



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας
Μεταπτυχιακή Εξειδίκευση στα Πληροφοριακά Συστήματα
(MSc)

Διπλωματική Εργασία
Ανάπτυξη Web Εφαρμογής Διαχείρισης Μισθώσεων Ακινήτων για
Μεσιτικά Γραφεία με Σύστημα Συστάσεων

Βλάσσης Αθανάσιος

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Καμπάση Αικατερίνη

Πάτρα, Σεπτέμβριος 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.

Ανάπτυξη Web Εφαρμογής Διαχείρισης Μισθώσεων Ακινήτων για
Μεσιτικά Γραφεία με Σύστημα Συστάσεων

Βλάσσης Αθανάσιος

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Καμπάση Αικατερίνη

Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Ιονίου

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Ρεφανίδης Ιωάννης

Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2026

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κ. Αικατερίνη Καμπάση, για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες υποδείξεις και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στη σύζυγό μου, Ντόρα, για τη στήριξη και την υπομονή της σε κάθε βήμα αυτής της προσπάθειας, καθώς και στη μητέρα μου, Μαργαρίτα, για τη διαρκή ενθάρρυνση και συμπαράστασή της.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας διαδικτυακής εφαρμογής διαχείρισης μισθώσεων ακινήτων για μεσιτικά γραφεία, η οποία ενσωματώνει πολυκριτήρια μεθοδολογία λήψης αποφάσεων για την υποστήριξη της διαδικασίας αναζήτησης και επιλογής κατοικίας προς ενοικίαση. Στόχος της εφαρμογής είναι η παροχή εξατομικευμένων και τεκμηριωμένων προτάσεων προς υποψήφιους ενοικιαστές, λαμβάνοντας υπόψη πολλαπλά και συχνά αντικρουόμενα κριτήρια αξιολόγησης, σε αντίθεση με τις συμβατικές πλατφόρμες που περιορίζονται σε απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση.

Η μεθοδολογία της εργασίας συνδυάζει ανάλυση απαιτήσεων, σχεδίαση με UML, υλοποίηση full-stack (React frontend, FastAPI backend, σχεσιακή βάση δεδομένων) και αναπαραγωγή μέσω Docker. Για τον πυρήνα των συστάσεων αξιοποιούνται διαδοχικά οι μέθοδοι Analytic Hierarchy Process (AHP) και Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS): η AHP υπολογίζει τα βάρη τεσσάρων κριτηρίων (κόστος, εμβαδόν, τύπος ακινήτου, ποιότητα περιοχής) από τις δηλωμένες προτιμήσεις του χρήστη, ενώ η TOPSIS παράγει την τελική κατάταξη των διαθέσιμων ακινήτων. Οι προτιμήσεις συλλέγονται μέσω συγκρίσεων κατά ζεύγη ή ισοδύναμων sliders, με έλεγχο συνέπειας (Consistency Ratio, $CR < 0,10$) πριν την αποδοχή των βαρών.

Η υλοποίηση περιλαμβάνει διαχείριση ακινήτων και μισθώσεων, ρόλους χρηστών (ιδιοκτήτης, ενοικιαστής, διαχειριστής), REST API και μηχανισμούς επεξήγησης των συστάσεων (βάρη κριτηρίων, CR, συνεισφορά κατάταξης ανά ακίνητο). Η ορθή λειτουργία επαληθεύτηκε με 132 αυτοματοποιημένους ελέγχους backend (pytest), καλύπτοντας αυθεντικοποίηση, διαχείριση οντοτήτων και το πολυκριτήριο σύστημα συστάσεων.

Τα κύρια αποτελέσματα της αξιολόγησης δείχνουν ότι το σύστημα παράγει συνεπή και ερμηνεύσιμα αποτελέσματα: σε ενδεικτικό σενάριο τεσσάρων ακινήτων, με έμφαση στο κόστος και στην ποιότητα περιοχής, προέκυψαν αποδεκτά βάρη ($CR \approx 0,005$) και κατάταξη όπου το ακίνητο με το χαμηλότερο ενοίκιο κατέλαβε την πρώτη θέση (συντελεστής εγγύτητας $C \approx 0,65$). Η συγκριτική αποτίμηση με την απλή αναζήτηση (UC-03) καταδεικνύει ότι η φιλτραρισμένη προσέγγιση είναι κατάλληλη για αρχικό περιορισμό επιλογών, ενώ η πολυκριτήρια προσέγγιση (UC-04) ενισχύει ουσιαστικά τη λήψη απόφασης όταν απαιτείται ισορροπία μεταξύ αντικειμενικών δεδομένων και υποκειμενικών προτεραιοτήτων.

Συνολικά, η εργασία καταδεικνύει την πρακτική εφαρμοσιμότητα των μεθόδων AHP και TOPSIS σε ρεαλιστικό σενάριο αναζήτησης κατοικίας, συνδέοντας θεωρητική τεκμηρίωση με λειτουργικό πληροφοριακό σύστημα που προσφέρει διαφάνεια, επεκτασιμότητα και υποστήριξη λήψης απόφασης.

Λέξεις – Κλειδιά

Πολυκριτήρια λήψη απόφασης, σύστημα συστάσεων, Analytic Hierarchy Process (AHP), TOPSIS, αναζήτηση κατοικίας, διαδικτυακή εφαρμογή

Abstract

This thesis addresses the design and implementation of a web-based rental property management application for real estate agencies, integrating a multi-criteria decision-making approach to support the search and selection of housing for rent. The application aims to provide personalized and well-founded recommendations to prospective tenants by considering multiple, often conflicting evaluation criteria, in contrast to conventional platforms limited to simple filtered search.

The methodology combines requirements analysis, UML-based design, full-stack implementation (React frontend, FastAPI backend, relational database), and reproducible deployment using Docker. The recommendation core employs the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) in sequence: AHP derives the weights of four criteria (rent cost, floor area, property type, and area quality) from user-stated preferences, while TOPSIS produces the final ranking of available properties. Preferences are collected through pairwise comparisons or equivalent sliders, with consistency checking (Consistency Ratio, $CR < 0.10$) before weights are accepted.

The implementation includes property and lease management, user roles (owner, tenant, administrator), a REST API, and explainability mechanisms for recommendations (criterion weights, CR, and per-property ranking contributions). Correct operation was verified through 132 automated backend tests (pytest), covering authentication, entity management, and the multi-criteria recommendation subsystem.

The main evaluation results show that the system produces consistent and interpretable outcomes. In an indicative scenario with four properties, emphasizing rent cost and area quality, acceptable weights were obtained ($CR \approx 0.005$) and a ranking in which the lowest-rent property ranked first (closeness coefficient $C \approx 0.65$). Comparative assessment against simple search (UC-03) indicates that filtered search is suitable for initial narrowing of options, whereas the multi-criteria approach (UC-04) substantially strengthens decision-making when balancing objective property data with subjective user priorities.

Overall, the thesis demonstrates the practical applicability of AHP and TOPSIS in a realistic housing search scenario, bridging theoretical analysis with a functional information system that offers transparency, extensibility, and decision support.

Keywords

Multi-criteria decision making, recommendation system, Analytic Hierarchy Process (AHP), TOPSIS, housing search, web-based application

Περιεχόμενα

Περίληψη	6
Abstract	9
Περιεχόμενα.....	12
Κατάλογος Εικόνων	13
Κατάλογος Πινάκων	14
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	15
1. Εισαγωγή	16
1.1 Αντικείμενο και σκοπός της διπλωματικής εργασίας	17
1.2 Το πρόβλημα της αναζήτησης κατοικιών προς ενοικίαση	18
1.3 Περιορισμοί των υφιστάμενων εφαρμογών αναζήτησης.....	18
1.4 Συστήματα συστάσεων σε διαδικτυακές εφαρμογές	19
1.5 Η πολυκριτήρια λήψη απόφασης ως προσέγγιση επίλυσης	19
1.6 Στόχοι και συνεισφορά της παρούσας εργασίας	19
1.7 Μεθοδολογική προσέγγιση	20
1.8 Δομή της διπλωματικής εργασίας	22
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο και Σχετική Έρευνα	22
2.1 Πολυκριτήρια λήψη απόφασης (Multi-Criteria Decision Making - MCDM).....	23
2.2 Κατηγορίες πολυκριτηρίων μεθόδων	24
2.2.1 Πολυκριτήρια Ανάλυση Διακριτών Εναλλακτικών (MADM)	24
2.2.2 Πολυκριτήρια Βελτιστοποίηση (MODM)	24
2.2.3 Θέση των AHP και TOPSIS στην κατηγοριοποίηση.....	25
2.3 Η μέθοδος AHP (Analytic Hierarchy Process)	25
2.3.1 Ιεραρχική ανάλυση προβλήματος	26
2.3.2 Πίνακες συγκρίσεων κατα ζεύγη	26
2.3.3 Υπολογισμός βαρών κριτηρίων	27
2.3.4 Έλεγχος Συνέπειας (Consistency Ratio)	27
2.3.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της AHP	28
2.4 Η μέθοδος TOPSIS	29
2.4.1 Ιδανική και αντι-ιδανική λύση	29
2.4.2 Κανονικοποίηση πίνακα απόφασης	29
2.4.3 Ενσωμάτωση βαρών κριτηρίων	30
2.4.4 Υπολογισμός κατάταξης εναλλακτικών	30
2.4.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της TOPSIS	31
2.5 Πολυκριτήρια συστήματα συστάσεων στον τομέα του real estate	31
2.6 Κριτήρια αξιολόγησης ακινήτων στη διεθνή βιβλιογραφία.....	32
2.6.1 Οικονομικά κριτήρια	33
2.6.2 Χωρικά και γεωγραφικά κριτήρια	33
2.6.3 Φυσικά και δομικά χαρακτηριστικά ακινήτου	34
2.6.4 Περιβαλλοντικά και ποιοτικά κριτήρια	34
2.6.5 Υποκειμενικά και εξατομικευμένα κριτήρια	34
2.6.6 Σύνοψη και σύνδεση με την παρούσα εργασία	35
2.7 Συγκριτικός πίνακας μελετών και προτεινόμενων κριτηρίων	35
2.8 Ερευνητικά ερωτήματα.....	37

