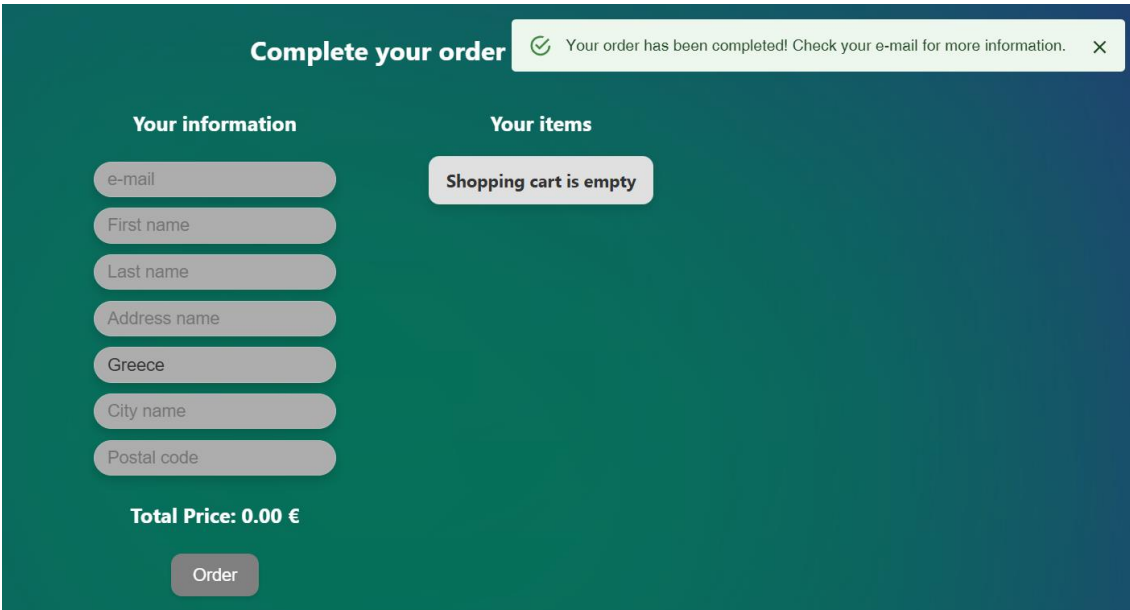
Total Price: 1348.43 €

Your items

Brand	Model
ASUS	VivoBook
Price	610.39 €
Quantity	1
Lenovo	Legion
Price	738.04 €
Quantity	1

Order

Εικόνα 7.16: Συμπλήρωση στοιχείων παραγγελίας δύο προϊόντων



Complete your order Your order has been completed! Check your e-mail for more information.

Your information

e-mail
First name
Last name
Address name
Greece
City name
Postal code

Total Price: 0.00 €


Your items

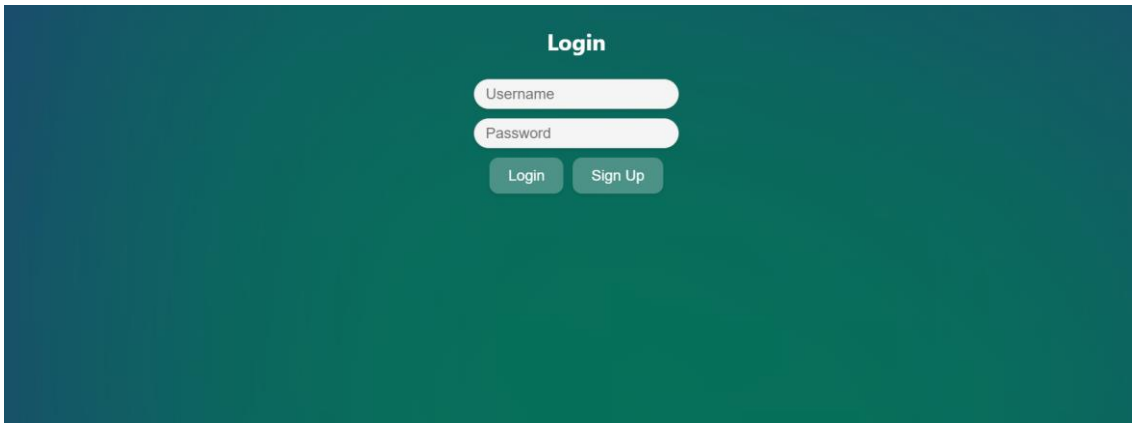
Shopping cart is empty

Order

Εικόνα 7.17: Μήνυμα επιτυχίας ολοκλήρωσης παραγγελίας

7.4 ΣΕΛΙΔΑ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΗ

Μπορείτε να συνδεθείτε με τον προσωπικό σας λογαριασμό στην πλατφόρμα, επιλέγοντας το εικονίδιο  που βρίσκεται στο επάνω αριστερό μέρος της κεντρικής σελίδας της πλατφόρμας. Αφού μεταφερθείτε στη σελίδα σύνδεσης (login), συμπληρώστε το όνομα χρήστη (username) σας, τον κωδικό πρόσβασης (password) και επιλέξτε το κουμπί «Login».



Login

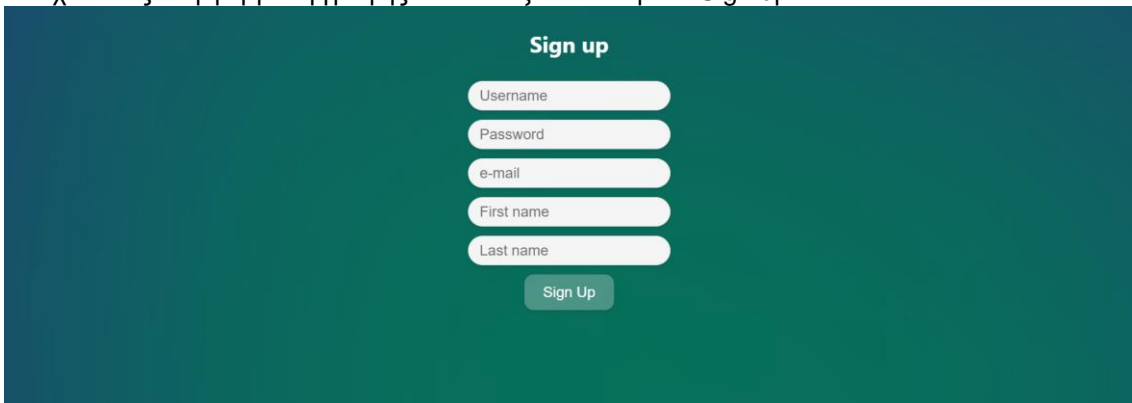
Username

Password

Login Sign Up

Εικόνα 7.18: Φόρμα σύνδεσης χρήστη

Εάν δεν διαθέτετε λογαριασμό στην πλατφόρμα, μπορείτε να δημιουργήσετε έναν, επιλέγοντας το κουμπί «Sign Up». Αφού μεταφερθείτε στη σελίδα εγγραφής (Sign up), συμπληρώστε τα στοιχεία σας στη φόρμα εγγραφής και επιλέξτε το κουμπί «Sign up».



Sign up

Username

Password


e-mail

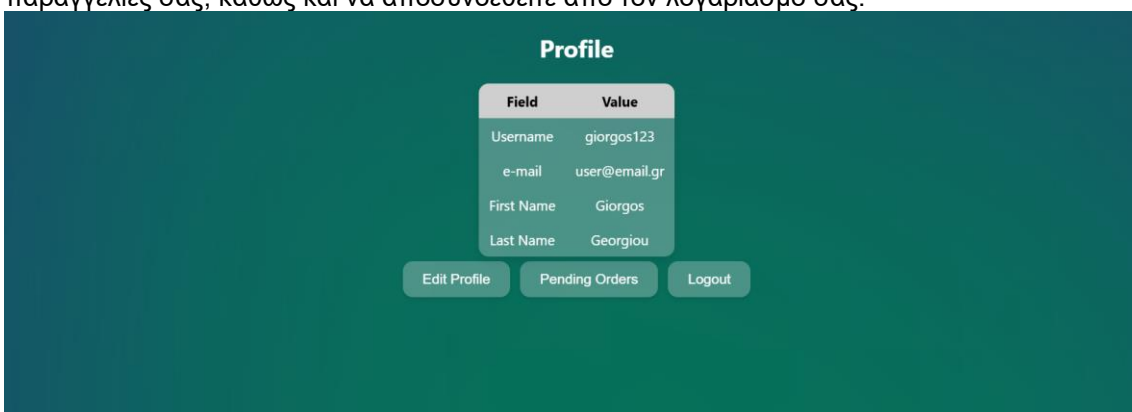
First name

Last name

Sign Up

Εικόνα 7.19: Σελίδα εγγραφής νέου χρήστη

Εάν έχετε ήδη συνδεθεί στην πλατφόρμα, επιλέγοντας το εικονίδιο  μεταφέρεστε στη σελίδα του προφίλ σας. Στη σελίδα προφίλ μπορείτε να προβάλλετε τις πληροφορίες του λογαριασμού σας, να επεξεργαστείτε τις πληροφορίες του λογαριασμού σας, να προβάλλετε τις εκκρεμείς παραγγελίες σας, καθώς και να αποσυνδεθείτε από τον λογαριασμό σας.



