

Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας
Μεταπτυχιακή Εξειδίκευση στα Πληροφοριακά Συστήματα

Διπλωματική Εργασία

«Σχεδιασμός και ανάπτυξη ενιαίας πλατφόρμας για την ψηφιακή
πολιτιστική ταυτότητα του χρήστη με σύστημα συστάσεων
περιεχομένου»

Παντελής Αμπουχάνης

Επιβλέπων καθηγητής: Παναγιώτης Μουτάφης

Αθήνα, Ιούνιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

«Σχεδιασμός και ανάπτυξη ενιαίας πλατφόρμας για την ψηφιακή
πολιτιστική ταυτότητα του χρήστη με σύστημα συστάσεων
περιεχομένου»

Παντελής Αμπουχάνης

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:
Παναγιώτης Μουτάφης

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Αθήνα, Ιούνιος 2026

Στην οικογένεια μου

Περίληψη

Στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή, η καταγραφή, η αξιολόγηση και ο διαμοιρασμός των πολιτιστικών εμπειριών των χρηστών –όπως κινηματογραφικές ταινίες, μουσικά άλμπουμ και λογοτεχνικά βιβλία– πραγματοποιείται κυρίως μέσω κατακερματισμένων, «κάθετων» πλατφορμών κοινωνικής δικτύωσης. Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και την αξιολόγηση μιας ενιαίας διαδικτυακής εφαρμογής, η οποία εξαλείφει τα λειτουργικά στεγανά, προσφέροντας στο άτομο ένα ενοποιημένο περιβάλλον διαχείρισης της ψηφιακής πολιτιστικής του ταυτότητας.

Πυρήνα του συστήματος αποτελεί ένας καινοτόμος, υβριδικός μηχανισμός συστάσεων περιεχομένου (Recommender System). Η παρούσα διπλωματική αξιοποιεί τη δυναμική εξαγωγή μεταδεδομένων (metadata extraction) και εφαρμόζει τεχνικές Cross-Media Query Expansion μέσω διασύνδεσης με εξωτερικές διεπαφές όπως το TMDb, Spotify και Google Books. Για τη διασφάλιση μέγιστης ακρίβειας, συνδυάζονται αλγόριθμοι φιλτραρίσματος βάσει περιεχομένου (Content-Based Filtering). Παράλληλα, εισάγεται η τεχνική Time-Agnostic Sampling για την εξάλειψη της προκατάληψης των πιο πρόσφατων καταχωρήσεων.

Το backend υλοποιήθηκε στη γλώσσα Python με το πλαίσιο υψηλής απόδοσης FastAPI και σχεσιακή βάση δεδομένων SQLite μέσω του SQLAlchemy. Το περιβάλλον διεπαφής χρήστη (Frontend) αναπτύχθηκε εξ αρχής με τεχνολογίες JavaScript, HTML5 και CSS3, διασφαλίζοντας άμεση ταχύτητα απόκρισης και σύγχρονη εμπειρία πλοήγησης.

Λέξεις – Κλειδιά

Συστήματα Συστάσεων, Ψηφιακή Πολιτιστική Ταυτότητα, FastAPI, Εξόρυξη Δεδομένων.

«Design and Development of a Unified Platform for User Digital Cultural Identity with a Content Recommendation System»

Pantelis Ampouchanis

Abstract

In the modern digital era, recording, reviewing, and sharing users' cultural experiences—such as cinema films, music albums, and literary books—is primarily conducted through fragmented, "vertical" social networking platforms. This master's thesis presents the design, implementation, and evaluation of a unified web application that eliminates functional silos, offering individuals an integrated environment for managing their digital cultural identity.

At the core of the system lies an innovative, hybrid content Recommender System. This thesis utilizes dynamic metadata extraction and applies Cross-Media Query Expansion techniques through integration with external interfaces such as TMDb, Spotify, and Google Books. To ensure maximum accuracy, Content-Based Filtering algorithms are combined. Additionally, a Time-Agnostic Sampling technique is introduced to eliminate recency bias toward user entries.

The backend was implemented in Python using the high-performance FastAPI framework and a SQLite relational database mapped via SQLAlchemy. The User Interface (Frontend) was developed from scratch using JavaScript, HTML5, and CSS3 technologies, ensuring rapid response times and a modern navigation experience.

Keywords

Recommender Systems, Digital Cultural Identity, FastAPI, Data Mining.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	ix
Κατάλογος Πινάκων	x
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xi
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Αντικείμενο της Εργασίας	1
1.2 Σκοπός της Εργασίας	1
1.3 Κύρια Σημεία της Διπλωματικής Εργασίας.....	2
1.4 Δομή της Διπλωματικής.....	2
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	4
2.1 Συστήματα Συστάσεων	4
2.2 Βασικές Κατηγορίες Αλγορίθμων Συστάσεων	5
2.2.1 Συνεργατικό Φιλτράρισμα (Collaborative Filtering)	5
2.2.2 Φιλτράρισμα βάσει Περιεχομένου (Content-Based Filtering).....	6
2.2.3 Υβριδικά Συστήματα Συστάσεων	6
2.3 Προκλήσεις Συστημάτων Συστάσεων	7
2.3.1 Πρόβλημα Ψυχρής Εκκίνησης (Cold Start).....	7
2.3.2 Φαινόμενο Filter Bubble και Υπερεξειδίκευση	7
2.3.3 Προκατάληψη Πρόσφατων Καταχωρήσεων (Recency Bias).....	8
2.4 Συστάσεις Διαμέσου Πολλαπλών Μέσων (Cross-Media Recommendations)	8
2.4.1 Ορισμός και Ερευνητικό Πλαίσιο	8
2.4.2 Προκλήσεις και Προσέγγιση της Παρούσας Εργασίας	9
3. Τεχνολογίες Ανάπτυξης	10
3.1 Γλώσσα Προγραμματισμού Backend: Python	10
3.2 Πλαίσιο Ανάπτυξης: FastAPI	10
3.3 Βάση Δεδομένων και Αντικειμενοσχεσιακή Χαρτογράφηση	11
3.3.1 SQLite	11
3.3.2 SQLAlchemy.....	11
3.4 Μηχανισμοί Ασφάλειας και Ταυτοποίησης.....	12
3.5 Εξωτερικές Διεπαφές Προγραμματισμού Εφαρμογών (APIs)	13
3.5.1 The Movie Database (TMDB) API.....	13
3.5.2 Spotify Web API.....	13
3.5.3 Google Books API	13
3.6 Τεχνολογίες Διεπαφής Χρήστη (Frontend).....	14
3.7 Επικοινωνία Πελάτη-Διακομιστή	14
4. Αρχιτεκτονική και Σχεδίαση του Συστήματος.....	16
4.1 Γενική Αρχιτεκτονική Πελάτη-Διακομιστή.....	16
4.2 Σχεδίαση της Σχεσιακής Βάσης Δεδομένων.....	16
4.2.1 Οντότητα User.....	17
4.2.2 Οντότητα MediaItem.....	17
4.2.3 Οντότητα UserInteraction	17
4.2.4 Συσχετίσεις των Οντοτήτων.....	18
4.3 Σημεία Πρόσβασης του Εξυπηρετητή (API Endpoints)	18
4.4 Πορεία Καταγραφής Αξιολόγησης	19
5. Σχεδιασμός και Υλοποίηση του Αλγορίθμου Συστάσεων.....	20
5.1 Επισκόπηση του Αλγορίθμου	20

5.2	Εξαγωγή Δειγμάτων και Τεχνική Time-Agnostic Sampling	21
5.3	Επέκταση αναζητήσεων (Cross-Media).....	21
5.3.1	Επεξεργασία του Τίτλου	22
5.3.2	Αντιστοίχιση ανά Τύπο Μέσου.....	22
5.3.3	Ασύγχρονη Εκτέλεση.....	23
5.4	Συγκέντρωση, Καθαρισμός και Ισορροπία Αποτελεσμάτων.....	23
5.5	Μηχανισμός Αντιμετώπισης Ψυχρής Εκκίνησης	24
5.6	Ποιότητα Αποτελεσμάτων Google Books API.....	24
6.	Σχεδίαση και Υλοποίηση της Διεπαφής Χρήστη.....	26
6.1	Σχεδιαστικές Αρχές και Οπτική Ταυτότητα	26
6.2	Δομή και Πλοήγηση.....	26
6.3	Ταυτοποίηση Χρήστη: Είσοδος και Εγγραφή	27
6.4	Αρχική Σελίδα και Αναζήτηση	28
6.5	Προβολή Λεπτομερειών και Καταγραφή Αξιολόγησης.....	29
6.6	Προβολή Προτάσεων	30
6.7	Προβολή Προφίλ.....	31
6.8	Αποκριτικός Σχεδιασμός.....	33
7.	Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις	34
7.1	Σύνοψη της Εργασίας.....	34
7.2	Συμπεράσματα	34
7.3	Περιορισμοί της Υλοποίησης.....	35
7.4	Μελλοντικές Επεκτάσεις.....	36
	Βιβλιογραφία.....	38

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 6-1 Στιγμιότυπο της μπάρας πλοήγησης με την ενσωματωμένη μπάρα αναζήτησης	27
Εικόνα 6-2 Η σελίδα εισόδου (login) και η σελίδα εγγραφής (register).....	28
Εικόνα 6-3 Αποτελέσματα αναζήτησης σε μορφή grid	29
Εικόνα 6-4 Η προβολή λεπτομερειών	30
Εικόνα 6-5 Η προβολή προτάσεων	31
Εικόνα 6-6 Η προβολή προφίλ με τα στατιστικά και τις κατηγορίες περιεχομένου	32

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4-1 Βασικά σημεία πρόσβασης (endpoints) του εξυπηρετητή	19
---	----

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

API	Application Programming Interface (Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών)
CBF	Content-Based Filtering (Φιλτράρισμα βάσει Περιεχομένου)
CF	Collaborative Filtering (Συνεργατικό Φιλτράρισμα)
CORS	Cross-Origin Resource Sharing
CSS	Cascading Style Sheets
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
JS	JavaScript
JSON	JavaScript Object Notation
JWT	JSON Web Token
ORM	Object-Relational Mapping (Αντικειμενοσχεσιακή Χαρτογράφηση)
REST	Representational State Transfer
RS	Recommender System (Σύστημα Συστάσεων)
SPA	Single-Page Application (Μονοσέλιδη Εφαρμογή)
SQL	Structured Query Language
TMDB	The Movie Database
UI	User Interface (Διεπαφή Χρήστη)
UX	User Experience (Εμπειρία Χρήστη)

1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της Εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου Πληροφοριακού Συστήματος που λειτουργεί ως κόμβος καταγραφής, οργάνωσης και ανακάλυψης ψηφιακού πολιτιστικού περιεχομένου. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή επιτρέπει στους χρήστες να καταγράφουν και να αξιολογούν ταινίες, μουσικά άλμπουμ και βιβλία σε μια ενιαία βάση δεδομένων, συνθέτοντας έτσι μια ολιστική ψηφιακή πολιτιστική ταυτότητα.

Βασικός σκοπός της εργασίας είναι η αξιοποίηση αυτής της ταυτότητας για την τροφοδότηση ενός έξυπνου Συστήματος Συστάσεων (Recommender System). Το σύστημα αυτό έχει ως στόχο να προτείνει στον χρήστη νέο, εξατομικευμένο περιεχόμενο, συνδυάζοντας ετερογενείς πηγές δεδομένων (Cross-Media Recommendations). Αντί να αντιμετωπίζει τον κινηματογράφο, τη μουσική και τη λογοτεχνία ως απομονωμένους τομείς, το σύστημα επιχειρεί να γεφυρώσει αυτά τα μέσα, αναγνωρίζοντας ότι η προτίμηση ενός χρήστη σε ένα κινηματογραφικό είδος μπορεί να αποτελέσει ισχυρό δείκτη για τις μουσικές ή αναγνωστικές του προτιμήσεις.

1.2 Σκοπός της Εργασίας

Το κύριο κίνητρο για την ανάπτυξη αυτού του συστήματος προέκυψε από τον κατακερματισμό που παρατηρείται στο σημερινό τοπίο των μέσων ψυχαγωγίας. Σήμερα, ένας χρήστης αναγκάζεται να διατηρεί πολλαπλά προφίλ σε διαφορετικές πλατφόρμες — όπως το Letterboxd για τις ταινίες, το Goodreads για τα βιβλία και το Spotify για τη μουσική— προκειμένου να αρχειοθετήσει τις εμπειρίες του. Αυτός ο κατακερματισμός έχει ως αποτέλεσμα την απομόνωση της πληροφορίας.

Επιπρόσθετα, οι υφιστάμενοι αλγόριθμοι των εμπορικών πλατφορμών συχνά εγκλωβίζουν τους χρήστες σε αυτό που στη βιβλιογραφία αναφέρεται ως Filter Bubble. Προτείνουν διαρκώς όμοιο περιεχόμενο, στερώντας την ευκαιρία της τυχαίας αλλά ποιοτικής ανακάλυψης. Η δημιουργία ενός συστήματος που μπορεί να εξάγει δεδομένα από μια ταινία, προκειμένου να προτείνει ένα σχετικό λογοτεχνικό βιβλίο ή ένα μουσικό κομμάτι

με παρόμοια αισθητική, αποτέλεσε το βασικό τεχνολογικό και ερευνητικό κίνητρο της παρούσας εργασίας.

1.3 Κύρια Σημεία της Διπλωματικής Εργασίας

Η κύρια συνεισφορά της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγκειται στον σχεδιασμό και την πρακτική υλοποίηση μιας πλατφόρμας που υπερβαίνει τα όρια των παραδοσιακών, μονοδιάστατων συστημάτων συστάσεων. Ειδικότερα, η εργασία συνεισφέρει στα εξής πεδία:

1. Cross-Media Recommendations: Ανάπτυξη ενός υβριδικού αλγορίθμου ο οποίος αντλεί στοιχεία από ένα μέσο (π.χ. κινηματογράφος) και παράγει αξιόπιστες προτάσεις για διαφορετικά μέσα (π.χ. λογοτεχνία και μουσική), αξιοποιώντας την εξαγωγή μεταδεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
2. Επίλυση Αλγοριθμικών Περιορισμών: Παρουσιάζεται μια καινοτόμος προσέγγιση για την αντιμετώπιση του φαινομένου της υπερεξειδίκευσης και αυτού που θέλει να λαμβάνει δείγματα κυρίως από τις πιο πρόσφατες καταχωρήσεις. Μέσω της εννοιολογικής «χαλάρωσης» των ερωτημάτων και της τυχαιοποιημένης δειγματοληψίας ανεξαρτήτως του χρόνου που λήφθηκαν, εξασφαλίζεται η παραγωγή προτάσεων που συνδυάζουν την υψηλή συνάφεια του περιεχομένου που προτίνεται, διατηρώντας το στοιχείο της ανακάλυψης.
3. Ολοκληρωμένη Αρχιτεκτονική (Full-Stack Development): Η εργασία προσφέρει τον πλήρη κύκλο ανάπτυξης ενός πληροφοριακού συστήματος, από τον σχεδιασμό της σχεσιακής βάσης δεδομένων και την ασφαλή διαχείριση ταυτοποίησης (JWT Authentication) στο backend, έως την υλοποίηση ενός σύγχρονου και φιλικού προς τον χρήστη frontend.