3. Ανάλυση Απαιτήσεων Συστήματος.....	38
3.1 Περιγραφή του συστήματος	39
3.2 Κατηγορίες χρηστών	40
3.2.1 Ιδιοκτήτης ακινήτου	40
3.2.2 Υποψήφιος Ενοικιαστής.....	41
3.2.3 Διαχειριστής συστήματος	41
3.3 Λειτουργικές απαιτήσεις	41
3.3.1 Απαιτήσεις διαχείρισης χρηστών	42
3.3.2 Απαιτήσεις διαχείρισης ακινήτων	42
3.3.3 Απαιτήσεις αναζήτησης και φιλτραρίσματος.....	42
3.3.4 Απαιτήσεις πολυκριτήριου συστήματος συστάσεων.....	43
3.3.5 Απαιτήσεις διαχείρισης μισθώσεων.....	43
3.3.6 Απαιτήσεις διαχείρισης συστήματος.....	43
3.3.7 Σύνοψη λειτουργικών απαιτήσεων	43
3.4 Μη Λειτουργικές απαιτήσεις	44
3.4.1 Απαιτήσεις απόδοσης.....	44
3.4.2 Απαιτήσεις ασφάλειας.....	44
3.4.3 Απαιτήσεις ευχρηστίας	45
3.4.4 Απαιτήσεις αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας.....	45
3.4.5 Απαιτήσεις επεκτασιμότητας και συντήρησης.....	45
3.4.6 Σύνοψη μη λειτουργικών απαιτήσεων	45
3.5 Διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης.....	45
3.6 Περιπτώσεις χρήσης (Use Cases)	48
3.6.1 Εγγραφή και αυθεντικοποίηση χρήστη	48
3.6.2 Διαχείριση ακινήτων	50
3.6.3 Αναζήτηση ακινήτων.....	52
3.6.4 Λήψη προτεινόμενων ακινήτων	53
3.6.5 Διαχείριση μίσθωσης	54
3.6.6 Εποπτεία χρηστών και καταχωρήσεων συστήματος (Admin).....	56
3.7 Πίνακας Ιχνηλασιμότητας (FR - UC)	58
3.8 Διαγράμματα δραστηριοτήτων (Activity diagrams)	59
3.8.1 Διάγραμμα δραστηριοτήτων για τη λήψη προτεινόμενων ακινήτων	60
3.8.2 Διάγραμμα δραστηριοτήτων για την αναζήτηση ακινήτων.....	61
3.8.3 Σύνοψη διαγραμμάτων δραστηριοτήτων	63
4. Σχεδίαση και Αρχιτεκτονική Συστήματος	64
4.1 Συνολική αρχιτεκτονική συστήματος	64
4.2 Αρχιτεκτονική Frontend και Backend	66
4.2.1 Αρχιτεκτονική Frontend	66
4.2.2 Αρχιτεκτονική Backend	67
4.2.3 Επικοινωνία Frontend-Backend	67
4.3 Domain Model (Εννοιολογικό μοντέλο συστήματος).....	68
4.3.1 Σκοπός και Ρόλος του Domain Model.....	68
4.3.2 Διαδικασία εντοπισμού βασικών εννοιών	68
4.3.3 Κεντρικές Επιχειρησιακές Οντότητες.....	69
4.3.4 Επιχειρησιακές σχέσεις και ροές	70
4.3.5 Σύνδεση Domain Model με σχεδίαση συστήματος.....	71

4.4 Σχεδίαση Βάσης Δεδομένων	71
4.4.1 Σχεδιαστικές Αρχές και Επιλογές	72
4.4.2 Κύριες Οντότητες του Συστήματος	72
4.4.3 Υποστηρικτικές Οντότητες του Συστήματος	74
4.4.4 Σχέσεις μεταξύ Οντοτήτων	74
4.4.5 Ακεραιότητα και Ασφάλεια Δεδομένων	76
4.4.6 Σύνοψη Σχεδίασης Βάσης Δεδομένων	76
4.5 Διαγράμματα κλάσεων (UML Class Diagrams)	77
4.5.1 Διάγραμμα κλάσεων βασικού μοντέλου οντοτήτων	77
4.5.2 Διάγραμμα κλάσεων μοντέλου προτιμήσεων και συστάσεων	79
4.5.3 Σύνοψη	80
4.6 Ροή δεδομένων και αλληλεπίδραση υποσυστημάτων	81
4.6.1 Ροή αυθεντικοποίησης χρήστη	81
4.6.2 Ροή αναζήτησης και προβολής ακινήτων	82
4.6.3 Ροή παραγωγής προτεινόμενων αποτελεσμάτων	84
4.6.4 Σύνοψη ροών και αλληλεπίδρασης	86
5. Υλοποίηση της εφαρμογής	87
5.1 Τεχνολογίες και εργαλεία ανάπτυξης	88
5.2 Υλοποίηση frontend εφαρμογής	89
5.3 Υλοποίηση backend και RESTful API	89
5.4 Μηχανισμοί αυθεντικοποίησης και ασφάλειας	90
5.5 Διαχείριση δεδομένων και μισθώσεων	91
5.6 Έλεγχος ορθής λειτουργίας (Testing)	92
5.7 Ανάπτυξη και εκτέλεση με docker	95
6. Υλοποίηση Πολυκριτήριου Συστήματος Συστάσεων	95
6.1 Ορισμός και επιλογή κριτηρίων αξιολόγησης	98
6.2 Συλλογή προτιμήσεων χρηστών	100
6.3 Υπολογισμός βαρών κριτηρίων με AHP	104
6.4 Κατάταξη ακινήτων με τη μέθοδο TOPSIS	107
6.5 Ενσωμάτωση του αλγορίθμου στην εφαρμογή	111
6.6 Παράδειγμα εκτέλεσης και αποτελέσματα	113
7. Παρουσίαση και αξιολόγηση συστήματος	119
7.1 Παρουσίαση διεπαφής χρήστη (screenshots)	119
7.2 Σενάρια χρήσης της εφαρμογής	121
7.2.1 UC-01 - Αυθεντικοποίηση χρήστη	121
7.2.2 UC-02 - Διαχείριση ακινήτων	123
7.2.3 UC-03 - Αναζήτηση και προβολή ακινήτων	125
7.2.4 UC-04 - Πολυκριτήρια αξιολόγηση και προτάσεις	128
7.2.4.1 Επεξήγηση των προτάσεων	128
7.2.5 UC-05 - Διαχείριση μίσθωσης	129
7.2.6 UC-06 - Εποπτεία και διαχείριση συστήματος	131
7.3 Σύγκριση απλής αναζήτησης και πολυκριτήρια προσέγγισης	133
7.3.1 Απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση	134
7.3.2 Πολυκριτήρια προσέγγιση συστάσεων	134
7.3.3 Συγκριτική αποτίμηση των δύο προσεγγίσεων	134
7.3.4 Συμπερασματική σύγκριση	135

7.4 Περιορισμοί και παρατηρήσεις	135
7.4.1 Περιορισμοί δεδομένων	135
7.4.2 Εξάρτηση από προτιμήσεις & συνέπεια (AHP/CR).....	136
7.4.3 Διεπαφή χρήστη & επεξήγηση αποτελεσμάτων	136
7.4.4 Αρχιτεκτονική & εύρος υλοποίησης	137
7.4.5 Μελλοντικές κατευθύνσεις.....	137
8. Συμπεράσματα και μελλοντική εργασία	138
8.1 Συμπεράσματα	139
8.2 Μελλοντικές επεκτάσεις και βελτιώσεις	140
Βιβλιογραφία	142
Παράρτημα Α: Κατάλογος REST API Endpoints	144
A.1 Γενικά/Υποδομή.....	145
A.2 Αυθεντικοποίηση	145
A.3 Χρήστες	145
A.4 Περιοχές.....	146
A.5 Ακίνητα.....	146
A.6 Ενοικιαστές	147
A.7 Συμβόλαια μίσθωσης	147
A.8 Προφίλ προτιμήσεων / AHP	148
A.9 Συστάσεις / TOPSIS	148