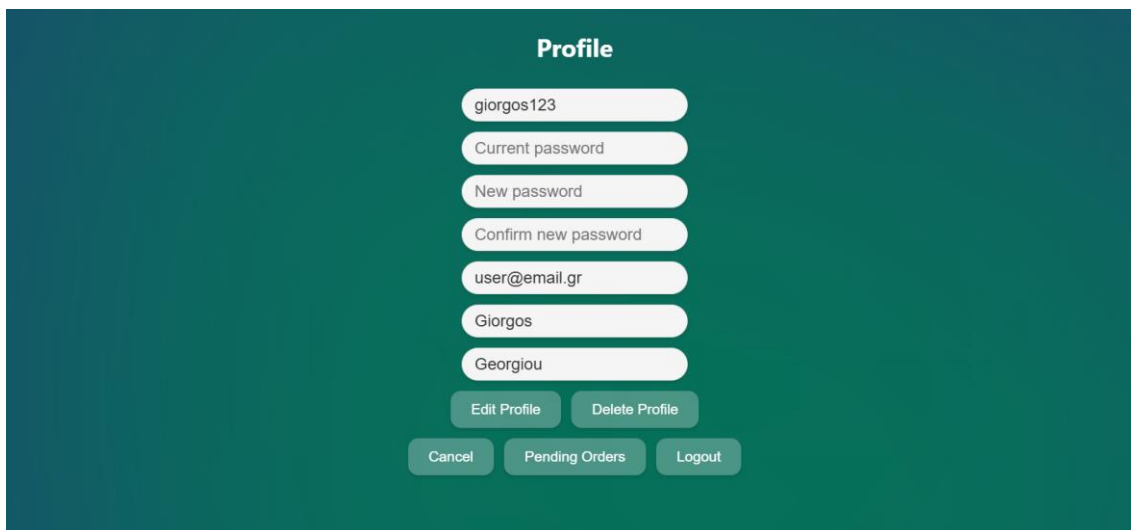
Profile

Field	Value
Username	giorgos123
e-mail	user@email.gr
First Name	Giorgos
Last Name	Georgiou

Edit Profile Pending Orders Logout

Εικόνα 7.20: Σελίδα προφίλ χρήστη

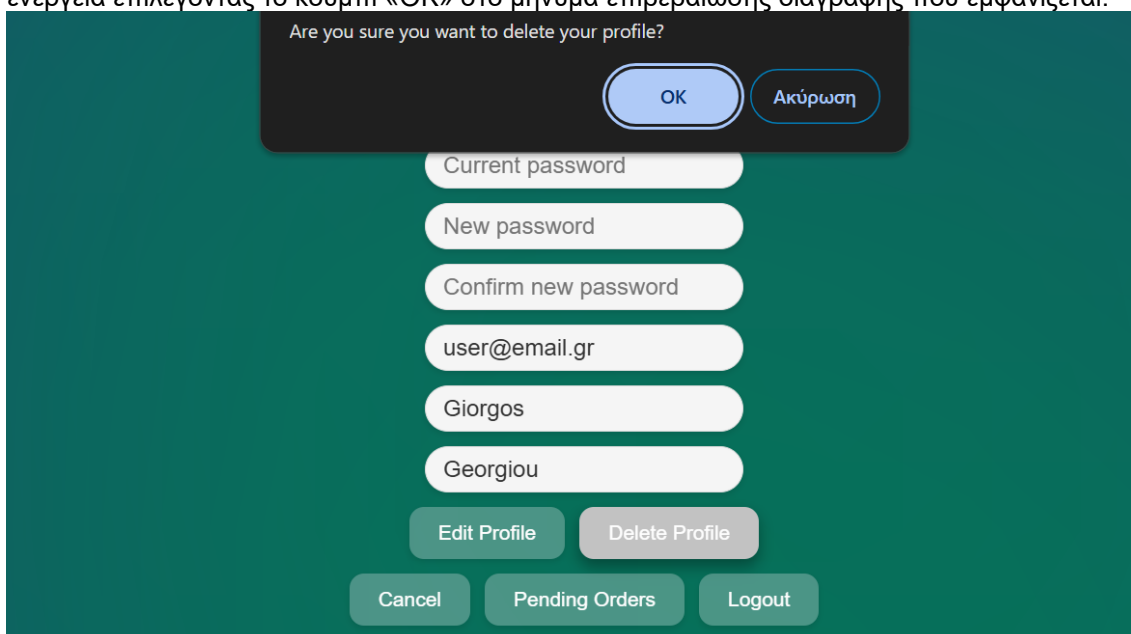
Για να επεξεργαστείτε τις πληροφορίες του προφίλ σας, επιλέξτε το κουμπί «Edit Profile». Αφού εμφανιστεί η φόρμα αλλαγής των στοιχείων σας, μπορείτε να επεξεργαστείτε οποιοδήποτε πεδίο επιθυμείτε και εισάγοντας το κωδικό πρόσβασής σας, επιλέξτε το κουμπί «Edit Profile» για να αποθηκεύσετε τις αλλαγές.



The screenshot shows a user profile page with a dark teal background. At the top, the word "Profile" is centered in white. Below it, there are several input fields: "giorgos123", "Current password", "New password", "Confirm new password", "user@email.gr", "Giorgos", and "Georgiou". At the bottom of the form, there are three buttons: "Edit Profile", "Delete Profile", and "Logout". Below these, there are three more buttons: "Cancel", "Pending Orders", and "Logout".

Εικόνα 7.21: Σελίδα επεξεργασία προφίλ χρήστη

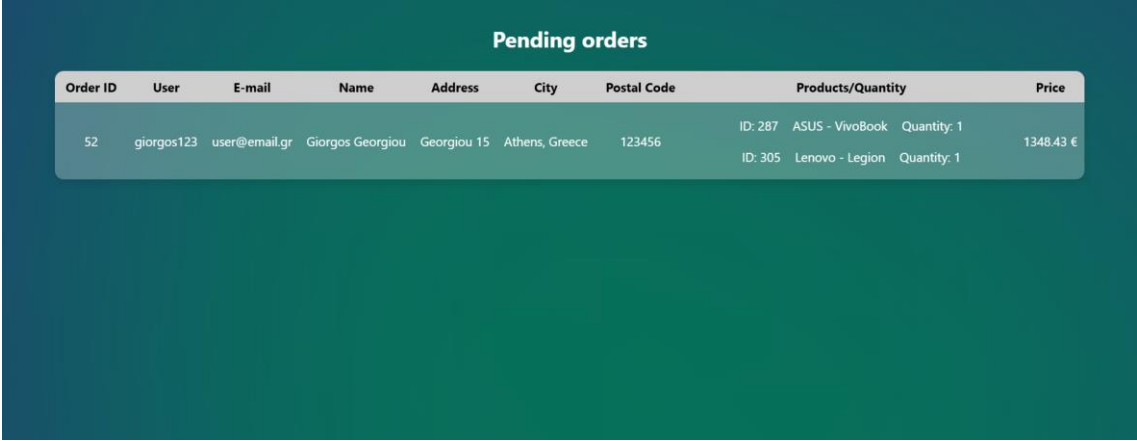
Για να διαγράψετε τον λογαριασμό σας επιλέξτε το κουμπί «Delete Profile». Επιβεβαιώστε την ενέργεια επιλέγοντας το κουμπί «OK» στο μήνυμα επιβεβαίωσης διαγραφής που εμφανίζεται.



The screenshot shows the same profile page as in Figure 7.21, but with a dark modal dialog box overlaid in the center. The dialog box contains the text "Are you sure you want to delete your profile?" and two buttons: "OK" and "Ακύρωση". The "Delete Profile" button in the background is now disabled (greyed out).

Εικόνα 7.22: Διαγραφή λογαριασμού χρήστη

Για να προβάλλετε τις εκκρεμείς παραγγελίες σας, επιλέξτε το κουμπί «Pending Orders». Στην σελίδα με τις εκκρεμείς παραγγελίες, μπορείτε να παρακολουθήσετε μια λίστα με τις λεπτομέρειες παραγγελιών σας, που δεν έχουν αποσταλεί ακόμα.