1.4 Δομή της Διπλωματικής

Η παρούσα διπλωματική εργασία οργανώνεται σε επτά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται η εισαγωγή στο αντικείμενο, καθορίζεται ο σκοπός, παρουσιάζονται τα κύρια σημεία και επίσης δίδεται μια σύντομη περιγραφή των κεφαλαίων της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρατίθεται το θεωρητικό υπόβαθρο των Συστημάτων Συστάσεων. Αναλύονται οι βασικές κατηγορίες αλγορίθμων, οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν καθώς και η έννοια των Cross-Media Recommendations.

Στο τρίτο κεφάλαιο, περιγράφονται αναλυτικά οι τεχνολογίες, οι γλώσσες προγραμματισμού και τα εξωτερικά Application Programming Interfaces (APIs) που επιλέχθηκαν για την ανάπτυξη του συστήματος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του συστήματος (client-server), ο σχεδιασμός της σχεσιακής βάσης δεδομένων και οι μηχανισμοί ασφαλείας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, το οποίο αποτελεί τον πυρήνα της εργασίας, αναλύεται εκτενώς η λογική και η υλοποίηση του αλγορίθμου συστάσεων, παραθέτοντας τις τεχνικές που αναπτύχθηκαν για τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων.

Στο έκτο κεφάλαιο, αναλύεται ο σχεδιασμός της διεπαφής χρήστη (UI) και της εμπειρίας χρήστη (UX), με έμφαση στη διάταξη των δεδομένων και στις μεθόδους που ακολουθήθηκαν ώστε να είναι όσο πιο προσιτά και εύκολα επεξεργάσιμα από τον χρήστη.

Στο έβδομο κεφάλαιο, συνοψίζονται τα συμπεράσματα της εργασίας, αναγνωρίζονται τυχόν περιορισμοί και διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντικές επεκτάσεις του συστήματος.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Συστήματα Συστάσεων

Στη σύγχρονη εποχή του Διαδικτύου, ο όγκος της διαθέσιμης ψηφιακής πληροφορίας αυξάνεται με εκθετικούς ρυθμούς. Το φαινόμενο αυτό, γνωστό στη βιβλιογραφία ως «Υπερφόρτωση Πληροφορίας» (Information Overload), καθιστά εξαιρετικά δυσχερή την ικανότητα του χρήστη να εντοπίσει περιεχόμενο που ικανοποιεί τις προσωπικές του προτιμήσεις. Τα Συστήματα Συστάσεων (Recommender Systems - RS) αναδείχθηκαν ως η κύρια τεχνολογική λύση σε αυτό το πρόβλημα.

Ένα σύστημα συστάσεων ορίζεται ως ένα λογισμικό εργαλείο ή τεχνική που παρέχει προτάσεις για αντικείμενα (items) τα οποία είναι πιθανό να ενδιαφέρουν έναν συγκεκριμένο χρήστη (user). Τα αντικείμενα αυτά μπορεί να είναι προϊόντα προς αγορά, άρθρα προς ανάγνωση, ταινίες, μουσική ή υπηρεσίες. Ιστορικά, τα πρώτα συστήματα συστάσεων βασιζόνταν σε απλές μετρικές δημοτικότητας (popularity-based), προτείνοντας τα ίδια κορυφαία αντικείμενα σε όλους τους χρήστες. Ωστόσο, η ραγδαία εξέλιξη της μηχανικής μάθησης (machine learning) και της εξόρυξης δεδομένων (data mining) οδήγησε στη δημιουργία εξατομικευμένων συστημάτων, τα οποία αναλύουν το ιστορικό, τη συμπεριφορά και τις ρητές ή άρρητες αξιολογήσεις (explicit/implicit feedback) του εκάστοτε χρήστη για την εξαγωγή προβλέψεων.

Ένα ορόσημο στην εξέλιξη των RS αποτέλεσε ο διαγωνισμός Netflix Prize (2006), μέσω του οποίου η ομώνυμη εταιρεία ανέθεσε στην ερευνητική κοινότητα τη βελτίωση κατά 10% της ακρίβειας του αλγορίθμου συστάσεων ταινιών που χρησιμοποιούσε. Σήμερα, τα RS βρίσκουν εφαρμογή σε ευρύ φάσμα τομέων: στο ηλεκτρονικό εμπόριο (Amazon), στη ροή βίντεο (Netflix, YouTube), στην αναπαραγωγή μουσικής (Spotify) και στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης (Tiktok, Instagram). Σε όλες τις περιπτώσεις, κοινός στόχος παραμένει η παροχή εξατομικευμένων προτάσεων που μεγιστοποιούν την ικανοποίηση του χρήστη.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές κατηγορίες αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται στα RS, με έμφαση σε εκείνες που σχετίζονται άμεσα με το σύστημα που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία. Στη συνέχεια αναλύονται οι κυριότερες προκλήσεις

του πεδίου, καθώς και η έννοια των συστάσεων διαμέσου πολλαπλών μέσων (Cross-Media Recommendations), που αποτελεί τον κεντρικό άξονα της προσέγγισης που υιοθετείται.

2.2 Βασικές Κατηγορίες Αλγορίθμων Συστάσεων

Στη βιβλιογραφία, οι αλγόριθμοι των RS κατηγοριοποιούνται κυρίως σε τρεις βασικές προσεγγίσεις: το Συνεργατικό Φιλτράρισμα (Collaborative Filtering - CF), το Φιλτράρισμα βάσει Περιεχομένου (Content-Based Filtering - CBF) και τα Υβριδικά Συστήματα (Burke, 2007). Στις ακόλουθες υποενότητες παρουσιάζεται συνοπτικά κάθε προσέγγιση, με ιδιαίτερη αναφορά στη συνάφειά της με το σύστημα της παρούσας εργασίας.

2.2.1 Συνεργατικό Φιλτράρισμα (Collaborative Filtering)

Το Συνεργατικό Φιλτράρισμα (Collaborative Filtering - CF) αποτελεί την ευρύτερα μελετημένη προσέγγιση στον τομέα των RS. Η βασική του αρχή στηρίζεται στην υπόθεση ότι χρήστες με παρόμοιες προτιμήσεις στο παρελθόν θα έχουν παρόμοιες προτιμήσεις και στο μέλλον. Το CF δεν αναλύει τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων, αλλά εκμεταλλεύεται το σύνολο των αξιολογήσεων που έχουν δώσει οι χρήστες, εντοπίζοντας μοτίβα ομοιότητας μεταξύ τους (Koren, Bell & Volinsky, 2009)..

Διακρίνονται δύο βασικές υποκατηγορίες: το CF βάσει χρήστη (user-based), όπου το σύστημα εντοπίζει χρήστες με παρόμοιο ιστορικό και προτείνει αντικείμενα που εκείνοι εκτίμησαν θετικά, και το CF βάσει αντικειμένου (item-based), όπου υπολογίζεται η ομοιότητα μεταξύ αντικειμένων βάσει των κοινών αξιολογήσεων που έχουν λάβει.

Παρά την ευρεία διάδοσή του, το CF παρουσιάζει σημαντικούς περιορισμούς, με κυριότερο το πρόβλημα “ψυχρής εκκίνησης” (cold start) για νέους χρήστες χωρίς ιστορικό, καθώς και την αραιή δομή των δεδομένων (data sparsity). Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η εφαρμογή του CF κρίθηκε ακατάλληλη: λόγω της φύσης του συστήματος, όπου το ιστορικό αξιολογήσεων αποτελεί ατομικό δεδομένο κάθε χρήστη και δεν αξιοποιούνται οι αξιολογήσεις τρίτων, δεν υφίσταται το συλλογικό υπόβαθρο που απαιτεί το CF. Για τον λόγο αυτό, η αρχιτεκτονική στράφηκε προς προσεγγίσεις βασισμένες στο περιεχόμενο.

2.2.2 Φιλτράρισμα βάσει Περιεχομένου (Content-Based Filtering)

Στο Φιλτράρισμα βάσει Περιεχομένου (Content-Based Filtering - CBF), οι συστάσεις παράγονται με βάση τα χαρακτηριστικά των ίδιων των αντικειμένων, σε αντιδιαστολή με τις αξιολογήσεις άλλων χρηστών. Το σύστημα αναλύει τα αντικείμενα που ο χρήστης έχει ήδη αξιολογήσει θετικά, εξάγει τα κοινά χαρακτηριστικά τους - όπως είδος, δημιουργός, θεματική ή λέξεις-κλειδιά - και αναζητά αντικείμενα με παρόμοια χαρακτηριστικά (Lops, de Gemmis & Semeraro, 2011).

Το CBF παρουσιάζει αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα που το καθιστούν κατάλληλο για το παρόν σύστημα: είναι ανεξάρτητο από τα δεδομένα άλλων χρηστών, αντιμετωπίζει αποτελεσματικά το cold start για νέα αντικείμενα και επιτρέπει την παραγωγή συστάσεων που προκύπτουν λογικά (explainable recommendations), καθώς κάθε πρόταση μπορεί να συνδεθεί άμεσα με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο του ιστορικού του χρήστη. Ο βασικός του περιορισμός είναι το φαινόμενο της υπερεξειδίκευσης, το οποίο αναλύεται διεξοδικά στην ενότητα 2.3.

Η προσέγγιση που υιοθετείται στην παρούσα εργασία αντλεί τη θεμελιώδη της λογική από το CBF, διαφοροποιείται όμως ως προς τον μηχανισμό υλοποίησης. Αντί της κλασικής μεθόδου, που προϋποθέτει την κατασκευή διανυσματικών αναπαραστάσεων των αντικειμένων και τον υπολογισμό μέτρων ομοιότητας εντός μιας τοπικής βάσης δεδομένων, το σύστημα αξιοποιεί τα μεταδεδομένα κάθε αντικειμένου ως είσοδο για δυναμικά ερωτήματα προς εξωτερικές διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (APIs). Η τεχνική αυτή λεπτομέρεια αναλύεται στην ενότητα 2.4 και στο Κεφάλαιο 5.

2.2.3 Υβριδικά Συστήματα Συστάσεων

Τα Υβριδικά Συστήματα Συστάσεων (Hybrid Recommender Systems) συνδυάζουν δύο ή περισσότερες από τις παραπάνω προσεγγίσεις, με στόχο την υπέρβαση των μεμονωμένων περιορισμών κάθε μιας (Burke, 2007). Για παράδειγμα, ο συνδυασμός CBF και CF επιτρέπει την αντιμετώπιση τόσο του cold start όσο και της υπερεξειδίκευσης, αξιοποιώντας τα δυνατά σημεία κάθε μεθόδου.

Το σύστημα της παρούσας εργασίας υιοθετεί μια υβριδική λογική σε διαφορετικό επίπεδο: συνδυάζει το φιλτράρισμα βάσει περιεχομένου με δυναμική εξαγωγή μεταδεδομένων από

πολλαπλές εξωτερικές πηγές, ενώ ταυτόχρονα εναλλάσσει στρατηγική ανάλογα με την κατάσταση του χρήστη - παράγει εξατομικευμένες συστάσεις όταν υπάρχει επαρκές ιστορικό, και στρέφεται σε δυναμικές προτάσεις τάσεων (trending) σε αντίθετη περίπτωση. Η εναλλαγή αυτή αντιστοιχεί στη στρατηγική «switching» που περιγράφει ο Burke (2007).

2.3 Προκλήσεις Συστημάτων Συστάσεων

Παρά την εξέλιξή τους, τα RS αντιμετωπίζουν σειρά προκλήσεων που επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα των παραγόμενων συστάσεων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες, με έμφαση σε εκείνες που αντιμετωπίζονται ρητά από το σύστημα της παρούσας εργασίας.

2.3.1 Πρόβλημα Ψυχρής Εκκίνησης (Cold Start)

Το πρόβλημα ψυχρής εκκίνησης (cold start) εκδηλώνεται όταν το σύστημα καλείται να παράγει συστάσεις απουσία επαρκών δεδομένων. Διακρίνεται σε δύο κατηγορίες: cold start χρήστη (user cold start), όταν ένας νέος χρήστης δεν διαθέτει ακόμα ιστορικό αλληλεπίδρασης, και σε cold start αντικείμενο (item cold start), όταν ένα νέο αντικείμενο δεν έχει λάβει αξιολογήσεις (Ricci, Rokach & Shapira, 2015).

Στο σύστημα της παρούσας εργασίας αντιμετωπίζονται και τα δύο σενάρια. Η περίπτωση του cold start χρήστη, επιλύεται μέσω ενός εναλλακτικού μηχανισμού που λόγω της απουσίας ιστορικού, παράγει συστάσεις αντλώντας δυναμικά τις τρέχουσες τάσεις (trending) απευθείας από τα εξωτερικά APIs, χωρίς καμία προκαθορισμένη λίστα περιεχομένου. Η περίπτωση του cold start αντικείμενου αντιμετωπίζεται εγγενώς, καθώς η δυναμική εξαγωγή μεταδεδομένων επιτρέπει στο σύστημα να δομεί άμεσα ένα πλήρες προφίλ για κάθε νέο αντικείμενο, χωρίς να απαιτείται η συσσώρευση αξιολογήσεων από χρήστες.