Κατάλογος Εικόνων

Σχήμα 3.1	Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης του συστήματος	31
Σχήμα 3.2	Διάγραμμα δραστηριοτήτων για τη λήψη προτεινόμενων ακινήτων	45
Σχήμα 3.3	Διάγραμμα δραστηριοτήτων για την αναζήτηση ακινήτων	46
Σχήμα 4.1	Διάγραμμα κλάσεων βασικού μοντέλου οντοτήτων	62
Σχήμα 4.2	Διάγραμμα κλάσεων μοντέλου προτιμήσεων και συστάσεων	64
Σχήμα 4.3	Διάγραμμα ακολουθίας αυθεντικοποίησης χρήστη	66
Σχήμα 4.4	Διάγραμμα ακολουθίας αναζήτησης και προβολής ακινήτων	68
Σχήμα 4.5	Διάγραμμα ακολουθίας παραγωγής προτεινόμενων αποτελεσμάτων	70
Σχήμα 6.1	Διάγραμμα ροής από προτιμήσεις σε κατάταξη ακινήτων	81
Σχήμα 6.2	Οθόνη δήλωσης προτιμήσεων κριτηρίων	86
Σχήμα 6.3	Εναλλακτική διεπαφή δήλωσης προτιμήσεων με sliders	87
Σχήμα 6.4	Πίνακας συγκρίσεων κατά ζεύγη	90
Σχήμα 6.5	Υπολογισμός βαρών κριτηρίων με γεωμετρικό μέσο γραμμών	90
Σχήμα 6.6	Υπολογισμός μέγιστης ιδιοτιμής $\lambda_{\max}$	90
Σχήμα 6.7	Δείκτες συνέπειας CI και CR	90
Σχήμα 6.8	Πίνακας απόφασης	93
Σχήμα 6.9	Κανονικοποίηση	93
Σχήμα 6.10	Στάθμιση	93
Σχήμα 6.11	Ιδανικές λύσεις	93
Σχήμα 6.12	Αποστάσεις	94
Σχήμα 6.13	Συντελεστής εγγύτητας	94
Σχήμα 6.14	Προτεινόμενα ακίνητα βάσει πολυκριτήριας αξιολόγησης	101
Σχήμα 6.15	Panel επεξήγησης συστάσεων	102
Σχήμα 7.1	Αρχική σελίδα	104
Σχήμα 7.2	Αρχική σελίδα της εφαρμογής	104
Σχήμα 7.3	Αυθεντικοποιημένος χρήστης	105
Σχήμα 7.4	Οθόνη σύνδεσης χρήστη	106
Σχήμα 7.5	Επιτυχής σύνδεση	106
Σχήμα 7.6	Αποτυχημένη σύνδεση	107
Σχήμα 7.7	Λίστα ακινήτων ιδιοκτήτη	108
Σχήμα 7.8	Φόρμα καταχώρησης νέου ακινήτου	108
Σχήμα 7.9	Επεξεργασία στοιχείων ακινήτου	109
Σχήμα 7.10	Οθόνη αναζήτησης ακινήτου	110
Σχήμα 7.11	Αποτελέσματα αναζήτησης (λίστα ακινήτων)	111
Σχήμα 7.12	Αναλυτική προβολή ακινήτου	111
Σχήμα 7.13	Λίστα συμβολαίων μίσθωσης ιδιοκτήτη	114
Σχήμα 7.14	Δημιουργία νέου συμβολαίου μίσθωσης	114
Σχήμα 7.15	Ενεργό συμβόλαιο και ενημέρωση κατάστασης ακινήτου	115
Σχήμα 7.16	Πίνακας διαχείρισης συστήματος (Admin dashboard)	116
Σχήμα 7.17	Εποπτεία χρηστών από διαχειριστή	116
Σχήμα 7.18	Διαχείριση περιοχών (Areas) ως δεδομένα αναφοράς	117

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Συγκριτικός πίνακας μελετών και κριτηρίων αξιολόγησης ακινήτων	20
Πίνακας 3.1 Πίνακας ιχνηλασιμότητας λειτουργικών απαιτήσεων και περιπτώσεων χρήσης	43
Πίνακας 5.1 Τεχνολογίες και εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην υλοποίηση.....	73
Πίνακας 5.2 Σύνοψη ελέγχων	77
Πίνακας 5.3 Ανάλυση backend ανά περιοχή	78
Πίνακας 6.1 Σύνοψη κριτηρίων αξιολόγησης.....	84
Πίνακας 6.2 Συγκρίσεις κατά ζεύγη.....	98
Πίνακας 6.3 Βάρη κριτηρίων (AHP) και έλεγχος συνέπειας.....	98
Πίνακας 6.4 Πίνακας απόφασης	99
Πίνακας 6.5 Τελική κατάταξη ακινήτων (TOPSIS)	100
Πίνακας 7.1 Σύγκριση απλής αναζήτησης και πολυκριτήριας προσέγγισης.....	119

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

AHP	Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Analytic Hierarchy Process)
API	Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών (Application Programming Interface)
CI	Δείκτης Συνέπειας (Consistency Index)
CR	Αναλογία Συνέπειας (Consistency Ratio)
FR	Λειτουργική Απαίτηση (Functional Requirement)
HTTP	Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου (Hypertext Transfer Protocol)
JSON	Μορφή Ανταλλαγής Δεδομένων JavaScript (JavaScript Object Notation)
JWT	Διακριτικό Ιστού JSON (JSON Web Token)
MADM	Πολυκριτηριακή Λήψη Αποφάσεων με Πεπερασμένες Εναλλακτικές (Multi-Attribute Decision Making)
MCDM	Πολυκριτήρια Λήψη Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Making)
MODM	Πολυκριτηριακή Λήψη Αποφάσεων με Συνεχείς Εναλλακτικές (Multi-Objective Decision Making)
NFR	Μη Λειτουργική Απαίτηση (Non-Functional Requirement)
ORM	Αντιστοίχιση Αντικειμένων–Σχέσεων (Object-Relational Mapping)
REST	Μεταφορά Κατάστασης Αναπαράστασης (Representational State Transfer)
RI	Τυχαίος Δείκτης (Random Index)
SPA	Μονοσελιδική Εφαρμογή (Single Page Application)
TOPSIS	Τεχνική Ταξινόμησης κατά Προτίμηση Ομοιότητας με την Ιδανική Λύση (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)
UC	Περίπτωση Χρήσης (Use Case)
UML	Ενιαία Γλώσσα Μοντελοποίησης (Unified Modeling Language)

1. Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη των διαδικτυακών εφαρμογών και των πληροφοριακών συστημάτων έχει επηρεάσει καθοριστικά τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η αναζήτηση, η διαχείριση και η αξιολόγηση πληροφοριών σε πλήθος τομέων της καθημερινής και επαγγελματικής δραστηριότητας. Ένας από τους τομείς που παρουσιάζει αυξημένο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια είναι αυτός της αγοράς ακινήτων και ειδικότερα της μίσθωσης κατοικιών, όπου η αυξημένη ζήτηση, η πολυπλοκότητα των κριτηρίων επιλογής και ο μεγάλος όγκος διαθέσιμων επιλογών καθιστούν τη διαδικασία λήψης απόφασης ιδιαίτερα απαιτητική.

Στο πλαίσιο αυτό, οι σύγχρονες διαδικτυακές εφαρμογές καλούνται όχι μόνο να παρέχουν βασικές λειτουργίες αναζήτησης και προβολής ακινήτων, αλλά και να υποστηρίζουν τον χρήστη στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων, λαμβάνοντας υπόψη πολλαπλά και συχνά αντικρουόμενα κριτήρια. Η ενσωμάτωση τεχνικών πολυκριτήριας λήψης απόφασης σε συστήματα συστάσεων αποτελεί μία σύγχρονη και επιστημονικά τεκμηριωμένη προσέγγιση προς αυτή την κατεύθυνση.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εφαρμογής διαχείρισης μισθώσεων ακινήτων για μεσιτικά γραφεία, η οποία ενσωματώνει σύστημα συστάσεων βασισμένο σε πολυκριτήριες μεθόδους, με στόχο τη βελτίωση της εμπειρίας και της αποτελεσματικότητας τόσο των επαγγελματιών του κλάδου όσο και των υποψήφιων ενοικιαστών.

1.1 Αντικείμενο και σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας web-based εφαρμογής για τη διαχείριση μισθώσεων ακινήτων, η οποία απευθύνεται κυρίως σε μεσιτικά γραφεία, ιδιοκτήτες ακινήτων και υποψήφιους ενοικιαστές. Η εφαρμογή υποστηρίζει βασικές λειτουργίες καταχώρισης και διαχείρισης ακινήτων και μισθώσεων, καθώς και προηγμένες λειτουργίες αναζήτησης και πρότασης ακινήτων με τα μεσιτικά γραφεία να υποστηρίζονται μέσω του ρόλου του ιδιοκτήτη (βλ. Ενότητα 3.1).