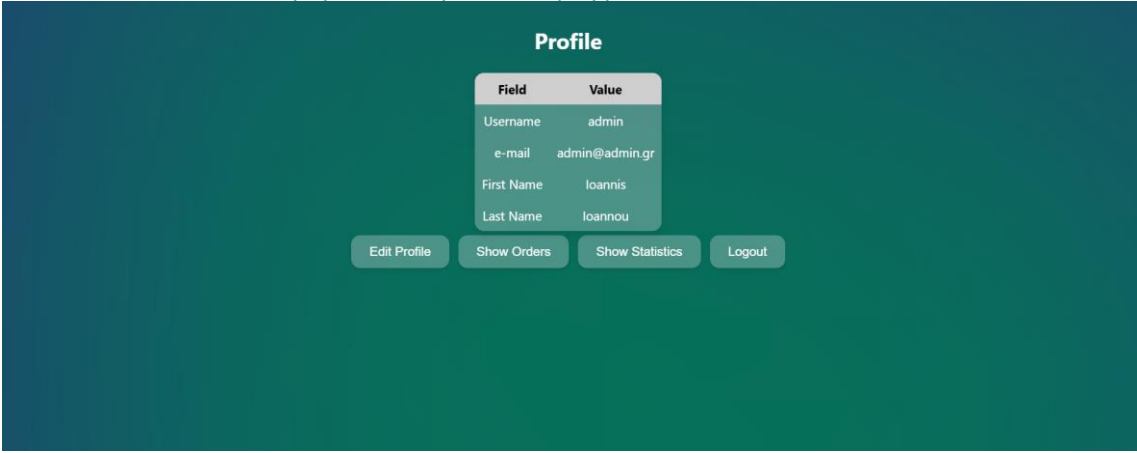
Order ID	User	E-mail	Name	Address	City	Postal Code	Products/Quantity	Price
52	giorgos123	user@email.gr	Giorgos Georgiou	Georgiou 15	Athens, Greece	123456	ID: 287 ASUS - VivoBook Quantity: 1 ID: 305 Lenovo - Legion Quantity: 1	1348.43 €

Εικόνα 7.23: Εκκρεμείς παραγγελίες

Για να αποσυνδεθείτε από την πλατφόρμα, επιλέξτε το κουμπί «Logout». Αφού αποσυνδεθείτε επιτυχώς, θα μεταφερθείτε στην σελίδα σύνδεσης (Login).

7.5 ΣΕΛΙΔΑ ΠΡΟΦΙΛ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗ

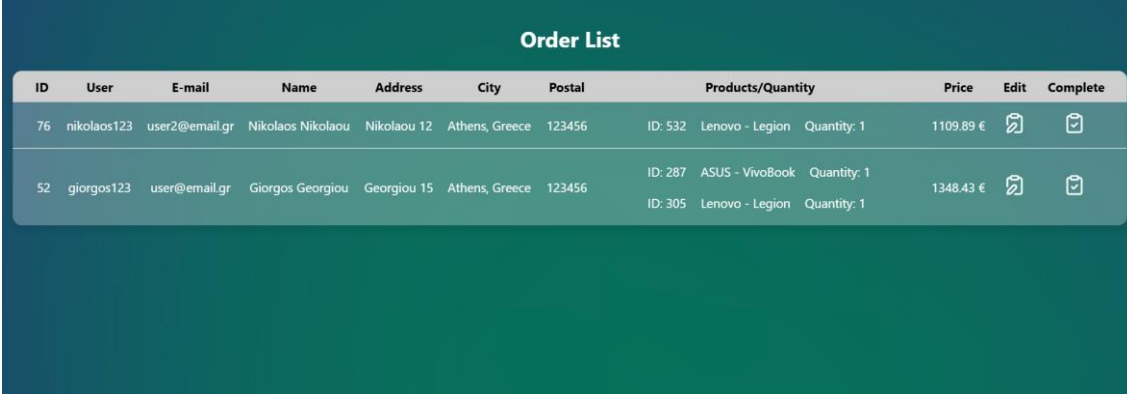
Ως διαχειριστής, μπορείτε να πραγματοποιήσετε οποιαδήποτε ενέργεια μπορεί να κάνει ένας απλός χρήστης, με τις επιπλέον δυνατότητες, να προβάλλετε τη λίστα παραγγελιών, να επεξεργαστείτε τα στοιχεία μιας παραγγελίας, να επιλέξετε την ολοκλήρωση μιας παραγγελίας, να προβάλλετε τα στατιστικά στοιχεία της πλατφόρμας και να διαγράψετε αξιολογήσεις προϊόντων. Αφού μεταφερθείτε στη σελίδα του προφίλ σας, μπορείτε να επιλέξετε το κουμπί «Show Orders» και να προβάλλετε τη λίστα παραγγελιών.



Field	Value
Username	admin
e-mail	admin@admin.gr
First Name	Ioannis
Last Name	Ioannou


Edit Profile Show Orders Show Statistics Logout

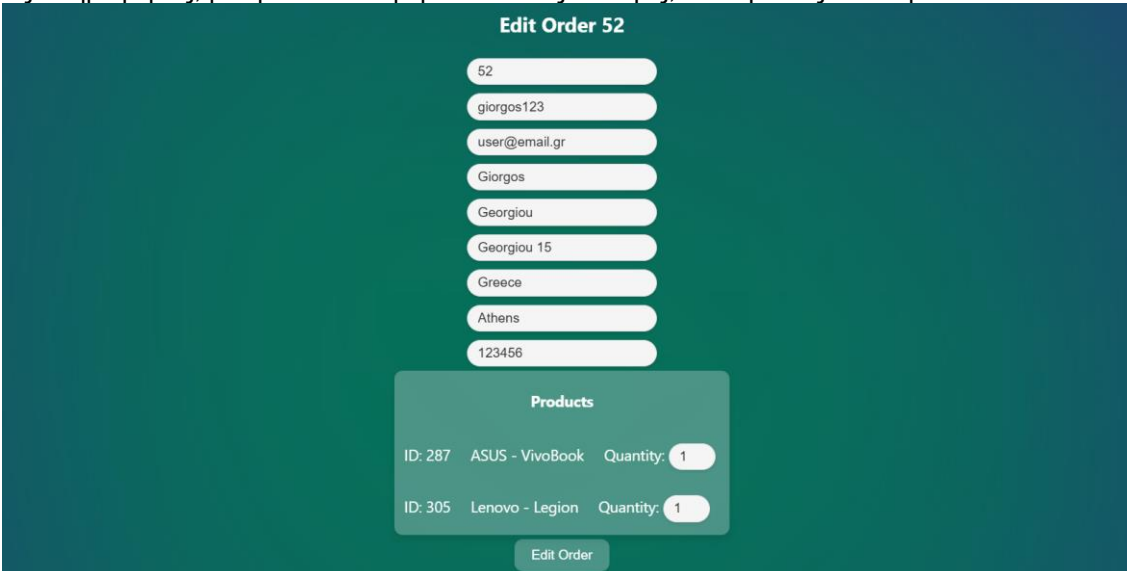
Εικόνα 7.24: Προφίλ διαχειριστή



ID	User	E-mail	Name	Address	City	Postal	Products/Quantity	Price	Edit	Complete
76	nikolaos123	user2@email.gr	Nikolaos Nikolaou	Nikolaou 12	Athens, Greece	123456	ID: 532 Lenovo - Legion Quantity: 1	1109.89 €		
52	giorgos123	user@email.gr	Giorgos Georgiou	Georgiou 15	Athens, Greece	123456	ID: 287 ASUS - VivoBook Quantity: 1 ID: 305 Lenovo - Legion Quantity: 1	1348.43 €		

Εικόνα 7.25: Λίστα παραγγελιών

Για να επεξεργαστείτε μια παραγγελία, μπορείτε να επιλέξετε το κουμπί . Αφού επιλέξετε να επεξεργαστείτε μια παραγγελία, μεταφέρεστε στη σελίδα επεξεργασίας. Σε αυτή τη σελίδα μπορείτε να επεξεργαστείτε πληροφορίες όπως το e-mail, το όνομα, τη διεύθυνση, την πόλη, τον ταχυδρομικό κώδικα και την ποσότητα των προϊόντων. Αφού συμπληρώσετε την φόρμα με τις πληροφορίες, μπορείτε να επιβεβαιώσετε τις αλλαγές, επιλέγοντας το κουμπί «Edit Order».