2.3.2 Φαινόμενο Filter Bubble και Υπερεξειδίκευση

Ο όρος Filter Bubble εισήχθη από τον Pariser (2011) για να περιγράψει το φαινόμενο κατά το οποίο οι αλγόριθμοι εξατομίκευσης περιορίζουν τον χρήστη σε ένα κλειστό σύνολο περιεχομένου που ανταποκρίνεται αποκλειστικά στις ήδη γνωστές του προτιμήσεις. Αποτέλεσμα είναι ο αλγοριθμικός “εγκλωβισμός”, που στερεί από τον χρήστη την ευκαιρία για ποιοτική ανακάλυψη νέου περιεχομένου.

Στον χώρο των RS, το φαινόμενο αυτό σχετίζεται στενά με την υπερεξειδίκευση (over-specialization), γνωστή αδυναμία των αλγορίθμων CBF: ένα σύστημα που προτείνει αποκλειστικά αντικείμενα εξαιρετικά όμοια με τα ήδη γνωστά αδυνατεί να εισαγάγει το στοιχείο της απρόσμενης ανακάλυψης, που αποτελεί σημαντική παράμετρο ποιότητας σε σύγχρονα RS (Kaminskas & Bridge, 2016). Η αντιμετώπιση αυτού του περιορισμού αποτέλεσε βασικό κίνητρο της παρούσας εργασίας, και επιχειρείται μέσω της εννοιολογικής διεύρυνσης των ερωτημάτων αναζήτησης που περιγράφεται στην ενότητα 2.4.

2.3.3 Προκατάληψη Πρόσφατων Καταχωρήσεων (Recency Bias)

Μια πρόσθετη πρόκληση, που έχει λάβει σχετικά περιορισμένη ερευνητική προσοχή, είναι η αλγοριθμική «προκατάληψη» απέναντι σε πρόσφατες καταχωρήσεις. Αυτή η προκατάληψη συνήθως εμφανίζεται όταν ο μηχανισμός δειγματοληψίας αντλεί δεδομένα κυρίως από τις πιο πρόσφατες αξιολογήσεις του χρήστη, υποτιμώντας παλαιότερες καταχωρήσεις που ενδέχεται να αντιπροσωπεύουν εξίσου σταθερές προτιμήσεις. Το αποτέλεσμα είναι ένα προφίλ που αντικατοπτρίζει τις στιγμιαίες επιλογές του χρήστη αντί για μια συνολική αποτύπωση της πολιτιστικής του ταυτότητας.

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου, στην παρούσα εργασία εφαρμόζεται η τεχνική Time-Agnostic Sampling: κατά τη δειγματοληψία για την κατασκευή του προφίλ, τα αντικείμενα επιλέγονται με τυχαιοποιημένο τρόπο από το σύνολο των θετικών αξιολογήσεων, ανεξαρτήτως του χρόνου καταχώρησής τους. Έτσι διασφαλίζεται ότι ολόκληρο το ιστορικό αντιπροσωπεύεται ισόρροπα στη διαδικασία παραγωγής συστάσεων. Η τεχνική αναλύεται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 5.

2.4 Συστάσεις Διαμέσου Πολλαπλών Μέσων (Cross-Media Recommendations)

2.4.1 Ορισμός και Ερευνητικό Πλαίσιο

Τα συμβατικά RS λειτουργούν εντός ενός ενιαίου πεδίου αντικειμένων (item domain): ένα σύστημα συστάσεων ταινιών προτείνει αποκλειστικά ταινίες, ένα σύστημα μουσικής αποκλειστικά μουσική. Η προσέγγιση Cross-Media Recommendations αποτελεί μια

διευρυμένη κατηγορία που αξιοποιεί τα δεδομένα ενός πεδίου για την παραγωγή προτάσεων σε διαφορετικό πεδίο, εκμεταλλευόμενη τη θεματική και αισθητική αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών μορφών πολιτιστικής έκφρασης (Fernández-Tobías et al., 2016).

Η ιδέα στηρίζεται σε μια εμπειρική παρατήρηση: ένας χρήστης που εκτιμά ταινίες με συγκεκριμένη αισθητική είναι πιθανό να ενδιαφέρεται για αντίστοιχα λογοτεχνικά ή μουσικά έργα, ακόμα και αν δεν έχει εκφράσει ποτέ ρητή προτίμηση σε αυτές τις κατηγορίες. Οι Cross-Media συστάσεις αποτελούν, συνεπώς, εργαλείο υπέρβασης των ορίων του μεμονωμένου μέσου, ενισχύοντας τη δυνατότητα ανακάλυψης.

2.4.2 Προκλήσεις και Προσέγγιση της Παρούσας Εργασίας

Η υλοποίηση Cross-Media RS εγείρει ζητήματα που δεν απαντώνται στα μονο-θεματικά συστήματα. Το κεντρικό πρόβλημα είναι η ετερογένεια των μεταδεδομένων: τα χαρακτηριστικά μιας ταινίας δεν έχουν άμεση αντιστοίχιση με εκείνα ενός μουσικού κομματιού ή ενός βιβλίου. Επιπλέον, η απουσία κοινών χρηστών ή κοινών αντικειμένων μεταξύ των διαφορετικών πεδίων καθιστά τις παραδοσιακές προσεγγίσεις CF ουσιαστικά ανεφάρμοστες σε σενάρια Cross-Media.

Στην παρούσα εργασία, το πρόβλημα αντιμετωπίζεται μέσω μιας τεχνικής εξαγωγής και διεύρυνσης των αναζητήσεων (metadata query expansion). Τα αποθηκευμένα μεταδεδομένα κάθε αντικειμένου - ο τίτλος μιας ταινίας, το όνομα ενός συγγραφέα ή ενός καλλιτέχνη, όπως εξάγονται από τα πεδία της βάσης δεδομένων - μετασχηματίζονται σε στοχευμένα ερωτήματα αναζήτησης προς εξωτερικά APIs άλλων πεδίων. Χαρακτηριστικά, μια θετικά αξιολογημένη ταινία αξιοποιείται με τριπλό τρόπο: για την ανάκτηση συναφών ταινιών, σχετικής μουσικής επένδυσης και λογοτεχνίας με συναφή θεματική. Αντίστοιχα, για ένα βιβλίο εξάγεται το όνομα του συγγραφέα και αναζητούνται περαιτέρω έργα του, ενώ για ένα μουσικό κομμάτι εξάγεται ο καλλιτέχνης και αναζητούνται σχετικά οπτικοακουστικά ή βιογραφικά έργα.

Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη δυναμική παραγωγή Cross-Media προτάσεων χωρίς την ανάγκη καθροσρισμένων λιστών, αξιοποιώντας αντιθέτως το πλούσιο ευρετήριο των εξωτερικών APIs ως μια διαρκώς επικαιροποιούμενη βάση γνώσης. Η αναλυτική περιγραφή της υλοποίησης παρατίθεται στο Κεφάλαιο 5.

3. Τεχνολογίες Ανάπτυξης

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι τεχνολογίες, οι γλώσσες προγραμματισμού και τα εξωτερικά εργαλεία που επιλέχθηκαν για την ανάπτυξη του συστήματος. Η επιλογή κάθε τεχνολογίας έγινε με γνώμονα την απόδοση, την ευκολία ανάπτυξης και την καταλληλότητά της για τις ιδιαίτερες απαιτήσεις μιας εφαρμογής που βασίζεται στη δυναμική διασύνδεση με πολλαπλές εξωτερικές πηγές δεδομένων. Η αρχιτεκτονική του συστήματος ακολουθεί το μοντέλο πελάτη-διακομιστή (client-server), με σαφή διαχωρισμό μεταξύ του εξυπηρετητή (backend) και της διεπαφής χρήστη (frontend).

3.1 Γλώσσα Προγραμματισμού Backend: Python

Για την ανάπτυξη του εξυπηρετητή επιλέχθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Python. Η Python αποτελεί μια γλώσσα υψηλού επιπέδου, γενικού σκοπού, ευρέως διαδεδομένη στον χώρο της ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών και της επιστήμης δεδομένων. Τα κύρια χαρακτηριστικά που οδήγησαν στην επιλογή της είναι η αναγνωσιμότητα της σύνταξής της, η πλούσια συλλογή βιβλιοθηκών (libraries) και η εκτεταμένη υποστήριξη του ασύγχρονου προγραμματισμού (asynchronous programming).

Το τελευταίο χαρακτηριστικό αποδείχθηκε καθοριστικό για την παρούσα εργασία. Καθώς το σύστημα πραγματοποιεί πολλαπλές, ταυτόχρονες κλήσεις σε εξωτερικά APIs για την παραγωγή μιας και μόνο σύστασης, η δυνατότητα ασύγχρονης εκτέλεσης (μέσω των λέξεων-κλειδίων `async` / `await` και της βιβλιοθήκης `asyncio`) επιτρέπει την παράλληλη διεκπεραίωση των αιτημάτων αυτών, μειώνοντας δραστικά τον συνολικό χρόνο απόκρισης σε σύγκριση με μια σύγχρονη (synchronous) προσέγγιση.

3.2 Πλαίσιο Ανάπτυξης: FastAPI

Για τη δόμηση του εξυπηρετητή χρησιμοποιήθηκε το framework FastAPI. Πρόκειται για ένα σύγχρονο, υψηλής απόδοσης πλαίσιο ανάπτυξης διαδικτυακών APIs σε Python, το οποίο βασίζεται στα πρότυπα ASGI (Asynchronous Server Gateway Interface). Η επιλογή του FastAPI έγινε για τους ακόλουθους λόγους:

Πρώτον, λόγω της εγγενούς υποστήριξης ασύγχρονων λειτουργιών, η οποία εναρμονίζεται πλήρως με την ανάγκη παράλληλης διασύνδεσης με τα εξωτερικά APIs. Δεύτερον, λόγω της αυτόματης επικύρωσης δεδομένων, η οποία επιτυγχάνεται μέσω της ενσωμάτωσης της βιβλιοθήκης Pydantic: τα εισερχόμενα και εξερχόμενα δεδομένα ελέγχονται αυτόματα ως προς τον τύπο και τη δομή τους, με βάση προκαθορισμένα σχήματα (schemas). Τρίτον, λόγω της αυτόματης παραγωγής διαδραστικής τεκμηρίωσης (μέσω των προτύπων OpenAPI και Swagger UI), που διευκολύνει σημαντικά τον έλεγχο των διαθέσιμων διεπαφών κατά την ανάπτυξη.

Η εκτέλεση της εφαρμογής πραγματοποιείται μέσω του εξυπηρετητή Unicorn, ενός ελαφρού ASGI server που λειτουργεί ως ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ του περιβάλλοντος και του κώδικα της εφαρμογής.

3.3 Βάση Δεδομένων και Αντικειμενοσχεσιακή Χαρτογράφηση

3.3.1 SQLite

Ως σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων επιλέχθηκε η SQLite. Πρόκειται για μια σχεσιακή βάση δεδομένων που λειτουργεί ενσωματωμένα αποθηκεύοντας το σύνολο των δεδομένων σε ένα μοναδικό αρχείο στο τοπικό σύστημα αρχείων, χωρίς να απαιτείται η εκτέλεση ξεχωριστού διακομιστή βάσης δεδομένων. Η επιλογή αυτή κρίθηκε ιδανική για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, καθώς προσφέρει απλότητα στην εγκατάσταση και τη συντήρηση, ενώ παράλληλα καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις μιας εφαρμογής σε στάδιο ανάπτυξης και επίδειξης. Σημειώνεται ότι η αρχιτεκτονική του συστήματος επιτρέπει τη μελλοντική μετάβαση σε ένα πιο κλιμακούμενο σύστημα βάσης δεδομένων (όπως η PostgreSQL) με ελάχιστες τροποποιήσεις, χάρη στη χρήση του ενδιάμεσου επιπέδου αντικειμενοσχεσιακής χαρτογράφησης που περιγράφεται στη συνέχεια.

3.3.2 SQLAlchemy

Για τη διασύνδεση του κώδικα Python με τη σχεσιακή βάση δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη SQLAlchemy. Πρόκειται για μια βιβλιοθήκη αντικειμενοσχεσιακής χαρτογράφησης (Object-Relational Mapping - ORM), η οποία επιτρέπει τον ορισμό των πινάκων της βάσης δεδομένων ως κλάσεων Python (μοντέλα), αντί για τη συγγραφή query

σε «καθαρή» γλώσσα SQL. Η SQLAlchemy αναπτύχθηκε από τον δημιουργό του FastAPI και συνδυάζει τα χαρακτηριστικά της Pydantic (για την επικύρωση δεδομένων) με εκείνα της SQLAlchemy (για τη διαχείριση της βάσης), προσφέροντας έτσι μια ενοποιημένη και συνεκτική προσέγγιση.

Στο σύστημα της παρούσας εργασίας ορίστηκαν τρία βασικά μοντέλα δεδομένων: το μοντέλο User, που αναπαριστά τους εγγεγραμμένους χρήστες, το μοντέλο MediaItem, που αναπαριστά τα πολιτιστικά αντικείμενα (ταινίες, μουσική, βιβλία) ανεξαρτήτως πηγής προέλευσης και το μοντέλο UserInteraction, που καταγράφει την αλληλεπίδραση ενός χρήστη με ένα αντικείμενο (αξιολόγηση, κατάσταση, σχόλιο). Η αναλυτική περιγραφή της δομής αυτών των μοντέλων και των μεταξύ τους συσχετίσεων παρατίθεται στο Κεφάλαιο 4.

3.4 Μηχανισμοί Ασφάλειας και Ταυτοποίησης

Η διαχείριση της ταυτοποίησης των χρηστών υλοποιήθηκε με χρήση της τεχνολογίας JSON Web Tokens (JWT). Το JWT αποτελεί ένα ανοικτό πρότυπο για την ασφαλή μεταφορά πληροφοριών μεταξύ δύο μερών υπό τη μορφή ενός ψηφιακά υπογεγραμμένου διακριτικού (token). Κατά τη διαδικασία σύνδεσης, ο εξυπηρετητής παράγει ένα token το οποίο αποστέλλεται στον πελάτη και επισυνάπτεται σε κάθε επόμενο αίτημα προς τις προστατευμένες διεπαφές, επιβεβαιώνοντας την ταυτότητα του χρήστη χωρίς να απαιτείται η εκ νέου αποστολή των διαπιστευτηρίων του. Η παραγωγή και η επαλήθευση των tokens υλοποιήθηκε μέσω της βιβλιοθήκης python-jose, με χρήση του αλγορίθμου υπογραφής HS256.