Κεντρικός σκοπός της εργασίας είναι η ενσωμάτωση ενός πολυκριτήριου συστήματος συστάσεων, το οποίο αξιοποιεί επιστημονικά τεκμηριωμένες μεθόδους λήψης απόφασης,

με στόχο την παροχή εξατομικευμένων και αντικειμενικά τεκμηριωμένων προτάσεων ακινήτων προς τους χρήστες.

1.2 Το πρόβλημα της αναζήτησης κατοικιών προς ενοικίαση

Η διαδικασία αναζήτησης κατοικίας προς ενοικίαση αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα, καθώς προϋποθέτει την αξιολόγηση πολλών και ετερογενών παραμέτρων, όπως το κόστος μίσθωσης, η τοποθεσία, το μέγεθος του ακινήτου, η προσβασιμότητα σε μέσα μεταφοράς και οι παρεχόμενες παροχές. Τα κριτήρια αυτά διαφοροποιούνται ως προς τη σχετική τους σημασία από χρήστη σε χρήστη και συχνά έρχονται σε σύγκρουση μεταξύ τους.

Οι περισσότερες υπάρχουσες διαδικτυακές πλατφόρμες περιορίζονται στην παροχή απλής φιλτραρισμένης αναζήτησης, μεταφέροντας το βάρος της τελικής αξιολόγησης και επιλογής αποκλειστικά στον χρήστη, χωρίς να προσφέρουν ουσιαστική υποστήριξη στη διαδικασία λήψης απόφασης.

1.3 Περιορισμοί των υφιστάμενων εφαρμογών αναζήτησης

Παρότι υπάρχουν πολυάριθμες διαδικτυακές εφαρμογές αναζήτησης ακινήτων, οι περισσότερες παρουσιάζουν σημαντικούς περιορισμούς, όπως:

- έλλειψη εξατομικευμένων προτάσεων,
- απουσία συστηματικής αξιολόγησης πολλαπλών κριτηρίων,
- περιορισμένη υποστήριξη της διαδικασίας λήψης απόφασης,
- εστίαση κυρίως στην απλή προβολή αγγελιών.

Οι περιορισμοί αυτοί καθιστούν εμφανή την ανάγκη για πιο εξελιγμένες εφαρμογές, οι οποίες θα αξιοποιούν μεθόδους υποστήριξης αποφάσεων και θα παρέχουν ουσιαστική βοήθεια στους χρήστες κατά την επιλογή κατοικίας.

1.4 Συστήματα συστάσεων σε διαδικτυακές εφαρμογές

Τα συστήματα συστάσεων αποτελούν βασικό στοιχείο πολλών σύγχρονων διαδικτυακών εφαρμογών, καθώς επιτρέπουν την παροχή προσωποποιημένων προτάσεων με βάση τα χαρακτηριστικά, τη συμπεριφορά και τις προτιμήσεις των χρηστών. Τέτοια συστήματα αξιοποιούνται ευρέως σε τομείς όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο, οι υπηρεσίες ψυχαγωγίας και οι πλατφόρμες πληροφόρησης, συμβάλλοντας στη βελτίωση της εμπειρίας χρήστη και στην αποδοτικότερη πλοήγηση σε μεγάλα σύνολα δεδομένων.

Στον τομέα των ακινήτων, τα συστήματα συστάσεων μπορούν να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο, καθώς υποστηρίζουν τη διαδικασία επιλογής κατοικίας μειώνοντας τον χρόνο αναζήτησης και αναδεικνύοντας επιλογές που ανταποκρίνονται καλύτερα στις ανάγκες και τις προτεραιότητες του χρήστη. Η χρήση τέτοιων συστημάτων καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική σε περιβάλλοντα όπου ο αριθμός των διαθέσιμων επιλογών είναι μεγάλος και τα κριτήρια αξιολόγησης ποικίλα και συχνά αντικρουόμενα.

1.5 Η πολυκριτήρια λήψη απόφασης ως προσέγγιση επίλυσης

Η πολυκριτήρια λήψη απόφασης (Multi-Criteria Decision Making – MCDM) αποτελεί ένα θεωρητικό και πρακτικό πλαίσιο για την αξιολόγηση και επιλογή εναλλακτικών λύσεων βάσει πολλαπλών, ετερογενών κριτηρίων. Σε αντίθεση με μονοκριτήριες προσεγγίσεις, οι πολυκριτήριες μέθοδοι επιτρέπουν τη συστηματική ενσωμάτωση τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών παραμέτρων στη διαδικασία λήψης απόφασης.

Μέθοδοι όπως η Analytic Hierarchy Process (AHP) και η Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) προσφέρουν μηχανισμούς ποσοτικοποίησης των προτιμήσεων των χρηστών και αντικειμενικής κατάταξης των διαθέσιμων επιλογών. Η εφαρμογή τους σε προβλήματα επιλογής κατοικίας θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλη, καθώς επιτρέπει την αποτύπωση της σχετικής σημασίας των κριτηρίων και τη διαφανή αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων με βάση τις δηλωμένες προτεραιότητες των χρηστών.

1.6 Στόχοι και συνεισφορά της παρούσας εργασίας

Οι βασικοί στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας συνοψίζονται ως εξής:

- ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μιας ολοκληρωμένης διαδικτυακής εφαρμογής διαχείρισης μισθώσεων ακινήτων,
- η ενσωμάτωση ενός πολυκριτήριου συστήματος συστάσεων στην εφαρμογή,
- η εφαρμογή των μεθόδων AHP και TOPSIS σε ρεαλιστικό σενάριο επιλογής κατοικίας,
- η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της πολυκριτήριας προσέγγισης σε σύγκριση με απλές μεθόδους αναζήτησης.

Οι παραπάνω στόχοι ανταποκρίνονται στα ερευνητικά ερωτήματα EP1–EP4 (§2.8).

Η κύρια συνεισφορά της εργασίας έγκειται στον συνδυασμό της θεωρίας της πολυκριτήριας λήψης απόφασης με την πρακτική υλοποίησή της σε μία λειτουργική και επεκτάσιμη διαδικτυακή εφαρμογή, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ ακαδημαϊκής μελέτης και πραγματικών εφαρμογών στον τομέα των πληροφοριακών συστημάτων.

1.7 Μεθοδολογική προσέγγιση

Για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων EP1–EP4 (§2.8) ακολουθείται μια δομημένη, πολυφασική μεθοδολογία που συνδυάζει θεωρητική τεκμηρίωση, μηχανισμό ανάπτυξης λογισμικού και εμπειρική αξιολόγηση. Η προσέγγιση αυτή είναι χαρακτηριστική για εφαρμοσμένες εργασίες πληροφοριακών συστημάτων, στις οποίες απαιτείται όχι μόνο η ανάπτυξη λειτουργικής λύσης, αλλά και η τεκμηρίωση της ορθότητας και της χρησιμότητάς της.

Αρχικά, μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης (Κεφάλαιο 2) τεκμηριώνονται οι μέθοδοι AHP και TOPSIS, τα κριτήρια αξιολόγησης ακινήτων και τα ερευνητικά κενά που καλείται να καλύψει η εργασία. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται ανάλυση απαιτήσεων και σχεδίαση συστήματος με UML (Κεφάλαια 3–4), καθορίζοντας ρόλους χρηστών, λειτουργίες, αρχιτεκτονική και ροές δεδομένων. Το επόμενο στάδιο αφορά την υλοποίηση full-stack εφαρμογής (React, FastAPI, σχεσιακή βάση δεδομένων, Docker) και την ενσωμάτωση του πολυκριτήριου υποσυστήματος συστάσεων (AHP για βάρη κριτηρίων, TOPSIS για κατάταξη ακινήτων) — Κεφάλαια 5–6.

Η αξιολόγηση της λύσης βασίζεται σε ενδεικτικά σενάρια χρήσης, αριθμητικό παράδειγμα εκτέλεσης του αλγορίθμου, συγκριτική ανάλυση με απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση και αυτοματοποιημένους ελέγχους (pytest), όπως παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 7. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται ότι τα αποτελέσματα δεν παραμένουν σε θεωρητικό επίπεδο, αλλά επαληθεύονται σε λειτουργικό πληροφοριακό σύστημα με μετρήσιμη συμπεριφορά και ερμηνεύσιμες εξόδους για τον τελικό χρήστη.

1.8 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία οργανώνεται σε οκτώ κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εισαγωγή και το γενικό πλαίσιο της εργασίας.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναλύει το θεωρητικό υπόβαθρο και τη σχετική βιβλιογραφία που αφορά τα συστήματα συστάσεων και την πολυκριτήρια λήψη απόφασης, και ολοκληρώνεται με τη διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων (§2.8), τα οποία καθοδηγούν την ανάλυση, την υλοποίηση και την αξιολόγηση της εργασίας.

Στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζονται η ανάλυση απαιτήσεων του συστήματος, η σχεδίαση και η υλοποίησή του, καθώς και η ενσωμάτωση του πολυκριτήριου συστήματος συστάσεων. Ακολουθεί η αξιολόγηση της εφαρμογής και, τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα της εργασίας και προτάσεις για μελλοντική επέκταση και βελτίωση του συστήματος.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο και Σχετική Έρευνα

2.1 Πολυκριτήρια λήψη απόφασης (Multi-Criteria Decision Making - MCDM)

Η πολυκριτήρια λήψη απόφασης (Multi-Criteria Decision Making – MCDM) αποτελεί έναν ευρύ και καθιερωμένο επιστημονικό τομέα που ασχολείται με την υποστήριξη διαδικασιών λήψης αποφάσεων στις οποίες εμπλέκονται περισσότερα από ένα κριτήρια αξιολόγησης (Zeleny 1982; Belton and Stewart 2002). Σε αντίθεση με τις μονοκριτήριες προσεγγίσεις, όπου η απόφαση βασίζεται σε μία μόνο μεταβλητή, τα προβλήματα MCDM χαρακτηρίζονται από την ταυτόχρονη ύπαρξη πολλαπλών, συχνά αντικρουόμενων, κριτηρίων.

Στην πράξη, οι περισσότερες πραγματικές αποφάσεις δεν μπορούν να περιγραφούν επαρκώς με έναν μόνο παράγοντα. Για παράδειγμα, στην αναζήτηση κατοικίας προς ενοικίαση, ένας υποψήφιος ενοικιαστής ενδέχεται να λαμβάνει υπόψη παραμέτρους όπως το κόστος, η τοποθεσία, το μέγεθος, η προσβασιμότητα σε μέσα μαζικής μεταφοράς και η γενικότερη ποιότητα του ακινήτου. Τα κριτήρια αυτά έχουν διαφορετική σχετική σημασία για κάθε χρήστη και συχνά βρίσκονται σε σχέση αντιστάθμισης (trade-offs), γεγονός που καθιστά τη διαδικασία λήψης απόφασης ιδιαίτερα σύνθετη (Keeney and Raiffa 1993).

Η πολυκριτήρια λήψη απόφασης στοχεύει στη συστηματική μοντελοποίηση τέτοιων προβλημάτων, παρέχοντας μεθόδους που επιτρέπουν τον σαφή ορισμό των κριτηρίων, την ποσοτικοποίηση των προτιμήσεων και την αξιολόγηση ή κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων με διαφανή και τεκμηριωμένο τρόπο (Triantaphyllou 2000). Για τον λόγο αυτό, οι μέθοδοι MCDM έχουν εφαρμοστεί ευρέως σε τομείς όπως η διοίκηση επιχειρήσεων, η μηχανική, η ενέργεια και τα πληροφοριακά συστήματα.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η πολυκριτήρια λήψη απόφασης αξιοποιείται ως βασικό θεωρητικό υπόβαθρο για την ανάπτυξη ενός πολυκριτηρίου συστήματος συστάσεων ακινήτων. Η επιλογή αυτή δικαιολογείται από τη φύση του προβλήματος της αναζήτησης κατοικίας, το οποίο χαρακτηρίζεται από πλήθος ετερογενών κριτηρίων και έντονο βαθμό υποκειμενικότητας ως προς τις προτιμήσεις των χρηστών (Ricci et al. 2015).

2.2 Κατηγορίες πολυκριτήριων μεθόδων

Οι πολυκριτήριες μέθοδοι μπορούν να ταξινομηθούν σε επιμέρους κατηγορίες, ανάλογα με τη φύση του προβλήματος και τον τρόπο με τον οποίο ορίζονται οι εναλλακτικές λύσεις. Μία από τις πλέον διαδεδομένες και αποδεκτές διακρίσεις στη σχετική βιβλιογραφία είναι αυτή μεταξύ των μεθόδων πολυκριτήριας ανάλυσης διακριτών εναλλακτικών (Multi-Attribute Decision Making – MADM) και των μεθόδων πολυκριτήριας βελτιστοποίησης (Multi-Objective Decision Making – MODM) (Hwang and Yoon 1981).

Η διάκριση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, καθώς καθοδηγεί την επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας ανάλογα με το είδος του προβλήματος και τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής.

2.2.1 Πολυκριτήρια Ανάλυση Διακριτών Εναλλακτικών (MADM)

Οι μέθοδοι MADM εφαρμόζονται σε προβλήματα όπου υπάρχει ένα πεπερασμένο και προκαθορισμένο σύνολο διακριτών εναλλακτικών λύσεων, το οποίο αξιολογείται βάσει πολλαπλών κριτηρίων. Κάθε εναλλακτική περιγράφεται από συγκεκριμένες τιμές για κάθε κριτήριο, και στόχος της ανάλυσης είναι η επιλογή, η σύγκριση ή η κατάταξη των εναλλακτικών σύμφωνα με τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα (Triantaphyllou 2000).

Οι μέθοδοι αυτής της κατηγορίας είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και συστάσεων, όπου ο χρήστης καλείται να επιλέξει μεταξύ συγκεκριμένων επιλογών, όπως προϊόντα, υπηρεσίες ή ακίνητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα μεθόδων MADM αποτελούν οι AHP, TOPSIS, ELECTRE και PROMETHEE (Belton and Stewart 2002).

Στην παρούσα εργασία, το πρόβλημα της επιλογής και κατάταξης ακινήτων προς ενοικίαση εντάσσεται σαφώς στην κατηγορία MADM, καθώς το σύστημα αξιολογεί ένα σύνολο διαθέσιμων ακινήτων βάσει προκαθορισμένων κριτηρίων και εξατομικευμένων προτιμήσεων χρήστη.

2.2.2 Πολυκριτήρια Βελτιστοποίηση (MODM)

Οι μέθοδοι MODM αφορούν προβλήματα στα οποία οι εναλλακτικές λύσεις δεν είναι εκ των προτέρων γνωστές, αλλά προκύπτουν ως αποτέλεσμα διαδικασιών βελτιστοποίησης. Τα προβλήματα αυτά διατυπώνονται συνήθως με τη μορφή πολλαπλών συναρτήσεων στόχων, οι οποίες πρέπει να βελτιστοποιηθούν ταυτόχρονα υπό συγκεκριμένους περιορισμούς (Keeney and Raiffa 1993).

Οι μέθοδοι MODM χρησιμοποιούνται κυρίως σε προβλήματα μηχανικής, επιχειρησιακής έρευνας και σχεδιασμού σύνθετων συστημάτων. Ωστόσο, δεν είναι πάντα κατάλληλες για εφαρμογές όπου απαιτείται άμεση, κατανοητή και διαδραστική υποστήριξη αποφάσεων προς τελικούς χρήστες, όπως συμβαίνει σε διαδικτυακές εφαρμογές συστάσεων.

2.2.3 Θέση των AHP και TOPSIS στην κατηγοριοποίηση

Οι μέθοδοι Analytic Hierarchy Process (AHP) και Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) ανήκουν στην κατηγορία MADM και έχουν σχεδιαστεί για την υποστήριξη αποφάσεων με διακριτές εναλλακτικές λύσεις και πολλαπλά κριτήρια αξιολόγησης (Hwang and Yoon 1981; Saaty 1980).

Στο πλαίσιο των πολυκριτήριων συστημάτων συστάσεων, η AHP χρησιμοποιείται κυρίως για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων, βάσει των δηλωμένων προτιμήσεων του χρήστη, ενώ η TOPSIS αξιοποιείται για την τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων ως προς τον βαθμό καταλληλότητάς τους.

Παρότι στη βιβλιογραφία έχουν προταθεί και άλλες πολυκριτήριες μέθοδοι, όπως οι ELECTRE, PROMETHEE και VIKOR, ο συνδυασμός AHP–TOPSIS θεωρείται ιδιαίτερα διαδεδομένος λόγω της ευκολίας κατανόησης, της μαθηματικής σαφήνειας και της καταλληλότητάς του για εφαρμογές συστημάτων συστάσεων με δυναμικές και υποκειμενικές προτιμήσεις χρηστών (Ishizaka and Nemery 2013).

2.3 Η μέθοδος AHP (Analytic Hierarchy Process)

Η μέθοδος Analytic Hierarchy Process (AHP) προτάθηκε από τον Saaty (1980) και αποτελεί μία από τις πλέον διαδεδομένες και ευρέως χρησιμοποιούμενες πολυκριτήριες μεθόδους λήψης απόφασης. Η βασική της φιλοσοφία στηρίζεται στη διάσπαση ενός σύνθετου

προβλήματος σε ιεραρχικά επίπεδα και στη χρήση συγκρίσεων κατά ζεύγη, με σκοπό τον υπολογισμό της σχετικής σημασίας των κριτηρίων αξιολόγησης.