Edit Order 52

52

giorgos123

user@email.gr

Giorgos

Georgiou

Georgiou 15

Greece

Athens

123456


Products

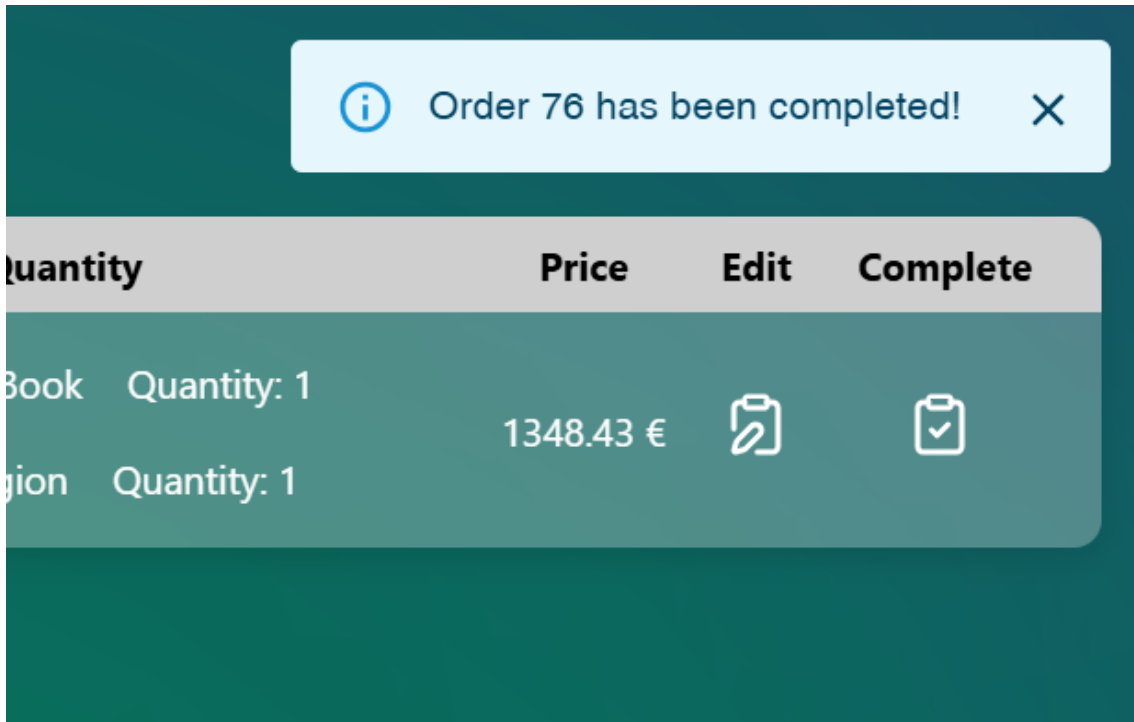
ID: 287 ASUS - VivoBook Quantity: 1

ID: 305 Lenovo - Legion Quantity: 1

Edit Order

Εικόνα 7.26: Επεξεργασία παραγγελίας

Για να ορίσετε μια παραγγελία ως ολοκληρωμένη, μπορείτε να επιλέξετε το κουμπί . Αφού επιλέξετε να ολοκληρωθεί μια παραγγελία, η συγκεκριμένη παραγγελία διαγράφεται από την λίστα και εμφανίζεται το αντίστοιχο μήνυμα στο επάνω δεξιό μέρος της σελίδας.



Εικόνα 7.27: Επιλογή ολοκλήρωσης παραγγελίας

Για να προβάλλετε τα στατιστικά της πλατφόρμας, επιλέξτε το κουμπί «Show Statistics» από την κεντρική σελίδα της σελίδας προφίλ σας. Αφού επιλέξετε να προβάλλετε τα στατιστικά, θα μεταφερθείτε στη σελίδα των στατιστικών, όπου μπορείτε να προβάλλετε τα συνολικά έσοδα, τον αριθμό των χρηστών, τον αριθμό νέων παραγγελιών, ένα γράφημα με τους κορυφαίους πελάτες (σε αριθμό παραγγελιών), ένα γράφημα με τα κορυφαία προϊόντα (σε αριθμό πωλήσεων) και τέλος, το ιστορικό ολοκληρωμένων παραγγελιών. Επιπλέον, μπορείτε να διαγράψετε μια ολοκληρωμένη παραγγελία από τη βάση δεδομένων, επιλέγοντας το κουμπί διαγραφής.



Εικόνα 7.28: Σελίδα στατιστικών της πλατφόρμας

7.6 ΕΚΔΟΣΗ ΓΙΑ ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ

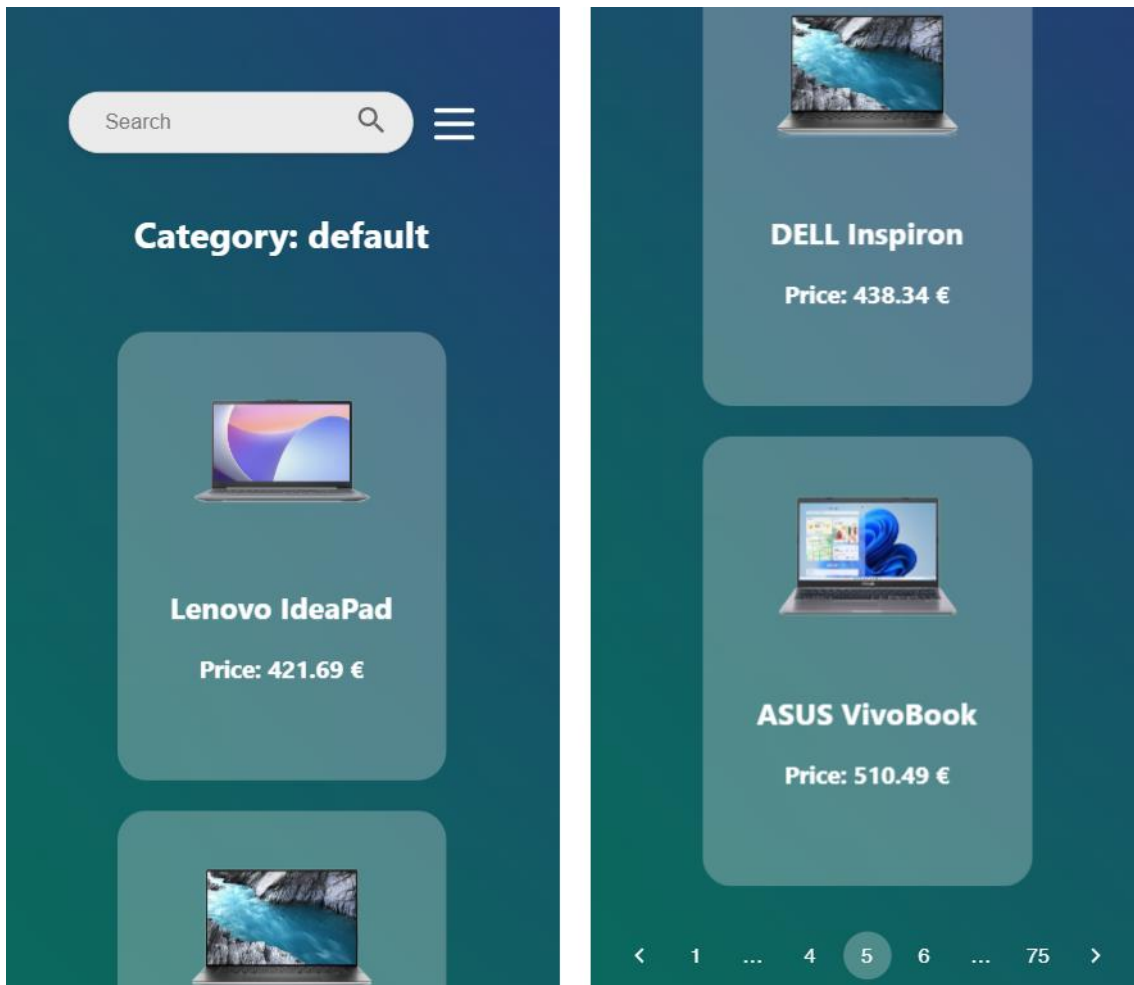
Η πλατφόρμα διαθέτει responsive design και ανταποκρίνεται πλήρως στους γνωστούς τύπους

Σύστημα προτάσεων αγορών εξατομικευμένο σε ανάγκες χρηστών

οθόνης (Laptop, Tablet, Smartphones) κάνοντάς την προσβάσιμη από πολλούς τύπους συσκευών. Φυσικά, σε μια μικρότερη οθόνη όπως αυτή των κινητών ή των tablet χρειάζεται ειδική προσαρμογή όλης της εφαρμογής, καθώς για πολλές λειτουργίες δεν είναι εύκολη η πρόσβαση. Παρακάτω, μπορείτε να διαβάσετε το εγχειρίδιο χρήστη για έξυπνες κινητές συσκευές ή tablet.