Επιπλέον, για την ασφαλή αποθήκευση των κωδικών πρόσβασης, αυτοί δεν διατηρούνται ποτέ σε μορφή απλού κειμένου (plain text). Αντιθέτως, εφαρμόζεται η συνάρτηση κατακερματισμού (hashing) bcrypt, η οποία ενσωματώνει μηχανισμό salt για την ενίσχυση της ασφάλειας έναντι επιθέσεων. Κατά τη σύνδεση, ο κωδικός που εισάγει ο χρήστης συγκρίνεται με την αποθηκευμένη κατακερματισμένη τιμή, χωρίς ο πραγματικός κωδικός να ανακτάται ποτέ.

3.5 Εξωτερικές Διεπαφές Προγραμματισμού Εφαρμογών (APIs)

Κεντρικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής του συστήματος αποτελεί η διασύνδεση με τρεις εξωτερικές διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (Application Programming Interfaces - APIs), καθεμία από τις οποίες παρέχει δεδομένα για ένα διαφορετικό πεδίο πολιτιστικού περιεχομένου. Η αξιοποίηση εξωτερικών APIs απαλλάσσει το σύστημα από την ανάγκη συντήρησης τοπικών βάσεων δεδομένων μεγάλης κλίμακας, παρέχοντας ταυτόχρονα πρόσβαση σε διαρκώς επικαιροποιούμενο περιεχόμενο.

3.5.1 The Movie Database (TMDB) API

Για το πεδίο των κινηματογραφικών ταινιών χρησιμοποιήθηκε το API της πλατφόρμας The Movie Database (TMDB). Πέραν της βασικής αναζήτησης ταινιών βάσει τίτλου, αξιοποιήθηκε ιδιαιτέρως το ενσωματωμένο σημείο πρόσβασης (endpoint) συστάσεων του TMDB (/movie/{id}/recommendations), το οποίο επιστρέφει παρόμοιες ταινίες με βάση το περιεχόμενο. Επιπλέον, αξιοποιήθηκε το endpoint τάσεων (/trending/movie/week) για την υλοποίηση του μηχανισμού αντιμετώπισης της ψυχρής εκκίνησης. Το TMDB παρέχει επίσης τα εικαστικά στοιχεία (αφίσες) των ταινιών, που αξιοποιούνται στη διεπαφή χρήστη.

3.5.2 Spotify Web API

Για το πεδίο της μουσικής χρησιμοποιήθηκε το Spotify Web API. Η πρόσβαση σε αυτό προϋποθέτει διαδικασία εξουσιοδότησης βάσει του προτύπου OAuth 2.0: το σύστημα αποκτά ένα διακριτικό πρόσβασης (access token) μέσω της ροής «Client Credentials», χρησιμοποιώντας τα διαπιστευτήρια της εφαρμογής. Μέσω του API αντλούνται πληροφορίες για μουσικά κομμάτια, καλλιτέχνες και άλμπουμ, καθώς και τα αντίστοιχα εικαστικά εξώφυλλα. Η δυνατότητα αναζήτησης με σύνθετα ερωτήματα (π.χ. αναζήτηση βάσει συγκεκριμένου καλλιτέχνη ή έτους και είδους) αξιοποιήθηκε άμεσα από τον μηχανισμό συστάσεων.

3.5.3 Google Books API

Για το πεδίο της λογοτεχνίας χρησιμοποιήθηκε το Google Books API. Το συγκεκριμένο API επιτρέπει σύνθετα ερωτήματα αναζήτησης μέσω εξειδικευμένων πεδίων (π.χ. inauthor, intitle, subject), δυνατότητα που αποδείχθηκε καθοριστική για την υλοποίηση της στοχευμένης αναζήτησης βιβλίων ανά συγγραφέα ή θεματική. Λόγω της ετερογένειας των

αποτελεσμάτων του, για το API αυτό αναπτύχθηκε ένας πρόσθετος μηχανισμός φιλτραρίσματος ποιότητας, ο οποίος απορρίπτει αποτελέσματα εκτός του λογοτεχνικού πεδίου (π.χ. εγχειρίδια ή ακαδημαϊκά συγγράμματα) και αντικείμενα χωρίς διαθέσιμο εξώφυλλο. Ο μηχανισμός αυτός αναλύεται στο Κεφάλαιο 5.

3.6 Τεχνολογίες Διεπαφής Χρήστη (Frontend)

Η διεπαφή χρήστη αναπτύχθηκε εξ ολοκλήρου με θεμελιώδεις τεχνολογίες, χωρίς τη χρήση εξωτερικού framework όπως React ή Vue. Η επιλογή της προσέγγισης με «καθαρή» JavaScript έγινε συνειδητά, με στόχο τη διατήρηση ενός ελαφρού και ταχέως περιβάλλοντος, την αποφυγή περιττών και επιβαρυντικών εξαρτήσεων αλλά και την πλήρη εποπτεία της λειτουργίας του κώδικα.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν: η γλώσσα HTML5 για τη δομή των σελίδων, το CSS3 για τη μορφοποίηση και την οπτική ταυτότητα της εφαρμογής και η γλώσσα JavaScript για το σύνολο της διάδρασης της σελίδας. Η εφαρμογή υλοποιήθηκε ως μονοσέλιδη εφαρμογή (Single-Page Application - SPA), όπου η εναλλαγή μεταξύ των διαφορετικών προβολών (όπως η αρχική σελίδα, το προφίλ και οι συστάσεις) πραγματοποιείται δυναμικά μέσω JavaScript, χωρίς εκ νέου φόρτωση ολόκληρης της σελίδας από τον εξυπηρετητή.

3.7 Επικοινωνία Πελάτη-Διακομιστή

Η επικοινωνία μεταξύ της διεπαφής χρήστη και του εξυπηρετητή υλοποιήθηκε σύμφωνα με την αρχιτεκτονική REST (Representational State Transfer), κατά την οποία ο εξυπηρετητής εκθέτει ένα σύνολο σημείων πρόσβασης (endpoints) στα οποία ο πελάτης αποστέλλει αιτήματα HTTP. Η ανταλλαγή δεδομένων πραγματοποιείται σε μορφή JSON (JavaScript Object Notation).

Από την πλευρά του εξυπηρετητή, οι κλήσεις προς τα εξωτερικά APIs υλοποιήθηκαν με χρήση της βιβλιοθήκης httpx, η οποία υποστηρίζει ασύγχρονα αιτήματα HTTP, εναρμονιζόμενη έτσι με τη συνολική ασύγχρονη αρχιτεκτονική του συστήματος. Τέλος, για την υπερπήδηση των περιορισμών ασφαλείας που επιβάλλουν οι σύγχρονοι περιηγητές κατά την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών προελεύσεων, ενσωματώθηκε ο μηχανισμός

Cross-Origin Resource Sharing (CORS), ο οποίος επιτρέπει στη διεπαφή χρήστη να επικοινωνεί με ασφάλεια με το API του εξυπηρετητή.

4. Αρχιτεκτονική και Σχεδίαση του Συστήματος

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η συνολική αρχιτεκτονική του συστήματος, ο σχεδιασμός της σχεσιακής βάσης δεδομένων και η ροή των δεδομένων μεταξύ των επιμέρους συνιστωσών που έχουν τεθεί. Η ανάλυση ξεκινά από τη γενική δομή πελάτη-διακομιστή, προχωρά στη λεπτομερή περιγραφή των οντοτήτων της βάσης δεδομένων και ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των βασικών σημείων πρόσβασης (endpoints).

4.1 Γενική Αρχιτεκτονική Πελάτη-Διακομιστή

Το σύστημα ακολουθεί την κλασική αρχιτεκτονική πελάτη-διακομιστή (client-server), με σαφή διαχωρισμό αρμοδιοτήτων μεταξύ τριών βασικών επιπέδων. Το πρώτο επίπεδο αποτελεί η διεπαφή χρήστη (frontend), η οποία εκτελείται στον περιηγητή και είναι υπεύθυνη για την παρουσίαση των δεδομένων και την αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Το δεύτερο επίπεδο αποτελεί ο εξυπηρετητής (backend), ο οποίος υλοποιεί τη λογική της εφαρμογής, διαχειρίζεται την ταυτοποίηση, επικοινωνεί με τη βάση δεδομένων και ενορχηστρώνει τις κλήσεις προς τα εξωτερικά APIs. Το τρίτο επίπεδο αποτελούν οι εξωτερικές πηγές δεδομένων (TMDB, Spotify, Google Books), από τις οποίες αντλείται το πολιτιστικό περιεχόμενο.

Η επικοινωνία μεταξύ frontend και backend πραγματοποιείται μέσω αιτημάτων HTTP προς τα REST endpoints του εξυπηρετητή, με ανταλλαγή δεδομένων σε μορφή JSON. Ο εξυπηρετητής, με τη σειρά του, λειτουργεί ως ενδιάμεσος (proxy) μεταξύ της διεπαφής χρήστη και των εξωτερικών APIs: η διεπαφή χρήστη δεν επικοινωνεί ποτέ απευθείας με τις εξωτερικές πηγές, αλλά πάντα μέσω του εξυπηρετητή, ο οποίος διαχειρίζεται τα διαπιστευτήρια πρόσβασης (API keys) και επεξεργάζεται τα δεδομένα πριν τα προωθήσει. Η σχεδιαστική αυτή επιλογή ενισχύει την ασφάλεια, καθώς τα ευαίσθητα διαπιστευτήρια δεν εκτίθενται ποτέ στην πλευρά του πελάτη.

4.2 Σχεδίαση της Σχεσιακής Βάσης Δεδομένων

Η βάση δεδομένων του συστήματος σχεδιάστηκε με γνώμονα την ευελιξία και την επεκτασιμότητα, ώστε να μπορεί να φιλοξενεί ετερογενή πολιτιστικά αντικείμενα διαφορετικής προέλευσης εντός μιας ενιαίας δομής. Αποτελείται από τρεις βασικές

οντότητες (πίνακες): τους χρήστες (User), τα πολιτιστικά αντικείμενα (MediaItem) και τις αλληλεπιδράσεις (UserInteraction).

4.2.1 Οντότητα User

Η οντότητα User αναπαριστά τους εγγεγραμμένους χρήστες της εφαρμογής. Κάθε εγγραφή περιλαμβάνει ένα μοναδικό αναγνωριστικό (id), τη διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email) και το όνομα χρήστη (username), και τα δύο αυτά στοιχεία είναι μοναδικά και έχουν ευρετηριοποιηθεί για ταχεία αναζήτηση. Επίσης, σε κάθε εγγραφή περιλαμβάνεται και το κατακερματισμένο συνθηματικό (password_hash). Επιπλέον, καταγράφεται η ημερομηνία δημιουργίας του λογαριασμού (created_at). Σημειώνεται ότι ο πραγματικός κωδικός πρόσβασης δεν αποθηκεύεται ποτέ, αλλά αντίθετα διατηρείται αποκλειστικά η κατακερματισμένη του μορφή, σύμφωνα με όσα περιγράφηκαν στην ενότητα 3.4.

4.2.2 Οντότητα MediaItem

Η οντότητα MediaItem αποτελεί τον πυρήνα της ενοποιημένης σχεδίασης. Αναπαριστά οποιοδήποτε πολιτιστικό αντικείμενο - ταινία, μουσικό κομμάτι ή βιβλίο - εντός μιας κοινής δομής. Το κλειδί αυτής της προσέγγισης έγκειται στα πεδία source (που δηλώνει την πηγή προέλευσης, π.χ. tmdb, spotify, google_books), external_id (το αναγνωριστικό του αντικειμένου στην εξωτερική πηγή) και media_type (που δηλώνει τον τύπο: movie, music, book). Ο συνδυασμός source και external_id διασφαλίζει τη μοναδική ταυτοποίηση κάθε αντικειμένου, αποτρέποντας την αποθήκευση διπλοτύπων.

Πέραν των βασικών πεδίων (title, cover_image_url, description), η οντότητα διαθέτει ένα πεδίο meta_data τύπου JSON. Η επιλογή αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική: επιτρέπει την αποθήκευση δομημένων μεταδεδομένων μεταβλητής μορφής (όπως το έτος κυκλοφορίας ή τα είδη/genres) χωρίς να απαιτείται η τροποποίηση του σχήματος της βάσης για κάθε νέο τύπο αντικειμένου. Η ευελιξία αυτή είναι θεμελιώδης για ένα σύστημα που διαχειρίζεται ετερογενείς πηγές με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

4.2.3 Οντότητα UserInteraction

Η οντότητα UserInteraction καταγράφει την αλληλεπίδραση ενός χρήστη με ένα συγκεκριμένο πολιτιστικό αντικείμενο, υλοποιώντας ουσιαστικά τη σχέση «πολλά προς

πολλά» (many-to-many) μεταξύ των χρηστών και των αντικειμένων. Κάθε εγγραφή συνδέει έναν χρήστη (`user_id`) με ένα αντικείμενο (`media_item_id`) μέσω ξένων κλειδιών (foreign keys), και αποθηκεύει τα δεδομένα της αξιολόγησης: τη βαθμολογία (rating), την κατάσταση (status), το προαιρετικό κείμενο κριτικής (review_text) και τη χρονική σήμανση της καταχώρησης (timestamp).

Η οντότητα αυτή αποτελεί τη βασική πηγή δεδομένων για τον μηχανισμό συστάσεων: οι θετικές αξιολογήσεις (με βαθμολογία ίση ή μεγαλύτερη από ένα προκαθορισμένο σημείο) αποτελούν τη πηγή (seeds), από όπου αντλεί ο αλγόριθμος ώστε να παράξει προτάσεις, όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 5.

4.2.4 Συσχετίσεις των Οντοτήτων

Οι τρεις οντότητες συνδέονται μέσω σχέσεων που ορίζονται στο επίπεδο του ORM. Ένας χρήστης μπορεί να έχει πολλές αλληλεπιδράσεις (σχέση «ένα προς πολλά» μεταξύ User και UserInteraction), και αντίστοιχα ένα αντικείμενο μπορεί να σχετίζεται με πολλές αλληλεπιδράσεις (σχέση «ένα προς πολλά» μεταξύ MediaItem και UserInteraction). Με αυτό τον τρόπο όμως η οντότητα UserInteraction λειτουργεί ως ενδιάμεσος πίνακας σύνδεσης, μετατρέποντας τη σχέση μεταξύ χρηστών και αντικειμένων σε σχέση «πολλά προς πολλά», εμπλουτισμένη με τα δεδομένα των αξιολογήσεων.