Κύριο πλεονέκτημα της AHP είναι η δυνατότητα μετατροπής υποκειμενικών κρίσεων σε αριθμητικές τιμές, επιτρέποντας την ποσοτικοποίηση προτιμήσεων ακόμη και σε περιπτώσεις όπου τα κριτήρια είναι ποιοτικής φύσης (Saaty 2008). Για τον λόγο αυτό, η μέθοδος έχει εφαρμοστεί ευρέως σε συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και συστάσεων σε ποικίλους τομείς.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, η AHP χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων αξιολόγησης των ακινήτων, τα οποία στη συνέχεια αξιοποιούνται από τη μέθοδο TOPSIS για την τελική κατάταξη των διαθέσιμων επιλογών.

2.3.1 Ιεραρχική ανάλυση προβλήματος

Το πρώτο και θεμελιώδες στάδιο της μεθόδου AHP είναι η ιεραρχική ανάλυση του προβλήματος απόφασης. Σε αυτό το στάδιο, το αρχικό πρόβλημα διασπάται σε επιμέρους στοιχεία και οργανώνεται σε μία ιεραρχική δομή, η οποία διευκολύνει την κατανόηση και τη συστηματική ανάλυσή του (Saaty 1980).

Η ιεραρχία της AHP αποτελείται συνήθως από τρία βασικά επίπεδα. Στο ανώτερο επίπεδο βρίσκεται ο συνολικός στόχος της απόφασης. Στο ενδιάμεσο επίπεδο περιλαμβάνονται τα κριτήρια και, εφόσον απαιτείται, τα υποκριτήρια αξιολόγησης. Στο κατώτερο επίπεδο τοποθετούνται οι εναλλακτικές λύσεις που πρόκειται να αξιολογηθούν (Saaty 2008).

Η ιεραρχική αυτή αναπαράσταση επιτρέπει τη δομημένη προσέγγιση σύνθετων προβλημάτων, μετατρέποντας μία πολύπλοκη απόφαση σε επιμέρους, απλούστερες συγκρίσεις. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, ο στόχος αφορά την επιλογή του καταλληλότερου ακινήτου προς ενοικίαση, τα κριτήρια σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά των ακινήτων και τις προτιμήσεις των χρηστών, ενώ οι εναλλακτικές λύσεις αντιστοιχούν στα διαθέσιμα ακίνητα.

2.3.2 Πίνακες συγκρίσεων κατά ζεύγη

Μετά τον ορισμό της ιεραρχικής δομής, η μέθοδος AHP βασίζεται στη δημιουργία πινάκων συγκρίσεων κατά ζεύγη (pairwise comparison matrices). Σε αυτούς τους πίνακες, κάθε

στοιχείο ενός επιπέδου συγκρίνεται με όλα τα υπόλοιπα ως προς τη σχετική του σημασία, σε σχέση με ένα στοιχείο του ανώτερου επιπέδου (Saaty 1980).

Οι συγκρίσεις πραγματοποιούνται με τη χρήση της θεμελιώδους κλίμακας του Saaty, η οποία λαμβάνει τιμές από το 1 έως το 9. Η τιμή 1 δηλώνει ίση σημαντικότητα μεταξύ δύο στοιχείων, ενώ οι τιμές 3, 5, 7 και 9 εκφράζουν αυξανόμενα επίπεδα υπεροχής του ενός στοιχείου έναντι του άλλου. Οι ενδιάμεσες τιμές χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση ενδιάμεσων κρίσεων (Saaty 1980).

Οι πίνακες συγκρίσεων είναι τετραγωνικοί και αμοιβαία αντίστροφοι, με τις διαγώνιες τιμές να ισούνται με 1. Η δομή αυτή διασφαλίζει τη μαθηματική συνέπεια του μοντέλου και επιτρέπει την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων (Ishizaka and Labib 2011).

2.3.3 Υπολογισμός βαρών κριτηρίων

Αφού ολοκληρωθούν οι συγκρίσεις κατά ζεύγη, ακολουθεί ο υπολογισμός των βαρών των κριτηρίων, τα οποία εκφράζουν τη σχετική σημασία κάθε κριτηρίου ως προς τον συνολικό στόχο της απόφασης. Ο υπολογισμός των βαρών βασίζεται στον πίνακα συγκρίσεων και πραγματοποιείται συνήθως μέσω του ιδιοδιανύσματος που αντιστοιχεί στη μέγιστη ιδιοτιμή του πίνακα (Saaty 1980).

Το ιδιοδιάνυσμα αυτό κανονικοποιείται έτσι ώστε το άθροισμα των επιμέρους βαρών να ισούται με 1. Τα παραγόμενα βάρη αντικατοπτρίζουν τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα και χρησιμοποιούνται σε επόμενες φάσεις της πολυκριτήριας ανάλυσης, όπως η αξιολόγηση και κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων (Triantaphyllou 2000).

Στην παρούσα εργασία, τα βάρη που προκύπτουν από τη μέθοδο AHP αξιοποιούνται ως είσοδος στη μέθοδο TOPSIS, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η τελική κατάταξη των διαθέσιμων ακινήτων.

Σημειώνεται ότι, πέραν του ιδιοδιανύσματος, στη βιβλιογραφία χρησιμοποιείται ευρέως και η μέθοδος του γεωμετρικού μέσου των γραμμών, η οποία υιοθετείται στην παρούσα εργασία (βλ. Ενότητα 6.3).

2.3.4 Έλεγχος Συνέπειας (Consistency Ratio)

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου AHP είναι η δυνατότητα ελέγχου της συνέπειας των συγκρίσεων που πραγματοποιεί ο αποφασίζων. Δεδομένου ότι οι συγκρίσεις βασίζονται σε ανθρώπινες κρίσεις, είναι πιθανό να εμφανιστούν ασυνέπειες, οι οποίες ενδέχεται να επηρεάσουν την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων (Saaty 1980).

Για τον λόγο αυτό, η AHP εισάγει τον δείκτη συνέπειας (Consistency Ratio – CR), ο οποίος υπολογίζεται με βάση τη μέγιστη ιδιοτιμή του πίνακα συγκρίσεων και συγκρίνεται με έναν τυχαίο δείκτη αναφοράς (Random Index – RI). Ο δείκτης CR εκφράζει τον βαθμό απόκλισης των συγκρίσεων από την ιδανική περίπτωση πλήρους συνέπειας.

Στην πράξη, τιμή του δείκτη συνέπειας μικρότερη από 0,1 θεωρείται αποδεκτή και υποδηλώνει ότι οι κρίσεις του αποφασίζοντα είναι επαρκώς συνεπείς. Σε αντίθετη περίπτωση, απαιτείται επανεξέταση των συγκρίσεων πριν από τη χρήση των παραγόμενων βαρών (Saaty 1980; Alonso and Lamata 2006).

2.3.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της AHP

Η μέθοδος AHP παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, τα οποία έχουν συμβάλει στην ευρεία υιοθέτησή της στη διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, επιτρέπει τη συστηματική αποτύπωση υποκειμενικών κρίσεων, υποστηρίζει τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά κριτήρια και παρέχει μηχανισμό ελέγχου της συνέπειας των συγκρίσεων (Saaty 2008).

Παράλληλα, η AHP είναι σχετικά εύκολα κατανοητή και εφαρμόσιμη, γεγονός που την καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλη για συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και συστάσεων, όπου οι προτιμήσεις των χρηστών διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο (Ishizaka and Nemery 2013).

Ωστόσο, η μέθοδος παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα. Ο αριθμός των απαιτούμενων συγκρίσεων αυξάνεται σημαντικά όσο αυξάνεται ο αριθμός των κριτηρίων, γεγονός που μπορεί να καταστήσει τη διαδικασία χρονοβόρα. Επιπλέον, τα αποτελέσματα ενδέχεται να επηρεαστούν από υποκειμενικές προκαταλήψεις των χρηστών (Triantaphyllou 2000).

Παρά τους περιορισμούς αυτούς, η AHP θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλη για εφαρμογές όπως αυτή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ιδίως όταν συνδυάζεται με μεθόδους κατάταξης όπως η TOPSIS.

2.4 Η μέθοδος TOPSIS

Η μέθοδος Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) αποτελεί μία από τις πλέον διαδεδομένες πολυκριτήριες μεθόδους κατάταξης εναλλακτικών λύσεων και προτάθηκε αρχικά από τους Hwang και Yoon (1981). Η βασική της φιλοσοφία στηρίζεται στην υπόθεση ότι η βέλτιστη εναλλακτική λύση είναι εκείνη που βρίσκεται πλησιέστερα στην ιδανική λύση και ταυτόχρονα περισσότερο απομακρυσμένη από την αντι-ιδανική λύση.