7.6.1 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

Η κεντρική σελίδα σε αυτή την έκδοση της πλατφόρμας περιέχει την μπάρα αναζήτησης, κεφαλίδα που αναγράφει την κατηγορία που προβάλλεται, ένα μενού από το οποίο μπορεί να γίνει επιλογή των φίλτρων ή του καλαθιού αγορών, τη λίστα με τα διαθέσιμα προϊόντα και στο κάτω μέρος της οθόνης το μενού σελιδοποίησης.



Εικόνα 7.29: Προβολή κεντρικής σελίδας για κινητές συσκευές

7.6.2 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

Για να αναζητήσετε ένα προϊόν επιλέξτε την μπάρα αναζήτησης (Search bar) και πληκτρολογήστε το όνομα του κατασκευαστή ή το μοντέλο του προϊόντος που επιθυμείτε να προβάλλετε. Για να πραγματοποιηθεί η αναζήτηση δεν χρειάζεται να πατήσετε κάποιο επιπλέον κουμπί, η αναζήτηση λειτουργεί αυτόματα από τη στιγμή που εισάγεται κείμενο στο πεδίο αναζήτησης. Στο κάτω μέρος της μπάρας αναζήτησης, βρίσκεται η κεφαλίδα που αναγράφει την κατηγορία που προβάλλεται (Category: default).



Εικόνα 7.30: Αναζήτηση του όρου «asu» στο πεδίο αναζήτησης για κινητές συσκευές

7.6.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΛΙΔΑΣ

Μπορείτε να μεταβείτε σε επόμενη ή προηγούμενη σελίδα της λίστας προϊόντων, αφού μετακινηθείτε στο κάτω μέρος της σελίδας και εντοπίσετε το μενού σελιδοποίησης. Από το μενού σελιδοποίησης μπορείτε να επιλέξετε να μεταβείτε στην προηγούμενη σελίδα επιλέγοντας το αριστερό βέλος και στην επόμενη σελίδα επιλέγοντας το δεξί βέλος. Επιπλέον, μπορείτε να επιλέξετε να μεταβείτε σε συγκεκριμένο αριθμό σελίδας επιλέγοντας τον αριθμό της σελίδας.



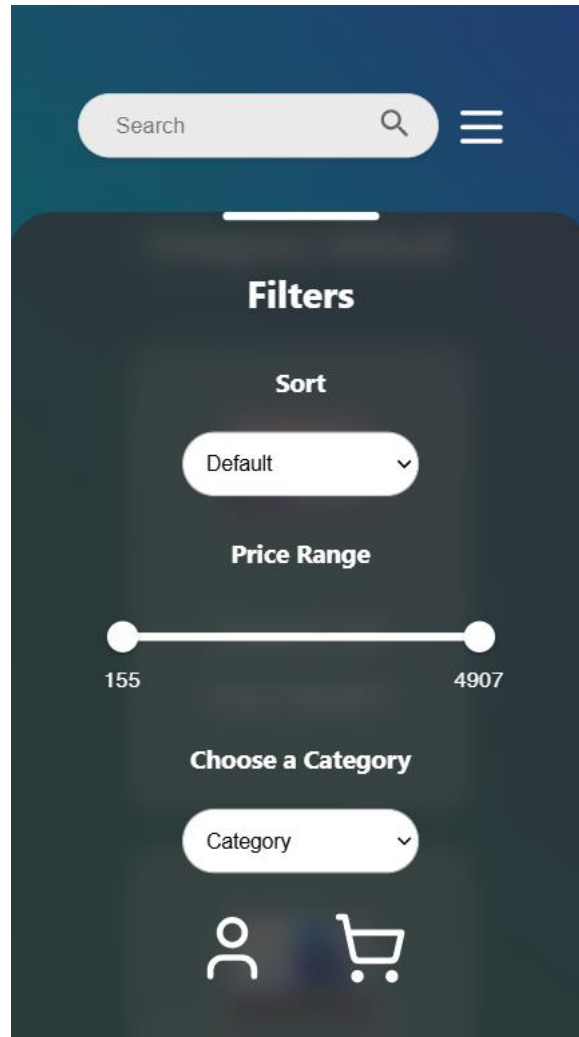
Εικόνα 7.31: Επιλογή σελίδας σε κινητές συσκευές

7.6.4 ΜΕΝΟΥ ΦΙΛΤΡΩΝ

Για να προσθέσετε φίλτρα αναζήτησης επιλέξτε το κουμπί μενού φίλτρων που βρίσκεται στην επάνω δεξιά θέση της οθόνης (Εικονίδιο με τρεις γραμμές). Αφού επιλέξετε να ανοίξει το μενού, εμφανίζεται ένα παράθυρο με τα διαθέσιμα φίλτρα, το εικονίδιο για το καλάθι αγορών και το εικονίδιο για τη σελίδα προβολής προφίλ.

Από εδώ μπορείτε να επιλέξετε την σειρά εμφάνισης των προϊόντων επιλέγοντας Ascending (Αύξουσα σειρά), Descending (Φθίνουσα σειρά) και Default (Προκαθορισμένη σειρά). Επίσης μπορείτε να προσθέσετε φίλτρα εύρους τιμών επιλέγοντας ελάχιστη τιμή και μέγιστη τιμή μέσω του ολισθητή τιμών, «σέρνοντας» τον ολισθητή τιμών στην επιθυμητή τιμή.

Για να κλείσετε το μενού φίλτρων μπορείτε είτε να επιλέξετε ξανά το κουμπί φίλτρων είτε να πατήσετε παρατεταμένα το παράθυρο φίλτρων και να σύρετε προς τα κάτω (Drag and drop).



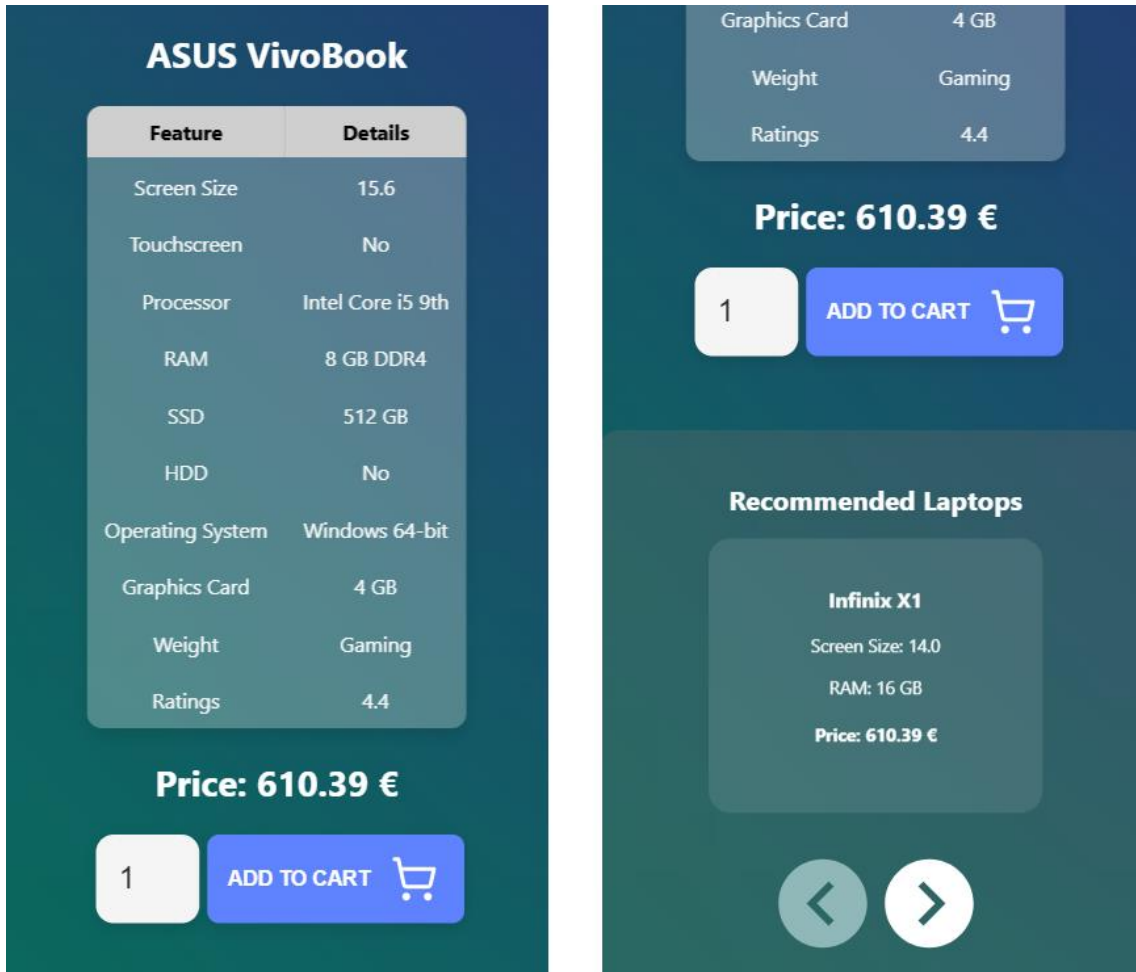
Εικόνα 7.32: Μενού φίλτρων για κινητές συσκευές

7.6.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

Μπορείτε να επιλέξετε ένα προϊόν επιλέγοντας μια κάρτα προϊόντος από τη λίστα των διαθέσιμων προϊόντων. Επιλέγοντας ένα προϊόν μεταφέρεστε στη σελίδα λεπτομερειών και αγοράς του προϊόντος.