4.3 Σημεία Πρόσβασης του Εξυπηρετητή (API Endpoints)

Ο εξυπηρετητής εκθέτει ένα σύνολο REST endpoints, τα οποία ομαδοποιούνται ανάλογα με τη λειτουργία τους.

Endpoint	Μέθοδος	Περιγραφή	Ταυτοποίηση
/auth/register	POST	Εγγραφή νέου χρήστη	Όχι
/auth/login	POST	Σύνδεση χρήστη και παραγωγή token	Όχι
/search/movies	GET	Αναζήτηση ταινιών (TMDB)	Ναι
/search/music	GET	Αναζήτηση μουσικής (Spotify)	Ναι
/search/books	GET	Αναζήτηση βιβλίων (Google Books)	Ναι
/interactions/log	POST	Καταγραφή / ενημέρωση αξιολόγησης	Ναι
/users/me/interactions	GET	Ανάκτηση ιστορικού χρήστη	Ναι
/recommendations/me	GET	Εξατομικευμένες συστάσεις	Ναι
/trending	GET	Δημοφιλές περιεχόμενο (cold start)	Όχι

Πίνακας 4-1 Βασικά σημεία πρόσβασης (endpoints) του εξυπηρετητή

Τα endpoints διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ως προς την ασφάλεια. Τα δημόσια endpoints (όπως η εγγραφή, η σύνδεση και η προβολή δημοφιλούς περιεχομένου) είναι προσβάσιμα χωρίς ταυτοποίηση. Αντιθέτως, τα προστατευμένα endpoints (όπως η αναζήτηση, η καταγραφή αξιολογήσεων και οι εξατομικευμένες συστάσεις) απαιτούν έγκυρο JWT token, το οποίο επαληθεύεται μέσω ενός μηχανισμού εξάρτησης (dependency) που εξάγει και ταυτοποιεί τον τρέχοντα χρήστη πριν την εκτέλεση της λειτουργίας.

4.4 Πορεία Καταγραφής Αξιολόγησης

Ενδεικτική της λειτουργίας του συστήματος είναι η πορεία καταγραφής μιας αξιολόγησης, η οποία φυσικά ξεκινά όταν ο χρήστης αξιολογεί ένα αντικείμενο. Κατά την υποβολή του αιτήματος στο endpoint/interactions/log, ο εξυπηρετητής ελέγχει αρχικά αν το συγκεκριμένο αντικείμενο υπάρχει ήδη στη βάση δεδομένων, βάσει του συνδυασμού external_id και source. Εάν δεν υπάρχει, δημιουργείται νέα εγγραφή MediaItem, εάν πάλι υπάρχει, αξιοποιείται η υφιστάμενη. Στη συνέχεια, ελέγχεται αν ο χρήστης έχει ήδη αξιολογήσει το συγκεκριμένο αντικείμενο: σε καταφατική περίπτωση, η υπάρχουσα αξιολόγηση ενημερώνεται, ενώ σε αντίθετη περίπτωση δημιουργείται νέα εγγραφή UserInteraction. Η λογική αυτή διασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων, αποτρέποντας τόσο τη διπλή αποθήκευση αντικειμένων όσο και τις διπλότυπες αξιολογήσεις από τον ίδιο χρήστη.

5. Σχεδιασμός και Υλοποίηση του Αλγορίθμου Συστάσεων

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί τον πυρήνα της εργασίας, καθώς αναλύει διεξοδικά τη λογική και την υλοποίηση του μηχανισμού συστάσεων που αναπτύχθηκε. Παρουσιάζεται η συνολική στρατηγική του αλγορίθμου, οι τεχνικές που αναπτύχθηκαν για την παραγωγή προτάσεων μέσα από πολλαπλά μέσα, καθώς και οι μέθοδοι βελτιστοποίησης της ποιότητας των αποτελεσμάτων.

5.1 Επισκόπηση του Αλγορίθμου

μηχανισμός συστάσεων του συστήματος δεν ακολουθεί μία ενιαία, στατική προσέγγιση. Αντιθέτως, υιοθετεί μια διττή στρατηγική, η οποία προσαρμόζεται δυναμικά στην κατάσταση του εκάστοτε χρήστη. Η επιλογή της κατάλληλης στρατηγικής πραγματοποιείται από μια συνάρτηση-διανομέα (`get_smart_recommendations`), η οποία ελέγχει αν ο χρήστης διαθέτει επαρκές ιστορικό θετικών αξιολογήσεων.

Συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος διακρίνει δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη, όταν ο χρήστης διαθέτει τουλάχιστον μία θετική αξιολόγηση, ενεργοποιείται ο μηχανισμός εξατομικευμένων συστάσεων (`generate_holistic_recommendations`), ο οποίος αναλύεται στις ενότητες 5.2 έως 5.4. Στη δεύτερη, όταν ο χρήστης δεν διαθέτει ακόμα ιστορικό - πρόκειται για αυτό που αναφέραμε ως τώρα “σενάριο ψυχρής εκκίνησης” - ενεργοποιείται ο μηχανισμός δυναμικών τάσεων (`generate_trending_recommendations`), ο οποίος αναλύεται στην ενότητα 5.5. Η εναλλαγή αυτή αντιστοιχεί στη στρατηγική «switching» των υβριδικών συστημάτων, που αναφέρθηκε στην ενότητα 2.2.3.

Ως ελάχιστη βάση θετικής αξιολόγησης ορίστηκε η βαθμολογία 4.0 (σε κλίμακα έως 5.0). Μόνο τα αντικείμενα που έχουν αξιολογηθεί με βαθμολογία ίση ή μεγαλύτερη της βάσης αυτής θεωρούνται αξιόπιστοι δείκτες των προτιμήσεων του χρήστη και αξιοποιούνται για την παραγωγή συστάσεων.

5.2 Εξαγωγή Δειγμάτων και Τεχνική Time-Agnostic Sampling

Το πρώτο βήμα του μηχανισμού εξατομικευμένων συστάσεων είναι η ανάκτηση του συνόλου των θετικών αξιολογήσεων του χρήστη από τη βάση δεδομένων. Από το σύνολο αυτό, ο αλγόριθμος επιλέγει έναν περιορισμένο αριθμό αντικειμένων - έως οκτώ - τα οποία θα λειτουργήσουν ως πηγή (seed items) για την παραγωγή των προτάσεων. Ο περιορισμός αυτός είναι αναγκαίος, καθώς κάθε πηγή παράγει πολλαπλά ερωτήματα προς τα εξωτερικά APIs, και ένας μεγαλύτερος αριθμός θα οδηγούσε σε υπερβολικό υπολογιστικό κόστος και χρόνο απόκρισης.

Καθοριστικής σημασίας είναι ο τρόπος με τον οποίο επιλέγονται αυτά τα οκτώ αντικείμενα. Αντί να επιλεγούν τα πιο πρόσφατα ή τα υψηλότερα βαθμολογημένα, εφαρμόζεται η τεχνική Time-Agnostic Sampling: τα δείγματα επιλέγονται με τυχαιοποιημένο τρόπο από ολόκληρο το σύνολο των θετικών αξιολογήσεων, ανεξαρτήτως του χρόνου καταχώρησής τους. Η σχεδιαστική αυτή επιλογή αντιμετωπίζει το φαινόμενο της προκατάληψης πρόσφατων καταχωρήσεων (recency bias) που αναλύθηκε στην ενότητα 2.3.3.

Η σημασία της τεχνικής γίνεται σαφής με ένα παράδειγμα. Ένας χρήστης που πρόσφατα κατέγραψε αρκετές ταινίες τρόμου, ενώ παλαιότερα είχε αξιολογήσει θετικά κλασική λογοτεχνία και τζαζ μουσική, δεν θα έπρεπε να λαμβάνει συστάσεις αποκλειστικά προσανατολισμένες στις πρόσφατες επιλογές του. Μέσω της τυχαιοποιημένης δειγματοληψίας από ολόκληρο το ιστορικό, το σύστημα διασφαλίζει ότι κάθε πτυχή της πολιτιστικής ταυτότητας του χρήστη έχει πιθανότητα να αντιπροσωπευθεί στις παραγόμενες προτάσεις. Επιπλέον, ο τυχαιοποιημένος χαρακτήρας της επιλογής εισάγει ένα στοιχείο μεταβλητότητας: σε διαφορετικές επισκέψεις, ο χρήστης λαμβάνει διαφορετικά σύνολα προτάσεων, γεγονός που ενισχύει την αίσθηση της ανακάλυψης και αντιστρατεύεται τον αλγοριθμικό εγκλωβισμό.

5.3 Επέκταση αναζητήσεων (Cross-Media)

Το στάδιο αυτό αποτελεί τον κεντρικό και πιο καινοτόμο μηχανισμό της εργασίας. Για κάθε δείγμα που έχει επιλεγεί, ο αλγόριθμος δεν περιορίζεται στην αναζήτηση παρόμοιων αντικειμένων του ίδιου τύπου, αλλά παράγει ένα σύνολο στοχευμένων ερωτημάτων προς

διαφορετικά πεδία μέσων. Η λογική αντιστοίχισης βέβαια διαφοροποιείται ανάλογα με τον τύπο του δείγματος.

5.3.1 Επεξεργασία του Τίτλου

Πριν τη δημιουργία των queries, ο τίτλος κάθε δείγματος υφίσταται μια διαδικασία καθαρισμού. Συγκεκριμένα, αφαιρούνται τυχόν επεξηγηματικά τμήματα που ακολουθούν μετά από άνω-κάτω τελεία ή εντός παρενθέσεων (όπως υπότιτλοι ή έτη κυκλοφορίας), ώστε να απομονωθεί ο βασικός τίτλος. Ο καθαρισμός αυτός βελτιώνει σημαντικά την ακρίβεια των ερωτημάτων προς τα εξωτερικά APIs, αποτρέποντας την αποτυχία αναζήτησης λόγω περιττών στοιχείων στον τίτλο.

5.3.2 Αντιστοίχιση ανά Τύπο Μέσου

Για κάθε τύπο δείγματος, ο αλγόριθμος παράγει τρία queries: ένα προς το ίδιο πεδίο και δύο προς τα υπόλοιπα, υλοποιώντας έτσι τη λογική των συστάσεων που προέρχονται από πολλαπλά μέσα.

Στην περίπτωση μιας ταινίας, αξιοποιείται κατ' αρχάς το ενσωματωμένο σύστημα συστάσεων του TMDB για ανάκτηση παρόμοιων ταινιών βάσει περιεχομένου. Παράλληλα, ο τίτλος χρησιμοποιείται για την αναζήτηση της σχετικής μουσικής επένδυσης στο Spotify (με προσθήκη του όρου «original score»), καθώς και για την αναζήτηση συναφούς λογοτεχνίας στο Google Books (περιορίζοντας αυστηρά στο πεδίο της μυθοπλασίας).

Στην περίπτωση ενός βιβλίου, ο αλγόριθμος εξάγει αρχικά το όνομα του συγγραφέα από το σχετικό πεδίο. Στη συνέχεια, αναζητά άλλα λογοτεχνικά έργα του ίδιου συγγραφέα (με χρήση του τελεστή inauthor), πιθανές κινηματογραφικές μεταφορές του βιβλίου στο TMDB, καθώς και σχετικό μουσικό περιεχόμενο στο Spotify.

Στην περίπτωση ενός μουσικού κομματιού, ο αλγόριθμος εξάγει αντίστοιχα το όνομα του καλλιτέχνη από το αντίστοιχο πεδίο. Έπειτα, αναζητά άλλα κομμάτια του ίδιου καλλιτέχνη στο Spotify (με χρήση του τελεστή artist), σχετικές ταινίες ή ντοκιμαντέρ στο TMDB, καθώς και βιογραφικά ή σχετικά με τη μουσική βιβλία στο Google Books.

5.3.3 Ασύγχρονη Εκτέλεση

Δεδομένου ότι κάθε σύσταση μπορεί να συνεπάγεται έως και είκοσι τέσσερα ξεχωριστά ερωτήματα προς εξωτερικά APIs, η σειριακή εκτέλεσή τους θα οδηγούσε σε απαγορευτικά υψηλό χρόνο απόκρισης. Για τον λόγο αυτό, όλα τα ερωτήματα συγκεντρώνονται και εκτελούνται ταυτόχρονα μέσω του μηχανισμού `asyncio.gather` της Python. Η ασύγχρονη αυτή προσέγγιση επιτρέπει την παράλληλη αναμονή αποκρίσεων από τα διαφορετικά APIs, μειώνοντας τον συνολικό χρόνο. Επιπλέον, ο μηχανισμός είναι σχεδιασμένος ώστε τυχόν αποτυχία ή εξαίρεση σε ένα μεμονωμένο ερώτημα να μην διακόπτει τη συνολική διαδικασία, πρακτικά τα αποτελέσματα που απέτυχαν απλώς αγνοούνται.

5.4 Συγκέντρωση, Καθαρισμός και Ισορροπία Αποτελεσμάτων

Μετά την ολοκλήρωση όλων των ερωτημάτων, τα επιμέρους αποτελέσματα συγκεντρώνονται σε ένα ενιαίο σύνολο υποψήφιων προτάσεων. Το σύνολο αυτό υφίσταται στη συνέχεια τρία διαδοχικά στάδια επεξεργασίας.

Το πρώτο στάδιο είναι η αφαίρεση διπλοτύπων και ήδη γνωστών αντικειμένων. Ο αλγόριθμος ανακτά το σύνολο των αντικειμένων που ο χρήστης έχει ήδη καταγράψει και απορρίπτει από τις προτάσεις κάθε αντικείμενο που είτε εμφανίζεται περισσότερες από μία φορές στα αποτελέσματα, είτε υπάρχει ήδη στο ιστορικό του χρήστη. Έτσι διασφαλίζεται ότι το σύστημα προτείνει αποκλειστικά νέο, άγνωστο προς τον χρήστη περιεχόμενο.

Το δεύτερο στάδιο είναι η ισορροπία κατηγοριών. Τα εναπομείναντα αποτελέσματα διαχωρίζονται ανά τύπο (ταινίες, βιβλία, μουσική), και από κάθε κατηγορία επιλέγεται ένας τυχαιοποιημένος αριθμός αντικειμένων (έως δεκαπέντε ανά κατηγορία). Η προσέγγιση αυτή αποτρέπει την κυριαρχία μιας μεμονωμένης κατηγορίας στις τελικές προτάσεις, διασφαλίζοντας μια ισορροπημένη εμπειρία, σύμφωνα και με τον σκοπό της εφαρμογής.