Η TOPSIS ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων Multi-Attribute Decision Making (MADM) και εφαρμόζεται σε προβλήματα με διακριτές εναλλακτικές λύσεις και πολλαπλά κριτήρια αξιολόγησης. Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε προβλήματα επιλογής προϊόντων, αξιολόγησης επενδύσεων, διαχείρισης έργων, καθώς και σε συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και συστάσεων (Triantaphyllou 2000; Behzadian et al. 2012).

Στην παρούσα εργασία, η μέθοδος TOPSIS αξιοποιείται για την κατάταξη των διαθέσιμων ακινήτων προς ενοικίαση, χρησιμοποιώντας ως είσοδο τα βάρη των κριτηρίων αξιολόγησης που έχουν υπολογιστεί προηγουμένως με τη μέθοδο AHP.

2.4.1 Ιδανική και αντι-ιδανική λύση

Κεντρική έννοια της μεθόδου TOPSIS αποτελεί ο ορισμός της ιδανικής και της αντι-ιδανικής λύσης. Η ιδανική λύση αντιπροσωπεύει τη θεωρητικά καλύτερη δυνατή τιμή για κάθε κριτήριο αξιολόγησης, ενώ η αντι-ιδανική λύση αντιστοιχεί στη χειρότερη δυνατή τιμή (Hwang and Yoon 1981).

Για κριτήρια μεγιστοποίησης, όπως το εμβαδόν ενός ακινήτου ή η ποιότητα της περιοχής, η ιδανική λύση λαμβάνει τη μέγιστη τιμή και η αντι-ιδανική τη μικρότερη. Αντίστοιχα, για κριτήρια ελαχιστοποίησης, όπως το κόστος ενοικίασης ή η απόσταση, η ιδανική λύση αντιστοιχεί στη μικρότερη τιμή και η αντι-ιδανική στη μεγαλύτερη.

Η σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων με αυτές τις δύο θεωρητικές αναφορές επιτρέπει την αντικειμενική αξιολόγηση της σχετικής τους καταλληλότητας και αποτελεί τη βάση για την περαιτέρω κατάταξή τους.

2.4.2 Κανονικοποίηση πίνακα απόφασης

Δεδομένου ότι τα κριτήρια αξιολόγησης εκφράζονται συχνά σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης, η μέθοδος TOPSIS απαιτεί την κανονικοποίηση του αρχικού πίνακα απόφασης. Η διαδικασία αυτή αποσκοπεί στη μετατροπή των τιμών των κριτηρίων σε αδιάστατες ποσότητες, ώστε να καταστούν συγκρίσιμες μεταξύ τους (Triantaphyllou 2000).

Η συνηθέστερη τεχνική κανονικοποίησης στη TOPSIS είναι η διανυσματική κανονικοποίηση, κατά την οποία κάθε τιμή διαιρείται με τη ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων των αντίστοιχων τιμών του ίδιου κριτηρίου. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται ότι καμία μεταβλητή δεν επηρεάζει δυσανάλογα το τελικό αποτέλεσμα λόγω της κλίμακας της.

2.4.3 Ενσωμάτωση βαρών κριτηρίων

Μετά την κανονικοποίηση του πίνακα απόφασης, ακολουθεί η ενσωμάτωση των βαρών των κριτηρίων αξιολόγησης. Τα βάρη αυτά εκφράζουν τη σχετική σημασία κάθε κριτηρίου και, στην παρούσα εργασία, προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου AHP.

Ο κανονικοποιημένος πίνακας απόφασης πολλαπλασιάζεται με τα αντίστοιχα βάρη, δημιουργώντας τον σταθμισμένο πίνακα απόφασης. Με τον τρόπο αυτό, η διαδικασία αξιολόγησης προσαρμόζεται στις προτιμήσεις του χρήστη, ενισχύοντας τον εξατομικευμένο χαρακτήρα της πολυκριτήριας ανάλυσης (Behzadian et al. 2012).

2.4.4 Υπολογισμός κατάταξης εναλλακτικών

Στο επόμενο στάδιο της μεθόδου TOPSIS υπολογίζεται η απόσταση κάθε εναλλακτικής λύσης από την ιδανική και την αντι-ιδανική λύση. Συνήθως χρησιμοποιείται η Ευκλείδεια απόσταση, η οποία εκφράζει τον βαθμό εγγύτητας κάθε εναλλακτικής προς τις δύο θεωρητικές αναφορές (Hwang and Yoon 1981).

Με βάση τις αποστάσεις αυτές, υπολογίζεται ο συντελεστής εγγύτητας (closeness coefficient), ο οποίος λαμβάνει τιμές στο διάστημα $[0,1]$. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του συντελεστή, τόσο πιο κοντά βρίσκεται η εναλλακτική λύση στην ιδανική λύση και, συνεπώς, τόσο καταλληλότερη θεωρείται.

Η τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων προκύπτει από την ταξινόμησή τους με βάση τον συντελεστή εγγύτητας, παρέχοντας ένα σαφές, συγκρίσιμο και εύκολα ερμηνεύσιμο αποτέλεσμα.

2.4.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της TOPSIS

Η μέθοδος TOPSIS παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, τα οποία έχουν συμβάλει στη ευρεία υιοθέτησή της. Είναι σχετικά εύκολη στην κατανόηση και στην υλοποίηση, επιτρέπει την ταυτόχρονη αξιολόγηση πολλαπλών κριτηρίων και παρέχει σαφή κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων (Behzadian et al. 2012).

Επιπλέον, η δυνατότητα ενσωμάτωσης βαρών κριτηρίων καθιστά τη TOPSIS ιδιαίτερα κατάλληλη για συνδυασμό με τη μέθοδο AHP, προσφέροντας ένα ολοκληρωμένο και συνεκτικό πλαίσιο πολυκριτήριας αξιολόγησης.

Ωστόσο, η μέθοδος παρουσιάζει και ορισμένους περιορισμούς. Τα αποτελέσματά της εξαρτώνται από τη μέθοδο κανονικοποίησης που επιλέγεται, ενώ δεν λαμβάνει υπόψη πιθανές αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των κριτηρίων αξιολόγησης (Triantaphyllou 2000).

Παρά τα μειονεκτήματα αυτά, η TOPSIS θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλη για εφαρμογές συστημάτων συστάσεων, όπως αυτή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπου απαιτείται διαφανής, αποδοτική και υπολογιστικά εφικτή κατάταξη εναλλακτικών λύσεων.

2.5 Πολυκριτήρια συστήματα συστάσεων στον τομέα του real estate

Τα συστήματα συστάσεων αποτελούν βασικό υποσύνολο των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και χρησιμοποιούνται ευρέως σε διαδικτυακές πλατφόρμες για την παροχή εξατομικευμένων προτάσεων προς τους χρήστες. Στον τομέα του real estate, τα συστήματα συστάσεων εφαρμόζονται κυρίως για την υποστήριξη της διαδικασίας αναζήτησης και επιλογής ακινήτων, λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις και τις ανάγκες των υποψήφιων ενοικιαστών ή αγοραστών (Ricci et al. 2015).

Οι περισσότερες υφιστάμενες πλατφόρμες αναζήτησης ακινήτων βασίζονται σε απλούς μηχανισμούς φιλτραρισμένης αναζήτησης, όπου ο χρήστης ορίζει οριακές τιμές για επιμέρους χαρακτηριστικά, όπως το κόστος ή η περιοχή. Παρότι η προσέγγιση αυτή είναι εύχρηστη, δεν επιτρέπει την αποτύπωση της σχετικής σημασίας των κριτηρίων ούτε την

αποτελεσματική διαχείριση περιπτώσεων όπου τα κριτήρια βρίσκονται σε σχέση αντιστάθμισης (trade-offs) (Burke 2002).

Για την αντιμετώπιση των περιορισμών αυτών, η διεθνής βιβλιογραφία έχει προτείνει την ενσωμάτωση πολυκριτήριων μεθόδων λήψης απόφασης σε συστήματα συστάσεων ακινήτων. Οι πολυκριτήριες προσεγγίσεις επιτρέπουν την ταυτόχρονη αξιολόγηση πολλαπλών κριτηρίων, καθώς και την ποσοτικοποίηση των προτιμήσεων των χρηστών, οδηγώντας σε πιο αξιόπιστες και εξατομικευμένες προτάσεις (Adomavicius and Tuzhilin 2005).

Συγκεκριμένα, στον τομέα του real estate έχουν εφαρμοστεί μέθοδοι όπως η Analytic Hierarchy Process (AHP), η Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), καθώς και συνδυασμοί αυτών, για την επιλογή και κατάταξη ακινήτων βάσει χαρακτηριστικών όπως το κόστος, η τοποθεσία, το μέγεθος, η προσβασιμότητα και η ποιότητα κατασκευής (Zavadskas et al. 2015). Η χρήση της AHP επιτρέπει τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων με βάση τις δηλωμένες προτιμήσεις του χρήστη, ενώ η TOPSIS αξιοποιείται για την τελική κατάταξη των διαθέσιμων ακινήτων.