7.6.6 ΣΕΛΙΔΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

Στη σελίδα προϊόντος μπορείτε να βρείτε λεπτομέρειες για τα χαρακτηριστικά του προϊόντος. Επιπλέον, μπορείτε να επιλέξετε να προσθέσετε το προϊόν στο καλάθι αγορών. Στο κάτω μέρος της σελίδας, μπορείτε να πλοηγηθείτε ανάμεσα στις προτάσεις άλλων προϊόντων που δημιουργεί το σύστημα. Για να πλοηγηθείτε σε επόμενη ή προηγούμενη πρόταση, επιλέξτε το κουμπί αριστερού βέλους (για μετάβαση σε προηγούμενη πρόταση) και κουμπί δεξιού βέλους (για μετάβαση σε επόμενη πρόταση).



Εικόνα 7.33: Σελίδα λεπτομερειών προϊόντος για κινητές συσκευές

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Αυτή η εργασία εστίασε στην ανάπτυξη ενός συστήματος προτάσεων φορητών υπολογιστών με όνομα Content-Based Weighted Recommender System. Ύστερα από αρκετές δοκιμές σε γνωστές πλατφόρμες ηλεκτρονικών αγορών που ενσωματώνουν συστήματα προτάσεων, παρατηρήθηκε πως δεν αξιοποιούνται πληροφορίες σχετικά με τις βραχυπρόθεσμες πρόσφατες προτιμήσεις των χρηστών. Γεγονός που κάνει τα συστήματα αυτά μη εξατομικευμένα στις απαιτήσεις των χρηστών. Ως βραχυπρόθεσμες προτιμήσεις θεωρούνται προτιμήσεις όπως, την κατηγορία προϊόντος, την τιμή ή συγκεκριμένο κατασκευαστή προϊόντος. Αυτές οι προτιμήσεις μπορούν να αναγνωριστούν από την κάθε πλατφόρμα μέσω των διαθέσιμων φίλτρων που επιλέγει ο κάθε χρήστης. Αυτές οι προτιμήσεις ορίζονται ως βραχυπρόθεσμες πρόσφατες, αφού τέτοιες προτιμήσεις βασίζονται σε μια συγκεκριμένη τρέχουσα αναζήτηση προϊόντος και θα μπορούσαν να αλλάξουν σε μελλοντική αναζήτηση. Το Content-Based Weighted Recommender System αξιοποιεί τέτοιες προτιμήσεις, όπως την κατηγορία προϊόντος και την μέγιστη τιμή. Ο χρήστης ορίζει αυτές τις προτιμήσεις χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα φίλτρα μέσα από την διεπαφή χρήστη της πλατφόρμας. Το σύστημα φιλτράρει τα κατάλληλα προϊόντα με βάση τις επιλογές του χρήστη και οι προτάσεις που δημιουργούνται βρίσκονται ανάμεσα σε αυτές τις προτιμήσεις. Με αυτόν τον τρόπο οι προτάσεις προϊόντων είναι εξατομικευμένες στις ανάγκες του κάθε χρήστη και οι προτιμήσεις του δεν επηρεάζουν μελλοντικά το σύστημα εάν αλλάξουν σε επόμενη αναζήτηση προϊόντος.

Το σύστημα βασίζεται στη ανάπτυξη ενός προσαρμοσμένου αλγορίθμου Content-Based Filtering. Συγκριτικά με ένα τυπικό Content-Based Filtering σύστημα, αυτή η υλοποίηση εστιάζει στην παραγωγή καλύτερης σχέσης ποιότητας/τιμής προϊόντα αντί για παρόμοια προϊόντα. Ως αποτέλεσμα, οι χρήστες ενημερώνονται για καλύτερες προσφορές ή καλύτερα προϊόντα σε παρόμοια τιμή με το προϊόν που επέλεξαν να προβάλλουν. Τα συστήματα που παρατηρούνται σε γνωστές πλατφόρμες αγορών συνήθως προτείνουν προϊόντα με βάση την ομοιότητα μεταξύ των προϊόντων ή των χρηστών. Το Content-Based Weighted Recommender System, αξιοποιεί τα τεχνικά χαρακτηριστικά των προϊόντων για να τα συγκρίνει μεταξύ τους και εφαρμόζει ένα πίνακα με βάρη, ώστε το κάθε χαρακτηριστικό να έχει διαφορετική βαρύτητα στην σύγκριση των προϊόντων. Έτσι, δίνεται περισσότερη έμφαση σε κάποια χαρακτηριστικά που θεωρούνται πιο σημαντικά από άλλα. Συγκρίνονται τα περισσότερα χαρακτηριστικά του κάθε προϊόντος αν είναι ανώτερα από το επιλεγμένο προϊόν, εκτός των χαρακτηριστικών της τιμής και του μεγέθους οθόνης τα οποία ελέγχονται αν είναι παρόμοια. Ο αλγόριθμος εφαρμόζει ένα σύστημα βαθμολογίας το οποίο δίνει μια τιμή σε κάθε υποψήφιο προτεινόμενο προϊόν, αναλόγως με τα χαρακτηριστικά του και συγκριτικά με αυτά του επιλεγμένου προϊόντος. Φυσικά, το σύστημα βαθμολογίας έχει προσαρμοστεί κατάλληλα, ώστε να συμμετέχουν ενεργά και τα παρόμοια προϊόντα στις προτάσεις προϊόντων. Οι τελικές προτάσεις προϊόντων που δίνονται στον χρήστη, αποτελούνται από τα προϊόντα που έλαβαν τις καλύτερες βαθμολογίες.

Η διεπαφή χρήστη, σχεδιάστηκε με στόχο την καθοδήγηση μη-έμπειρων χρηστών στην αγορά του κατάλληλου φορητού υπολογιστή με βάση της ανάγκες του. Έτσι, υλοποιήθηκαν τα ανάλογα φίλτρα κατηγορίας προϊόντων, με τα οποία οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν τον τύπο εργασίας, που επιθυμούν να είναι κατάλληλος ο φορητός υπολογιστής.

Χρησιμοποιήθηκε η μετρική Precision@N για τον υπολογισμό της ακρίβειας των αποτελεσμάτων των προτάσεων που δημιουργήθηκαν. Η μετρική αυτή εμφανίζει ποιο ποσοστό από τα κορυφαία N προϊόντα που προτείνονται θεωρούνται σχετικά με το επιλεγμένο προϊόν. Από τα αποτελέσματα της Precision@N φαίνεται πως οι προτάσεις είναι αρκετά ικανοποιητικές, προσφέροντας μεγάλο ποσοστό προϊόντων καλύτερης σχέσης ποιότητας/τιμής στις περισσότερες περιπτώσεις.

Ωστόσο, το σύστημα έχει και κάποιους περιορισμούς. Το σύστημα δεν χρησιμοποιεί δεδομένα σχετικά με τη συμπεριφορά των χρηστών και έτσι δεν αξιοποιούνται τέτοιου είδους πληροφορίες για τη παραγωγή προτάσεων. Μελλοντικά, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πληροφορίες σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις χρηστών με τα προϊόντα της πλατφόρμας και να υλοποιηθεί ένα υβριδικό μοντέλο που εφαρμόζει Content-Based Filtering και Collaborative

Filtering. Έτσι, το σύστημα θα αξιοποιεί και δεδομένα συμπεριφοράς των χρηστών.