Το τρίτο στάδιο είναι η τελική ανάμειξη και ο έλεγχος επάρκειας. Τα αποτελέσματα αναμειγνύονται τυχαία ώστε οι διαφορετικοί τύποι μέσω να εμφανίζονται εναλλάξ στη διεπαφή χρήστη. Τέλος, εφαρμόζεται ένας μηχανισμός ασφαλείας: εάν, λόγω περιορισμένου ιστορικού, το σύνολο των παραγόμενων προτάσεων υπολείπεται ενός

ελάχιστου ορίου, ο αλγόριθμος συμπληρώνει τις προτάσεις με δημοφιλές περιεχόμενο από τον μηχανισμό τάσεων που περιγράφεται στη συνέχεια.

5.5 Μηχανισμός Αντιμετώπισης Ψυχρής Εκκίνησης

Όταν ο χρήστης δεν διαθέτει ιστορικό θετικών αξιολογήσεων, ενεργοποιείται ο μηχανισμός τάσεων. Βασικό χαρακτηριστικό του μηχανισμού αυτού είναι ότι δεν στηρίζεται σε καμία προκαθορισμένη λίστα περιεχομένου. Αντιθέτως, αντλεί δυναμικά το δημοφιλές περιεχόμενο απευθείας από τα εξωτερικά APIs τη στιγμή της αίτησης.

Συγκεκριμένα, ο μηχανισμός εκτελεί ένα σύνολο παράλληλων ερωτημάτων: ανακτά τις δημοφιλέστερες ταινίες της εβδομάδας μέσω του ειδικού endpoint τάσεων του TMDB, αναζητά δημοφιλή μουσική του τρέχοντος έτους σε διάφορα είδη (pop, rock, soundtrack) στο Spotify, και ανακτά ευπώλητα και δημοφιλή βιβλία διαφόρων κατηγοριών (μυθοπλασία, φαντασία, μυστήριο) από το Google Books. Τα αποτελέσματα υφίστανται την ίδια επεξεργασία καθαρισμού, ισορροπίας και ανάμειξης που περιγράφηκε στην ενότητα 5.4.

Η προσέγγιση αυτή διασφαλίζει ότι ακόμα και ένας νέος χρήστης, κατά την πρώτη του επίσκεψη, λαμβάνει τόσο επίκαιρο όσο και ποιοτικό περιεχόμενο, αντικατοπτρίζοντας τις τρέχουσες παγκόσμιες τάσεις, αντί για ένα στατικό, προκαθορισμένο σύνολο προτάσεων.

5.6 Ποιότητα Αποτελεσμάτων Google Books API

Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε στην ποιότητα των αποτελεσμάτων που προέρχονται από το Google Books API, καθώς η φύση του συγκεκριμένου API τείνει να επιστρέφει ετερογενή και συχνά άσχετα αποτελέσματα (όπως ακαδημαϊκά συγγράμματα ή εγχειρίδια) ως απαντήσεις σε αναζητήσεις λογοτεχνικού χαρακτήρα. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, αναπτύχθηκε ένας πολυεπίπεδος μηχανισμός φιλτραρίσματος.

Το πρώτο επίπεδο είναι ένα θεματικό φίλτρο αποκλεισμού: τα αποτελέσματα που ανήκουν σε κατηγορίες εκτός του λογοτεχνικού πεδίου - όπως μαθηματικά, επιστήμη, τεχνολογία, εκπαίδευση ή ιατρική - απορρίπτονται αυτομάτως. Το δεύτερο επίπεδο είναι ένα φίλτρο

οπτικής ποιότητας: αντικείμενα που δεν διαθέτουν διαθέσιμο εξώφυλλο απορρίπτονται, ώστε να διασφαλίζεται η αισθητική συνέπεια της διεπαφής χρήστη. Επιπλέον, εφαρμόζεται μετατροπή των συνδέσμων των εικόνων στο ασφαλές πρωτόκολλο HTTPS, για την αποφυγή προβλημάτων ασφαλείας κατά την προβολή τους στον περιηγητή.

Πέραν του φιλτραρίσματος, για το Google Books API υλοποιήθηκε ένας επιπλέον μηχανισμός βελτιστοποίησης: Ο μηχανισμός προσωρινής αποθήκευσης (caching), ο οποίος αποθηκεύει τα αποτελέσματα κάθε ερωτήματος, αποτρέποντας την επανάληψη ταυτόσημων κλήσεων προς το API, το οποίο υπερφορτώνεται εύκολα αποτρέποντας την υπέρβαση των ορίων χρήσης που επιβάλλει η υπηρεσία.

6. Σχεδίαση και Υλοποίηση της Διεπαφής Χρήστη

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η διεπαφή χρήστη (User Interface - UI) της εφαρμογής και αναλύεται η εμπειρία χρήστη (User Experience - UX) που αυτή προσφέρει. Περιγράφονται οι σχεδιαστικές αρχές που διέπουν την εφαρμογή και ο τρόπος με τον οποίο ο χρήστης πλοηγείται και αλληλεπιδρά με το σύστημα. Η διεπαφή σχεδιάστηκε με γνώμονα την απλότητα, τη λειτουργικότητα και την όσο δυνατή συνεκτική οπτική ταυτότητα.

6.1 Σχεδιαστικές Αρχές και Οπτική Ταυτότητα

Η αισθητική της εφαρμογής αντλεί έμπνευση από σύγχρονες πλατφόρμες καταγραφής και αξιολόγησης πολιτιστικού περιεχομένου, και ιδιαίτερα από τη γνωστή πλατφόρμα Letterboxd. Υιοθετήθηκε ένα σκουρόχρωμο θέμα, το οποίο όχι μόνο προσφέρει μια σύγχρονη αισθητική, αλλά μειώνει και την κόπωση των ματιών κατά την παρατεταμένη χρήση, ενώ παράλληλα αναδεικνύει τα εικαστικά στοιχεία (αφίσες ταινιών, εξώφυλλα βιβλίων και άλμπουμ) που κυριαρχούν στο περιεχόμενο.

Η οπτική ταυτότητα δόθηκε μέσω της CSS. Η βασική παλέτα χρωμάτων αποτελείται από ένα σκούρο φόντο, αποχρώσεις του γκρι για τις επιφάνειες των καρτών, και ένα έντονο πορτοκαλί ως χρώμα έμφασης (accent), το οποίο χρησιμοποιείται για τα διαδραστικά στοιχεία, τα κουμπιά και τις επισημάνσεις. Η κεντρική αυτή διαχείριση των χρωμάτων διευκολύνει σημαντικά τη συντήρηση και την ενδεχόμενη μελλοντική τροποποίηση τους.

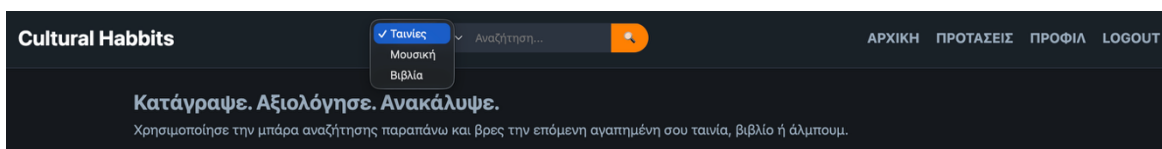
Ως προς τις γραμματοσειρές, έγινε επιλογή κατα βάση κλασσικών γραμματοσειρών συστήματος (system font stack), η οποία ως λύση εξυπηρετεί τις γραμματοσειρές κάθε λειτουργικού συστήματος. Η επιλογή αυτή εξασφαλίζει βέλτιστη αναγνωσιμότητα, ταχύτητα φόρτωσης και οικεία εμφάνιση σε κάθε συσκευή, χωρίς την ανάγκη φόρτωσης εξωτερικών γραμματοσειρών.

6.2 Δομή και Πλοήγηση

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 3.6, η εφαρμογή υλοποιήθηκε ως μονοσέλιδη εφαρμογή. Το σύνολο του περιεχομένου φιλοξενείται σε ένα ενιαίο αρχείο HTML, εντός του οποίου ορίζονται πολλαπλές όψεις της εφαρμογής. Σε κάθε δεδομένη στιγμή, μόνο μία από αυτές

είναι ορατή, ενώ οι υπόλοιπες αποκρύπτονται. Η εναλλαγή μεταξύ τους πραγματοποιείται δυναμικά μέσω JavaScript, η οποία διαχειρίζεται την εμφάνιση και απόκρυψη των κατάλληλων ενοτήτων ανάλογα με τις ενέργειες του χρήστη.

Κεντρικό στοιχείο της πλοήγησης αποτελεί η μπάρα πλοήγησης (navigation bar), η οποία παραμένει σταθερά διαθέσιμη στο επάνω μέρος της οθόνης μετά τη σύνδεση του χρήστη. Το γενικότερο βασικό banner, περιλαμβάνει τον τίτλο της εφαρμογής, μια ενσωματωμένη μπάρα αναζήτησης και συνδέσμους προς τις βασικές σελίδες: την Αρχική σελίδα, τις Προτάσεις και το Προφίλ, καθώς και το κουμπί αποσύνδεσης. Πριν τη σύνδεση, η μπάρα πλοήγησης παραμένει κρυφή, ώστε ο μη πιστοποιημένος χρήστης να εστιάζει αποκλειστικά στις φόρμες εισόδου και εγγραφής.

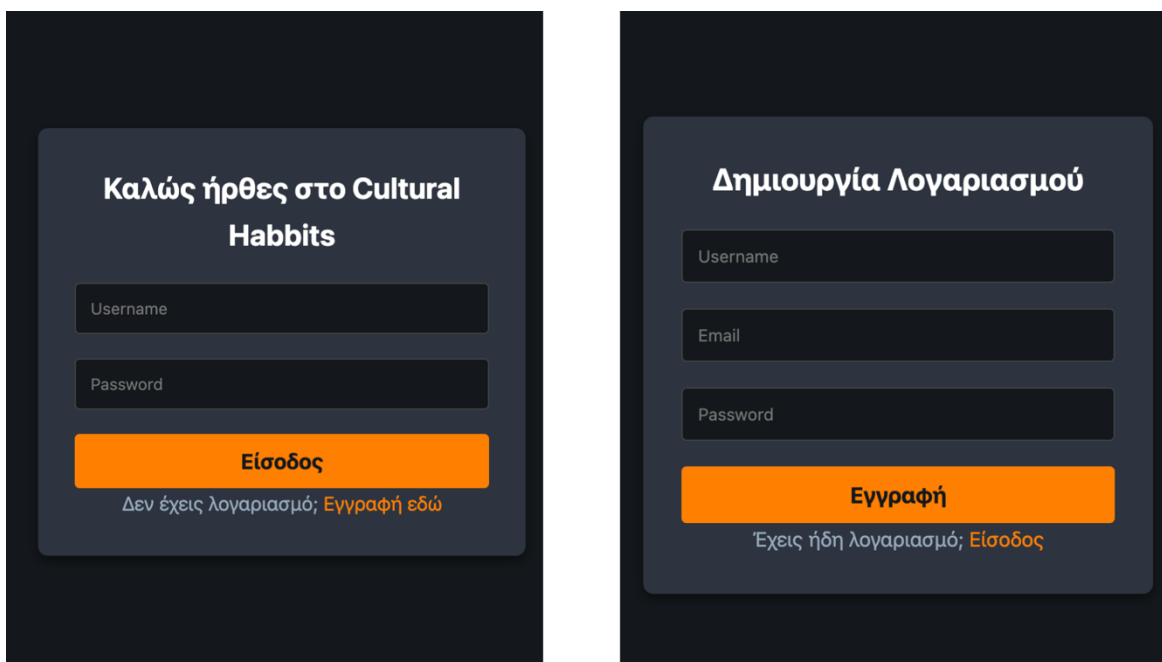


Εικόνα 6-1 Στιγμιότυπο της μπάρας πλοήγησης με την ενσωματωμένη μπάρα αναζήτησης

6.3 Ταυτοποίηση Χρήστη: Είσοδος και Εγγραφή

Η πρώτη επαφή του χρήστη με την εφαρμογή πραγματοποιείται μέσω της σελίδας ταυτοποίησης. Η σελίδα εισόδου (login) παρουσιάζει μια λιτή φόρμα με πεδία για το όνομα χρήστη και τον κωδικό πρόσβασης, ενσωματωμένη σε μια κεντραρισμένη “κάρτα”. Σε περίπτωση εσφαλμένων διαπιστευτηρίων, εμφανίζεται διακριτικό μήνυμα σφάλματος. Αντίστοιχα, η σελίδα εγγραφής (register) παρέχει φόρμα με πεδία για όνομα χρήστη, διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και κωδικό πρόσβασης.