Επιπλέον, θα μπορούσαν να ενσωματωθούν μοντέλα μηχανικής μάθησης, τα οποία θα ενίσχυαν την διαδικασία προτάσεων προϊόντων. Τα μοντέλα μηχανικής μάθησης μπορούν να εκπαιδευτούν κατάλληλα ώστε να μάθουν προτιμήσεις χρηστών και να προβλέπουν σχετικά προϊόντα. Σε πλαίσια υβριδικού μοντέλου και εφαρμογής του Collaborative Filtering, ένα μοντέλο μηχανικής μάθησης μπορεί να εκπαιδευτεί με τα δεδομένα αλληλεπίδρασης χρήστη και προϊόντων και να μάθει σύνθετα μοτίβα και σχέσεις μεταξύ χρηστών – προϊόντων. Μερικά ενδιαφέρον ευφυή συστήματα που μπορούν να ληφθούν υπόψη για μελλοντικές επεκτάσεις αναφέρονται στη βιβλιογραφία [17, 19, 26, 35, 36, 38, 39, 42, 43, 45, 46, 47, 51, 53, 55, 56, 57, 59]. Ενσωματώνοντας επίσης τεχνικές επεξεργασίας φυσικής γλώσσας πάνω σε κριτικές ή περιγραφές προϊόντων, θα μπορούσε να γίνει ανάλυση συναισθήματος (sentiment analysis) και να επιστρέψει στους χρήστες προτάσεις προϊόντων, με βάση την γλώσσα που χρησιμοποιείται στις κριτικές και τις περιγραφές τους.

Κάποια δεδομένα συμπεριφοράς και προτιμήσεων που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για πιο λεπτομερή παραγωγή προτάσεων θα μπορούσαν να ληφθούν από επέκταση της διεπαφής χρήστη. Τέτοιες επεκτάσεις θα μπορούσαν να είναι, η υλοποίηση ιστορικού προβολής προϊόντων, περισσότερα φίλτρα χαρακτηριστικών ή περισσότερες κατηγορίες προϊόντων. Αυτές οι επεκτάσεις δίνουν τη δυνατότητα να ληφθούν ιστορικά δεδομένα με πληροφορίες σχετικά με αλληλεπιδράσεις χρηστών με τα προϊόντα. Μερικές ενδιαφέρον δημοσιεύσεις πάνω στην αλληλεπίδραση ανθρώπου και υπολογιστή, που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη για μελλοντικές επεκτάσεις αναφέρονται στη βιβλιογραφία [24, 27, 30]. Η επέκταση της διεπαφής χρήστη πέρα από την εξέλιξη του συστήματος προτάσεων, μπορεί να βελτιώσει επιπλέον την εμπειρία χρήστη, δίνοντάς του περισσότερες επιλογές και να διευκολύνει την εύρεση των κατάλληλων προϊόντων σύμφωνα με τις ανάγκες του.

Η διεπαφή χρήστη, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, έχει σχεδιαστεί με στόχο να καθοδηγήσει τους μη-έμπειρους χρήστες, στην αγορά του κατάλληλου προϊόντος σύμφωνα με τις ανάγκες τους. Επομένως, έχει έναν εκπαιδευτικό χαρακτήρα και θα ήταν χρήσιμο να επεκταθεί πάνω στην παροχή πληροφοριών και οδηγιών για ηλεκτρονικές αγορές. Πολλοί χρήστες με μη-τεχνολογικό υπόβαθρο, αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην αγορά του κατάλληλου προϊόντος. Η ενσωμάτωση συστημάτων όπως οδηγούς αγοράς, περιοχές συζητήσεων (forums), κριτικές ειδικών τεχνολογίας, άρθρα με συμβουλές και μεθόδους σύγκρισης επιλεγμένων προϊόντων, θα μπορούσαν να ενισχύσουν την πλατφόρμα. Μερικές δημοσιεύσεις πάνω στα εκπαιδευτικά συστήματα και τις τεχνολογίες εκμάθησης, που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη για μελλοντικές επεκτάσεις αναφέρονται στην βιβλιογραφία [18, 20, 21, 22, 23, 25, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 37, 40, 41, 44, 48, 49, 50, 52, 54, 58].

Συνοψίζοντας, το Content-Based Weighted Recommender System, αξιοποιεί πληροφορίες και χαρακτηριστικά φορητών υπολογιστών σε συνδυασμό με βραχυπρόθεσμες προτιμήσεις χρηστών (κατηγορία προϊόντων, μέγιστη τιμή και χαρακτηριστικά επιλεγμένου προϊόντος) με στόχο να προτείνει καλύτερης σχέσης ποιότητας/τιμής προϊόντα συγκριτικά με το επιλεγμένο από τον χρήστη προϊόν. Η πλατφόρμα καθοδηγεί μη-έμπειρους χρήστες στην αγορά του κατάλληλου προϊόντος, δίνοντας τους τη δυνατότητα να επιλέξουν κατηγορία προϊόντων και κατευθύνοντάς τους σε καλύτερης σχέσης ποιότητας/τιμής προϊόντα. Επιπλέον, η μέτρηση της ακρίβειας των προτεινόμενων προϊόντων μέσω της τεχνικής Precision@N, δείχνει την ικανότητα του συστήματος προτάσεων να παράγει σωστά αποτελέσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΥΠΕΡΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

Υπερσύνδεσμοι (Hyperlinks):

- [1] <https://towardsdatascience.com/recommender-systems-a-complete-guide-to-machine-learning-models-96d3f94ea748>
- [2] <https://utsavdesai26.medium.com/recommendation-systems-explained-understanding-the-basic-to-advance-43a5fce77c47>
- [3] <https://www.ibm.com/topics/collaborative-filtering>
- [4] <https://www.ibm.com/topics/content-based-filtering>
- [5] Σύνολο Δεδομένων: https://www.kaggle.com/datasets/kuchhbhi/latest-laptop-price-list?select=Cleaned_Laptop_data.csv
- [6] API με ισοτιμίες για όλα τα διαθέσιμα νομίσματα: <https://open.er-api.com/v6/latest/INR>
- [7] <https://towardsdatascience.com/metrics-of-recommender-systems-cde64042127a>
- [8] Django Documentation: <https://docs.djangoproject.com/en/5.1/>
- [9] DbVisualizer: <https://www.dbvis.com/>
- [10] React Documentation: <https://legacy.reactjs.org/>
- [11] React Virtual DOM: <https://legacy.reactjs.org/docs/faq-internals.html#gatsby-focus-wrapper>
- [12] Visual Paradigm Online: <https://online.visual-paradigm.com/>

Βιβλιογραφία:

- [13] Victor Giovanni Morales Murillo, David Pinto, Fernando Pérez-Téllez, Franco Rojas López: A Transformer-Based Multi-Domain Recommender System for E-commerce. *Int. J. Comb. Optim. Probl. Informatics* 15(2): 95-123 (2024) (<https://doi.org/10.61467/2007.1558.2024.v15i2.465>)
- [14] Isinkaye, F., Folajimi, Y., dan Ojokoh B., "Recommendation systems: Principles, methods and evaluation", *Egyptian Informatics Journal*, vol. 16, no. 3, pp. 261–273, 2015 (<https://doi.org/10.1016/j.eij.2015.06.005>)
- [15] Budi Wibowotomo, Eris Dwi Septiawan Rizal, Muhammad Iqbal Akbar, Dediak Tri Kurniawan: Cooking Class Recommendation Using Content Based Filtering for Improving Chef Learning Practical Skill. *Int. J. Interact. Mob. Technol.* 15(8): 71-86 (2021) (<https://doi.org/10.3991/ijim.v15i08.21581>)
- [16] Asha, K.N. and Rajkumar, R. (2023) 'DCF-MLSTM: a deep security content-based filtering scheme using multiplicative BiLSTM for movie recommendation system', *Int. J. System of Systems Engineering*, Vol. 13, No. 1, pp.66–82. (<https://dx.doi.org/10.1504/IJSSE.2023.10053520>)
- [17] Tsihrintzis, G. A., Virvou, M., Alepis, E., & Stathopoulou, I. O. (2008, April). Towards improving visual-facial emotion recognition through use of complementary keyboard-stroke pattern information. In *Fifth International Conference on Information Technology: New Generations (itng 2008)* (pp. 32-37). IEEE.
- [18] Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2015). *Advances in personalized web-based education*. Springer International Publishing.
- [19] Stathopoulou, I. O., Alepis, E., Tsihrintzis, G. A., & Virvou, M. (2010). On assisting a visual-facial affect recognition system with keyboard-stroke pattern information. *Knowledge-Based Systems*, 23(4), 350-356.
- [20] Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2013). Dynamically personalized e-training in computer programming and the language C. *IEEE transactions on education*, 56(4), 385-392.
- [21] Virvou, M., Manos, C., Katsionis, G., & Tourtoglou, K. (2002, September). VR-ENGAGE: A