Η εναλλαγή μεταξύ των δύο σελίδων γίνεται μέσω συνδέσμων εντός των αντίστοιχων καρτών, προσφέροντας ομαλή μετάβαση χωρίς ανανέωση της σελίδας. Μετά την επιτυχή σύνδεση, το σύστημα αποθηκεύει το JWT token που λαμβάνει από τον εξυπηρετητή και το αξιοποιεί για την ταυτοποίηση όλων των επακόλουθων αιτημάτων προς τις προστατευμένες διεπαφές

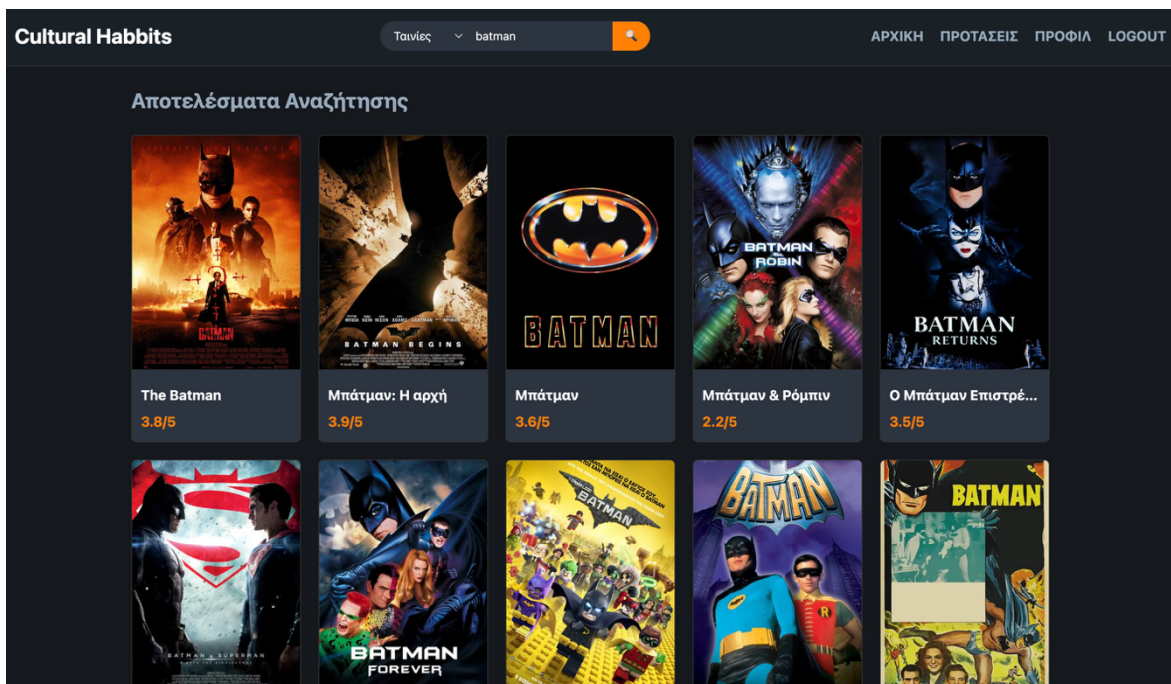


Εικόνα 6-2 Η σελίδα εισόδου (login) και η σελίδα εγγραφής (register)

6.4 Αρχική Σελίδα και Αναζήτηση

Μετά τη σύνδεση, ο χρήστης μεταφέρεται στην αρχική σελίδα (home). Η προβολή αυτή περιλαμβάνει ένα καλωσόρισμα με μια σύντομη προτροπή («Κατάγραψε. Αξιολόγησε. Ανακάλυψε.») που συνοψίζει τη φιλοσοφία της εφαρμογής, καθώς και μια ενότητα δυναμικά φορτωμένου δημοφιλούς περιεχομένου (trending), η οποία αξιοποιεί τον μηχανισμό που περιγράφηκε στην ενότητα 5.5. Έτσι, ακόμα και ένας νέος χρήστης βρίσκει αμέσως ενδιαφέρον περιεχόμενο προς εξερεύνηση.

Η αναζήτηση αποτελεί τη κεντρική λειτουργία της εφαρμογής. Μέσω της μπάρας αναζήτησης, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τον τύπο του περιεχομένου που τον ενδιαφέρει (ταινίες, μουσική ή βιβλία) από ένα αναπτυσσόμενο μενού, και να εισαγάγει τον όρο αναζήτησης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην προβολή αναζήτησης σε μορφή πλέγματος grid από κάρτες περιεχομένου, καθεμία από τις οποίες εμφανίζει το εικαστικό, τον τίτλο και βασικές πληροφορίες του αντικειμένου

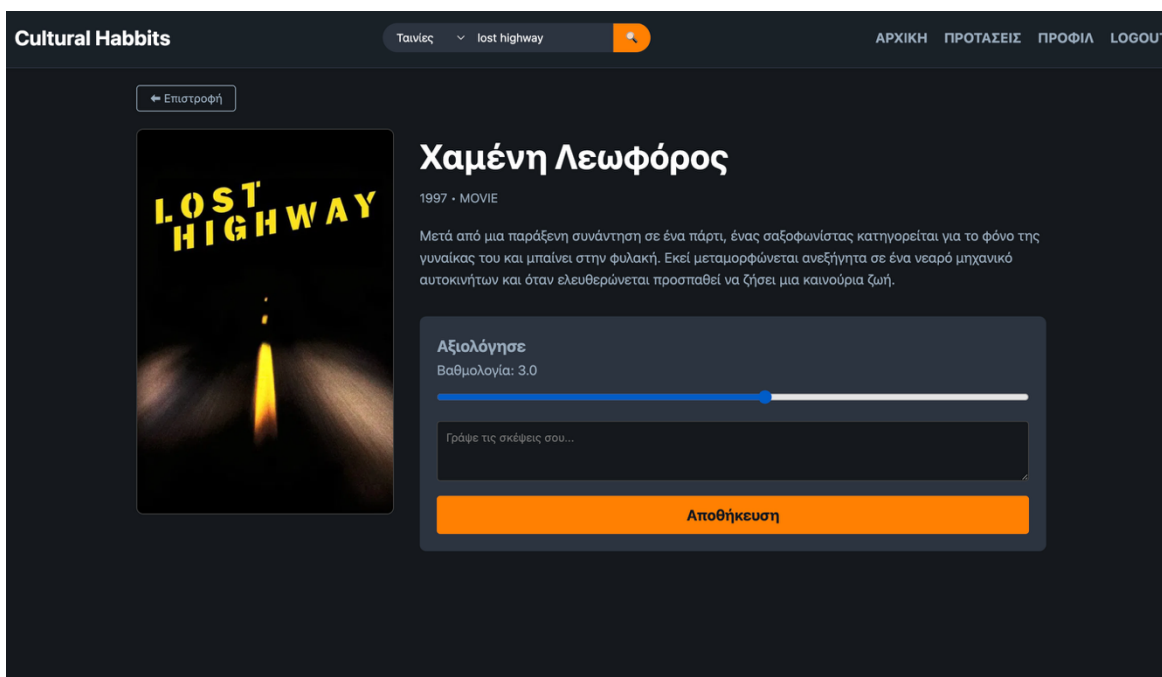


Εικόνα 6-3 Αποτελέσματα αναζήτησης σε μορφή grid

6.5 Προβολή Λεπτομερειών και Καταγραφή Αξιολόγησης

Η επιλογή ενός αντικειμένου από τα αποτελέσματα οδηγεί στην προβολή λεπτομερειών για αυτό. Η προβολή αυτή παρουσιάζει εκτενείς πληροφορίες για το επιλεγμένο αντικείμενο: το εικαστικό σε μεγαλύτερη ανάλυση, τον πλήρη τίτλο, μεταδεδομένα (όπως έτος και κατηγορία) και την περιγραφή του.

Στο κάτω μέρος της προβολής βρίσκεται το κεντρικό διαδραστικό στοιχείο της εφαρμογής: ο πίνακας αξιολόγησης (rating panel). Μέσω αυτού, ο χρήστης μπορεί να αποδώσει βαθμολογία στο αντικείμενο χρησιμοποιώντας ένα slider με διαβάθμιση από 0.5 έως 5.0, και προαιρετικά να καταγράψει τις σκέψεις του σε ένα πεδίο κειμένου. Με την υποβολή, τα δεδομένα αποστέλλονται στο endpoint /interactions/log και η αξιολόγηση αποθηκεύεται, τροφοδοτώντας πλέον τον μηχανισμό συστάσεων εφόσον είναι θετική.

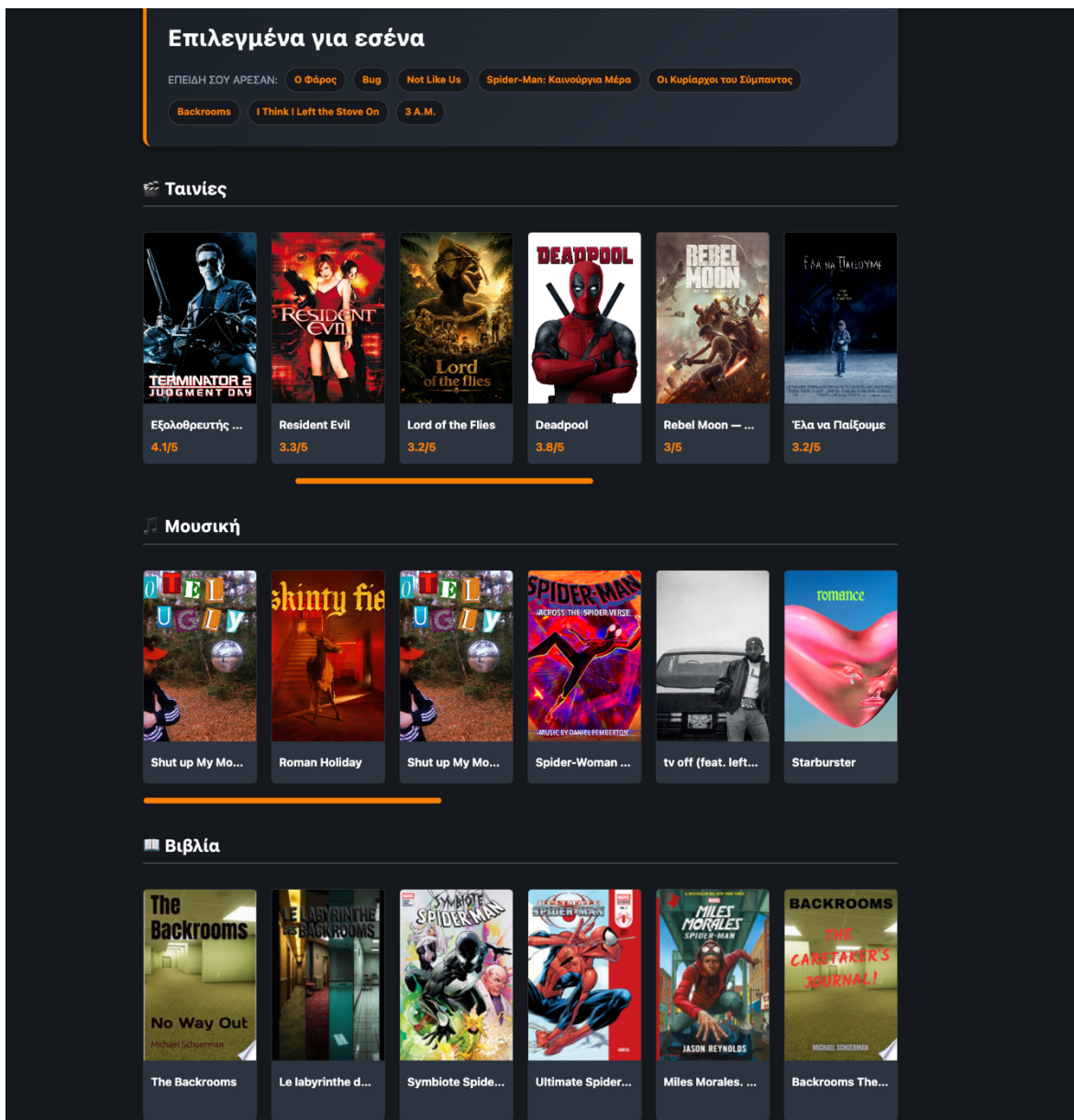


Εικόνα 6-4 Η προβολή λεπτομερειών

6.6 Προβολή Προτάσεων

Η προβολή προτάσεων αποτελεί την οπτική αποτύπωση του αλγορίθμου που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 5. Στο επάνω μέρος της προβολής εμφανίζεται μια επικεφαλίδα που ενημερώνει τον χρήστη για τη βάση των προτάσεων - δηλαδή τα αντικείμενα του ιστορικού του, πάνω στα οποία στηρίχθηκε η παραγωγή τους. Η ένδειξη αυτή ενισχύει τη διαφάνεια του συστήματος, παρέχοντας στον χρήστη μια στοιχειώδη εξήγηση για το «γιατί» των προτάσεων.

Οι ίδιες οι προτάσεις παρουσιάζονται σε οριζόντια κυλιόμενα καρουζέλ, τα οποία επιτρέπουν την άνετη περιήγηση σε μεγάλο αριθμό αντικειμένων χωρίς υπερφόρτωση της οθόνης. Κάθε ενότητα φέρει μια διακριτική ένδειξη που δηλώνει τον τύπο του μέσου, βοηθώντας τον χρήστη να αναγνωρίζει άμεσα αν πρόκειται για ταινία, βιβλίο ή μουσική - στοιχείο ιδιαίτερα σημαντικό για μια εφαρμογή πολλαπλών μέσων.



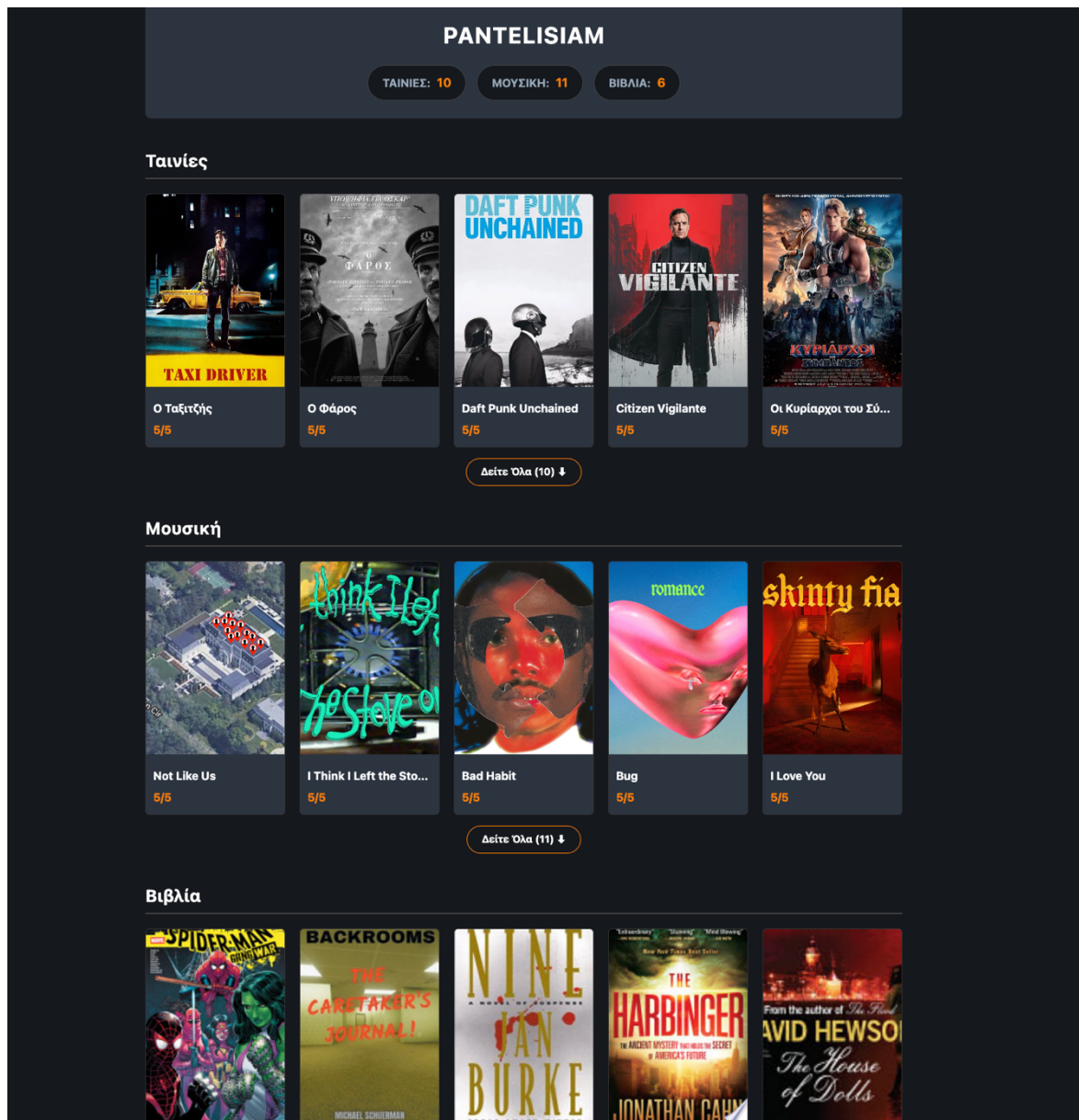
Εικόνα 6-5 Η προβολή προτάσεων

6.7 Προβολή Προφίλ

Η προβολή προφίλ (profile) συγκεντρώνει το σύνολο της δραστηριότητας του χρήστη. Στο επάνω μέρος της παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στατιστικά στοιχεία, τα οποία εμφανίζουν το πλήθος των καταγεγραμμένων αντικειμένων ανά κατηγορία (ταινίες, μουσική, βιβλία), προσφέροντας στον χρήστη μια άμεση εικόνα των πολιτιστικών του συνηθειών.