- virtual reality educational game that incorporates intelligence. In Proceedings of IEEE international conference on advanced learning technologies (pp. 16-19).
- [22] Tsiriga, V., & Virvou, M. (2003). Modelling the student to individualise tutoring in a web-based ICALL. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, 13(3-4), 350-365.
- [23] Virvou, M., Alepis, E., Tsihrintzis, G. A., & Jain, L. C. (2020). *Machine learning paradigms: advances in learning analytics* (pp. 1-5). Springer International Publishing.
- [24] Virvou, M. (1999). Automatic reasoning and help about human errors in using an operating system. *Interacting with Computers*, 11(5), 545-573.
- [25] Mouggiakou, E., & Virvou, M. (2017, August). Based on GDPR privacy in UML: Case of e-learning program. In 2017 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA) (pp. 1-8). IEEE.
- [26] Virvou, M., & Kabassi, K. (2004). Evaluating an intelligent graphical user interface by comparison with human experts. *Knowledge-based systems*, 17(1), 31-37.
- [27] Virvou, M., & Kabassi, K. (2002). Reasoning about users' actions in a graphical user interface. *Human-Computer Interaction*, 17(4), 369-398.
- [28] Katsionis, G., & Virvou, M. (2004, October). A cognitive theory for affective user modelling in a virtual reality educational game. In 2004 IEEE international conference on systems, man and cybernetics (IEEE Cat. No. 04CH37583) (Vol. 2, pp. 1209-1213). IEEE.
- [29] Virvou, M., & Moundridou, M. (2001). Student and instructor models: two kinds of user model and their interaction in an ITS authoring tool. In *User Modeling 2001: 8th International Conference, UM 2001 Sonthofen, Germany, July 13–17, 2001 Proceedings 8* (pp. 158-167). Springer Berlin Heidelberg.
- [30] Virvou, M., & Kabassi, K. (2004). Adapting the human plausible reasoning theory to a graphical user interface. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 34(4), 546-563.
- [31] Moundridou, M., & Virvou, M. (2001, August). Authoring and delivering adaptive Web-based textbooks using WEAR. In Proceedings IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (pp. 185-188). IEEE.
- [32] Virvou, M., & Kabassi, K. (2002, September). F-SMILE: An intelligent multi-agent learning environment. In Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies-ICALT (pp. 144-149).
- [33] Papadimitriou, S., Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2019). FuzzEG: Fuzzy logic for adaptive scenarios in an educational adventure game. *Multimedia Tools and Applications*, 78(22), 32023-32053.
- [34] Virvou, M., & Tsiriga, V. (2000). Involving effectively teachers and students in the life cycle of an intelligent tutoring system. *Journal of Educational Technology & Society*, 3(3), 511-521.
- [35] Tsiriga, V., & Virvou, M. (2004). Evaluating the intelligent features of a web-based intelligent computer assisted language learning system. *International journal on artificial intelligence tools*, 13(02), 411-425.
- [36] Virvou, M., Manos, K., & Katsionis, G. (2003, October). An evaluation agent that simulates students' behaviour in intelligent tutoring systems. In SMC'03 conference proceedings. 2003 IEEE international conference on systems, man and cybernetics. Conference theme-System security and assurance (Cat. No. 03CH37483) (Vol. 5, pp. 4872-4877). IEEE.
- [37] Virvou, M., Katsionis, G., & Manos, K. (2004). On the motivation and attractiveness scope of the virtual reality user interface of an educational game. In *Computational Science-ICCS 2004: 4th International Conference, Kraków, Poland, June 6-9, 2004, Proceedings, Part III 4* (pp. 962-969). Springer Berlin Heidelberg.
- [38] Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2010). Modeling student's knowledge on programming using fuzzy techniques. In *Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services* (pp. 23-32). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

- [39] Kabassi, K., & Virvou, M. (2006). A knowledge-based software life-cycle framework for the incorporation of multicriteria analysis in intelligent user interfaces. *IEEE Transactions on Knowledge and data Engineering*, 18(9), 1265-1277.
- [40] Tsiriga, V., & Virvou, M. (2002, September). Dynamically initializing the student model in a web-based language tutor. In *Proceedings First International IEEE Symposium Intelligent Systems (Vol. 1, pp. 138-143)*. IEEE.
- [41] Papadimitriou, S., & Virvou, M. (2017, August). Adaptivity in scenarios in an educational adventure game. In *2017 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA) (pp. 1-6)*. IEEE.
- [42] Virvou, M. (2023). Artificial Intelligence and User Experience in reciprocity: Contributions and state of the art. *Intelligent Decision Technologies*, 17(1), 73-125.
- [43] Tsihrintzis, G. A., Virvou, M., Sakkopoulos, E., & Jain, L. C. (Eds.). (2019). *Machine Learning Paradigms: Applications of Learning and Analytics in Intelligent Systems (Vol. 1)*. Springer.
- [44] Tsiriga, V., & Virvou, M. (2003, July). Initializing student models in web-based ITSs: a generic approach. In *Proceedings 3rd IEEE International Conference on Advanced Technologies (pp. 42-46)*. IEEE.
- [45] Tsihrintzis, G. A., Virvou, M., Stathopoulou, I. O., & Alepis, E. (2008, December). On improving visual-facial emotion recognition with audio-lingual and keyboard stroke pattern information. In *2008 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (Vol. 1, pp. 810-816)*. IEEE.
- [46] Alepis, E., Stathopoulou, I. O., Virvou, M., Tsihrintzis, G. A., & Kabassi, K. (2010, October). Audio-lingual and visual-facial emotion recognition: Towards a bi-modal interaction system. In *2010 22nd IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (Vol. 2, pp. 274-281)*. IEEE.
- [47] Virvou, M., Jain, L. C., & Tsihrintzis, G. A. (Eds.). (2010). *Multimedia Services in Intelligent Environments: Software Development Challenges and Solutions*. Springer.
- [48] Chrysafiadi, K., Papadimitriou, S., & Virvou, M. (2022). Cognitive-based adaptive scenarios in educational games using fuzzy reasoning. *Knowledge-Based Systems*, 250, 109111.
- [49] Tourtoglou, K., & Virvou, M. (2008). User stereotypes concerning cognitive, personality and performance issues in a collaborative learning environment for UML. *New Directions in Intelligent Interactive Multimedia*, 385-394.
- [50] Virvou, M., & Tsiriga, V. (2001). An object-oriented software life cycle of an intelligent tutoring system. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17(2), 200-205.
- [51] Alepis, E., & Virvou, M. (2006, October). Emotional Intelligence: Constructing user stereotypes for affective bi-modal interaction. In *International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems (pp. 435-442)*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [52] Katsionis, G., & Virvou, M. (2005, January). Adapting OCC theory for affect perception in educational software. In *Proceedings of the international conference on human-computer interaction*.
- [53] Pavlakis, P., Alepis, E., & Virvou, M. (2012, July). Intelligent mobile multimedia application for the support of the elderly. In *2012 Eighth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (pp. 297-300)*. IEEE.
- [54] Mouggiakou, E., Papadimitriou, S., & Virvou, M. (2020, July). Synchronous and asynchronous learning methods under the light of general data protection regulation. In *2020 11th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA) (pp. 1-7)*. IEEE.
- [55] Chrysafiadi, K., Virvou, M., Tsihrintzis, G.A. and Hatzilygeroudis, I., 2023. An Adaptive Learning Environment for Programming Based on Fuzzy Logic and Machine Learning. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 32(05), p.2360011.
- [56] Virvou, M. and Tsihrintzis, G.A., 2023, July. Is ChatGPT beneficial to education? A holistic evaluation framework based on intelligent tutoring systems. In *2023 14th International*

- Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA) (pp. 1-8). IEEE.
- [57] Virvou, M., Tsihrintzis, G.A., Sotiropoulos, D.N., Chrysafiadi, K., Sakkopoulos, E. and Tsihrintzi, E.A., 2023, July. ChatGPT in Artificial Intelligence-Empowered E-Learning for Cultural Heritage: The case of Lyrics and Poems. In 2023 14th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA) (pp. 1-9). IEEE.
- [58] Chrysafiadi, K., Kamitsios, M. and Virvou, M., 2023. Fuzzy-based dynamic difficulty adjustment of an educational 3D-game. *Multimedia Tools and Applications*, 82(18), pp.27525-27549.
- [59] Chrysafiadi, K., Virvou, M. and Tsihrintzis, G.A., 2022. A fuzzy-based mechanism for automatic personalized assessment in an e-learning system for computer programming. *Intelligent Decision Technologies*, 16(4), pp.699-714.