Ακολούθως, το καταγεγραμμένο περιεχόμενο οργανώνεται σε διακριτές ενότητες ανά κατηγορία, καθεμία παρουσιαζόμενη σε μορφή πλέγματος. Για την αποφυγή

υπερφόρτωσης της προβολής όταν το ιστορικό είναι εκτενές, υλοποιήθηκε μηχανισμός σταδιακής εμφάνισης: αρχικά εμφανίζεται περιορισμένος αριθμός αντικειμένων ανά κατηγορία, με δυνατότητα προβολής του συνόλου μέσω αντίστοιχου κουμπιού. Η επιλογή ενός ήδη καταγεγραμμένου αντικειμένου οδηγεί σε μια εξειδικευμένη προβολή, όπου ο χρήστης μπορεί να δει τη βαθμολογία και την κριτική που ο ίδιος είχε καταχωρήσει.



Εικόνα 6-6 Η προβολή προφίλ με τα στατιστικά και τις κατηγορίες περιεχομένου

6.8 Αποκριτικός Σχεδιασμός

Η διεπαφή σχεδιάστηκε ακολουθώντας τις αρχές του αποκριτικού σχεδιασμού (responsive design), ώστε να προσαρμόζεται σε διαφορετικά μεγέθη οθόνης. Η χρήση ευέλικτων πλεγμάτων (CSS Grid) με αυτόματη προσαρμογή του αριθμού των στηλών διασφαλίζει ότι το περιεχόμενο παρουσιάζεται βέλτιστα τόσο σε οθόνες υπολογιστή όσο και σε μικρότερες συσκευές. Η προσέγγιση αυτή, σε συνδυασμό με τα κυλιόμενα καρουζέλ που είναι εγγενώς φιλικά προς τις συσκευές αφής, εξασφαλίζει μια συνεκτική εμπειρία χρήστη ανεξαρτήτως της συσκευής πρόσβασης.

7. Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις

Στο παρόν, καταληκτικό κεφάλαιο της εργασίας, επιχειρείται μια συνολική αποτίμηση του συστήματος που αναπτύχθηκε. Αρχικά συνοψίζονται τα βασικά στοιχεία της εργασίας και εξάγονται τα συμπεράσματα ως προς την επίτευξη των αρχικών στόχων. Στη συνέχεια καταγράφονται οι περιορισμοί της παρούσας υλοποίησης, και τέλος προτείνονται κατευθύνσεις για τη μελλοντική επέκταση και βελτίωση του συστήματος.

7.1 Σύννοψη της Εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτέλεσε ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου διαδικτυακού συστήματος για την καταγραφή πολιτιστικών συνηθειών και την παραγωγή εξατομικευμένων συστάσεων. Το σύστημα επιτρέπει στον χρήστη να αναζητά, να καταγράφει και να αξιολογεί περιεχόμενο από τρία διακριτά πολιτιστικά πεδία - κινηματογράφο, μουσική και λογοτεχνία - εντός ενός ενιαίου περιβάλλοντος, και αξιοποιεί το ιστορικό των αξιολογήσεών του για την παραγωγή προτάσεων διαμέσου των μέσων αυτών.

Για την επίτευξη του στόχου αυτού, αναπτύχθηκε ένας εξυπηρετητής βασισμένος στο πλαίσιο FastAPI, ο οποίος διασυνδέεται με τρία εξωτερικά APIs (TMDB, Spotify, Google Books) και διαχειρίζεται τα δεδομένα μέσω μιας σχεσιακής βάσης δεδομένων με ενοποιημένη σχεδίαση. Πάνω σε αυτή την υποδομή υλοποιήθηκε ο μηχανισμός συστάσεων, ο οποίος ενσωματώνει τις τεχνικές που αποτέλεσαν τη βασική συνεισφορά της εργασίας. Η διεπαφή χρήστη αναπτύχθηκε ως μια ελαφριά μονοσέλιδη εφαρμογή, προσφέροντας μια συνεκτική και φιλική εμπειρία χρήσης.

7.2 Συμπεράσματα

Η ολοκλήρωση της εργασίας επιτρέπει την εξαγωγή ορισμένων ουσιαστικών συμπερασμάτων ως προς τους αρχικούς της στόχους. Το βασικότερο εξ αυτών είναι ότι η παραγωγή ουσιαστικών συστάσεων διαμέσου πολλαπλών μέσων είναι εφικτή ακόμα και χωρίς την αξιοποίηση πολύπλοκων τεχνικών συνεργατικού φιλτραρίσματος ή μηχανικής μάθησης μεγάλης κλίμακας. Η προσέγγιση της διεύρυνσης ερωτημάτων μέσω εξαγωγής

μεταδεδομένων (metadata query expansion), η οποία αξιοποιεί τα πλούσια ευρετήρια των εξωτερικών APIs ως δυναμική βάση γνώσης, αποδείχθηκε μια λειτουργική και αποδοτική λύση, ιδιαίτερα κατάλληλη για την αρχιτεκτονική ενός συστήματος όπου το ιστορικό κάθε χρήστη είναι ατομικό.

Επιπλέον, επιβεβαιώθηκε ότι ορισμένες εγγενείς προκλήσεις των συστημάτων συστάσεων μπορούν να αντιμετωπιστούν με στοχευμένες, σχετικά απλές σχεδιαστικές επιλογές. Για παράδειγμα, το Time-Agnostic Sampling αντιμετωπίζει το φαινόμενο της προκατάληψης πρόσφατων καταχωρήσεων, διασφαλίζοντας ότι το σύνολο της πολιτιστικής ταυτότητας του χρήστη αντιπροσωπεύεται στις προτάσεις. Παράλληλα, η εναλλακτική στρατηγική για την αντιμετώπιση της ψυχρής εκκίνησης, που αντλεί δυναμικά τις τρέχουσες τάσεις χωρίς προκαθορισμένες λίστες, εξασφαλίζει ότι η εφαρμογή παραμένει χρήσιμη ακόμα και για έναν εντελώς νέο χρήστη. Συνολικά, οι αρχικοί στόχοι της εργασίας, όπως διατυπώθηκαν στο πρώτο κεφάλαιο, θεωρείται ότι επιτεύχθηκαν.

7.3 Περιορισμοί της Υλοποίησης

Παρά την επιτυχή υλοποίηση των στόχων της, η παρούσα εργασία υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς, η επισήμανση των οποίων είναι σημαντική για την αντικειμενική της αποτίμηση.

Ένας πρώτος περιορισμός αφορά την ίδια τη φύση του μηχανισμού συστάσεων. Η ποιότητα των cross-media προτάσεων εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα και τη συνάφεια των αποτελεσμάτων που επιστρέφουν τα εξωτερικά APIs σε απόκριση των παραγόμενων ερωτημάτων. Καθώς η αντιστοίχιση μεταξύ διαφορετικών μέσων στηρίζεται σε λεκτικά (όπως ο τίτλος ή το όνομα του δημιουργού) και όχι σε μια βαθύτερη σημασιολογική ανάλυση του περιεχομένου, ενδέχεται σε ορισμένες περιπτώσεις τα αποτελέσματα να μην έχουν την επιθυμητή εννοιολογική συνάφεια.

Ένας δεύτερος περιορισμός σχετίζεται με την υποδομή. Η επιλογή της βάσης δεδομένων SQLite, αν και ιδανική για τις ανάγκες ανάπτυξης και επίδειξης του συστήματος, δεν είναι κατάλληλη για ένα περιβάλλον παραγωγής με μεγάλο αριθμό ταυτόχρονων χρηστών. Ομοίως, η τρέχουσα διαμόρφωση του μηχανισμού Cross-Origin Resource Sharing (CORS)

έχει ρυθμιστεί ώστε να εξυπηρετεί το τοπικό περιβάλλον ανάπτυξης, σε ένα περιβάλλον παραγωγής, η ρύθμιση αυτή θα έπρεπε να αντικατασταθεί από μια ρητή λίστα εγκεκριμένων προελεύσεων, για λόγους ασφαλείας.

Ένας τρίτος, και ίσως ο σημαντικότερος, περιορισμός απορρέει από τη θεμελιώδη αρχιτεκτονική απόφαση του ατομικού ιστορικού ανά χρήστη. Αν και η απόφαση αυτή απλοποιεί τη σχεδίαση και ενισχύει την ιδιωτικότητα, αποκλείει εξ ορισμού την αξιοποίηση τεχνικών συνεργατικού φιλτραρίσματος, οι οποίες θα μπορούσαν να εμπλουτίσουν τις προτάσεις με βάση τη συμπεριφορά χρηστών με παρόμοιες προτιμήσεις.

7.4 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Οι περιορισμοί που αναφέρθηκαν, σε συνδυασμό με τις δυνατότητες που ανοίγει η υπάρχουσα υλοποίηση, υποδεικνύουν μια σειρά κατευθύνσεων για μελλοντική ανάπτυξη. Σε επίπεδο υποδομής, μια προφανής επέκταση είναι η μετάβαση από τη SQLite σε ένα πιο ισχυρό σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων, όπως η PostgreSQL. Χάρη στη χρήση του ενδιάμεσου επιπέδου αντικειμενοσχεσιακής χαρτογράφησης (SQLModel), η μετάβαση αυτή θα απαιτούσε ελάχιστες τροποποιήσεις στον κώδικα της εφαρμογής. Παράλληλα, η εφαρμογή θα μπορούσε να προετοιμαστεί για περιβάλλον παραγωγής με την κατάλληλη αυστηροποίηση των ρυθμίσεων ασφαλείας.

Σε επίπεδο αλγορίθμου, μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα κατεύθυνση θα ήταν η ενίσχυση της σημασιολογικής αντιστοίχισης μεταξύ των μέσων. Αντί της τρέχουσας προσέγγισης που βασίζεται κυρίως σε λεκτικά, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί η πλούσια πληροφορία των ειδών των αντικειμένων που ήδη αποθηκεύεται στο σύστημα, ή ακόμα και τεχνικές ενσωματώσεων για την εύρεση εννοιολογικά συναφούς περιεχομένου. Μια τέτοια εξέλιξη θα αντιμετώπιζε άμεσα τον πρώτο από τους περιορισμούς που αναφέρθηκαν.

Επιπλέον, η εξέλιξη του συστήματος προς ένα μοντέλο πολλαπλών χρηστών με κοινόχρηστα δεδομένα θα άνοιγε τον δρόμο για την ενσωμάτωση τεχνικών συνεργατικού φιλτραρίσματος, οδηγώντας σε ένα πραγματικά υβριδικό σύστημα που θα συνδύαζε τα πλεονεκτήματα της τρέχουσας προσέγγισης με τη συλλογική νοημοσύνη του συνόλου των χρηστών. Τέλος, το σύστημα θα μπορούσε να επεκταθεί με την ενσωμάτωση επιπλέον

πολιτιστικών πεδίων - όπως οι τηλεοπτικές σειρές, τα βιντεοπαιχνίδια ή οι παραστατικές τέχνες - διευρύνοντας περαιτέρω το εύρος των cross-media συστάσεων και ενισχύοντας την αξία της εφαρμογής ως ενός ολοκληρωμένου εργαλείου καταγραφής της πολιτιστικής ταυτότητας του χρήστη.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Burke, R. (2007). Hybrid web recommender systems. In P. Brusilovsky, A. Kobsa, & W. Nejdl (Eds.), *The Adaptive Web* (pp. 377–408). Springer.
- Fernández-Tobías, I., Tomeo, P., Cantador, I., Di Noia, T., & Di Sciascio, E. (2016). Accuracy and diversity in cross-domain recommendations for cold-start users with positive-only feedback. In *Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems* (pp. 119–122). ACM.
- Kaminskas, M., & Bridge, D. (2016). Diversity, serendipity, novelty, and coverage: A survey and empirical analysis of beyond-accuracy objectives in recommender systems. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*, 7(1), 1–42.
- Koren, Y., Bell, R., & Volinsky, C. (2009). Matrix factorization techniques for recommender systems. *Computer*, 42(8), 30–37.
- Lops, P., de Gemmis, M., & Semeraro, G. (2011). Content-based recommender systems: State of the art and trends. In F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira, & P. B. Kantor (Eds.), *Recommender Systems Handbook* (pp. 73–105). Springer.
- Pariser, E. (2011). *The Filter Bubble: What the Internet Is Hiding from You*. Penguin Press.
- Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. (Eds.). (2015). *Recommender Systems Handbook* (2nd ed.). Springer.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.