Η βιβλιογραφία αναδεικνύει ότι τα πολυκριτήρια συστήματα συστάσεων υπερτερούν των απλών μηχανισμών αναζήτησης, καθώς μπορούν να προσαρμόζονται δυναμικά στις διαφορετικές προτεραιότητες των χρηστών και να παρέχουν αποτελέσματα που αντανακλούν καλύτερα τις πραγματικές ανάγκες τους (Behzadian et al. 2012). Παράλληλα, η διαφάνεια των πολυκριτήριων μεθόδων ενισχύει την εμπιστοσύνη των χρηστών προς το σύστημα, καθώς τα αποτελέσματα προκύπτουν από σαφώς ορισμένα κριτήρια και τεκμηριωμένα βήματα υπολογισμού.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, υιοθετείται πολυκριτήρια προσέγγιση για την ανάπτυξη συστήματος συστάσεων ακινήτων, το οποίο συνδυάζει τη μέθοδο AHP για τον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων και τη μέθοδο TOPSIS για την κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων. Η επιλογή αυτή ευθυγραμμίζεται με τις προτάσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας και ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στις απαιτήσεις ενός σύγχρονου συστήματος αναζήτησης και διαχείρισης μισθώσεων ακινήτων.

2.6 Κριτήρια αξιολόγησης ακινήτων στη διεθνή βιβλιογραφία

Η επιλογή και αξιολόγηση ακινήτων προς ενοικίαση ή αγορά αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα λήψης απόφασης, το οποίο εξαρτάται από πληθώρα παραμέτρων που σχετίζονται τόσο με τα χαρακτηριστικά του ακινήτου όσο και με τις προτιμήσεις των χρηστών. Η διεθνής βιβλιογραφία αναγνωρίζει ότι η αποτελεσματική υποστήριξη της διαδικασίας αυτής απαιτεί την ταυτόχρονη αξιολόγηση πολλαπλών κριτηρίων, τα οποία είναι συχνά ετερογενή και ενδέχεται να βρίσκονται σε σχέση αντιστάθμισης (trade-offs) (Zavadskas et al. 2015).

Τα κριτήρια αξιολόγησης ακινήτων μπορούν να ομαδοποιηθούν σε βασικές κατηγορίες, οι οποίες επαναλαμβάνονται, με μικρές διαφοροποιήσεις, σε πλήθος ερευνητικών μελετών και εφαρμογών πολυκριτήριας ανάλυσης στον τομέα του real estate.

2.6.1 Οικονομικά κριτήρια

Τα οικονομικά κριτήρια αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες στη διαδικασία επιλογής ακινήτου. Το κόστος ενοικίου ή αγοράς αναφέρεται σχεδόν σε όλες τις σχετικές μελέτες ως κυρίαρχο κριτήριο αξιολόγησης, καθώς επηρεάζει άμεσα τη βιωσιμότητα της επιλογής για τον χρήστη (Pagourtzi et al. 2003).

Πέραν του βασικού κόστους, στη βιβλιογραφία συναντώνται και πρόσθετα οικονομικά κριτήρια, όπως τα κοινόχρηστα έξοδα, το κόστος συντήρησης και η σχέση τιμής-ποιότητας του ακινήτου. Η συνεκτίμηση των παραμέτρων αυτών επιτρέπει μία πιο ρεαλιστική αποτύπωση της συνολικής οικονομικής επιβάρυνσης που συνεπάγεται η επιλογή ενός ακινήτου (Zavadskas et al. 2015).

2.6.2 Χωρικά και γεωγραφικά κριτήρια

Η τοποθεσία του ακινήτου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα αξιολόγησης και συνδέεται άμεσα με την ποιότητα ζωής του ενοικιαστή. Στη διεθνή βιβλιογραφία, χωρικά κριτήρια όπως η απόσταση από το κέντρο της πόλης, η προσβασιμότητα σε μέσα μαζικής μεταφοράς και η εγγύτητα σε βασικές υποδομές (σχολεία, καταστήματα, υπηρεσίες) αναφέρονται εκτενώς (Kauko 2007).

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην προσβασιμότητα, καθώς επηρεάζει τόσο τον χρόνο μετακίνησης όσο και το συνολικό κόστος διαβίωσης. Η ενσωμάτωση γεωγραφικών

κριτηρίων σε συστήματα συστάσεων θεωρείται κρίσιμη για την παροχή εξατομικευμένων και ουσιαστικών προτάσεων προς τους χρήστες (Zhang et al. 2018).

2.6.3 Φυσικά και δομικά χαρακτηριστικά ακινήτου

Τα φυσικά και δομικά χαρακτηριστικά του ακινήτου, όπως το εμβαδόν, ο αριθμός δωματίων, η κατάσταση του κτιρίου και το έτος κατασκευής, αποτελούν βασικά κριτήρια αξιολόγησης στη βιβλιογραφία. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνδέονται άμεσα με τη λειτουργικότητα, την άνεση και τη χρηστικότητα του ακινήτου (Pagourtzi et al. 2003).

Επιπλέον, στοιχεία όπως η ύπαρξη ανελκυστήρα, θέσης στάθμευσης, αποθήκης ή εξωτερικών χώρων (μπαλκόνι, κήπος) λαμβάνονται συχνά υπόψη σε πολυκριτήριες αναλύσεις, καθώς επηρεάζουν τη συνολική ελκυστικότητα και την αντιλαμβανόμενη αξία του ακινήτου (Zavadskas et al. 2015).

2.6.4 Περιβαλλοντικά και ποιοτικά κριτήρια

Τα τελευταία χρόνια, η βιβλιογραφία δίνει αυξανόμενη έμφαση σε περιβαλλοντικά και ποιοτικά κριτήρια, όπως η ενεργειακή απόδοση, η ποιότητα κατασκευής και το επίπεδο θορύβου της περιοχής. Η ενεργειακή κλάση ενός ακινήτου επηρεάζει τόσο το κόστος διαβίωσης όσο και τη βιωσιμότητα της επιλογής από περιβαλλοντική σκοπιά (Kaklauskas et al. 2018).

Παράλληλα, ποιοτικοί παράγοντες που σχετίζονται με το κοινωνικό περιβάλλον, την ασφάλεια της περιοχής και τη γενικότερη ποιότητα ζωής λαμβάνονται συχνά υπόψη, ιδίως σε εφαρμογές συστημάτων συστάσεων που στοχεύουν στη συνολική βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη (Zhang et al. 2018).

2.6.5 Υποκειμενικά και εξατομικευμένα κριτήρια

Πέρα από τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά, αρκετές μελέτες επισημαίνουν τη σημασία των υποκειμενικών προτιμήσεων των χρηστών στη διαδικασία επιλογής ακινήτου. Κριτήρια όπως οι προσωπικές ανάγκες, ο τρόπος ζωής και οι μελλοντικές προοπτικές διαφοροποιούνται σημαντικά από χρήστη σε χρήστη και δύσκολα αποτυπώνονται μέσω απλών μηχανισμών φιλτραρισμένης αναζήτησης (Adomavicius and Tuzhilin 2005).

Η ενσωμάτωση τέτοιων παραμέτρων μέσω πολυκριτήριων μεθόδων, όπως η AHP, επιτρέπει την προσαρμογή του συστήματος συστάσεων στις ατομικές προτιμήσεις κάθε χρήστη, ενισχύοντας την ακρίβεια, τη διαφάνεια και τη χρησιμότητα των παραγόμενων προτάσεων.

2.6.6 Σύνοψη και σύνδεση με την παρούσα εργασία

Η ανάλυση της διεθνούς βιβλιογραφίας καταδεικνύει ότι η αξιολόγηση ακινήτων βασίζεται σε ένα πολυδιάστατο σύνολο κριτηρίων, τα οποία μπορούν να ομαδοποιηθούν σε οικονομικά, χωρικά, δομικά, περιβαλλοντικά και υποκειμενικά. Η συστηματική οργάνωση και αξιολόγηση των κριτηρίων αυτών αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη αξιόπιστων πολυκριτήριων συστημάτων συστάσεων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, τα κριτήρια αξιολόγησης επιλέγονται βάσει της ανωτέρω βιβλιογραφικής ανασκόπησης και αξιοποιούνται ως είσοδος στις μεθόδους AHP και TOPSIS, οι οποίες αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, υποστηρίζοντας τη διαδικασία κατάταξης και πρότασης ακινήτων στο πλαίσιο της εφαρμογής.

2.7 Συγκριτικός πίνακας μελετών και προτεινόμενων κριτηρίων

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες ενότητες ανέδειξε ότι η αξιολόγηση και επιλογή ακινήτων αποτελεί ένα πολυδιάστατο πρόβλημα λήψης απόφασης, το οποίο βασίζεται σε ένα σύνολο κοινών κριτηρίων που επαναλαμβάνονται σε πλήθος επιστημονικών μελετών. Τα κριτήρια αυτά καλύπτουν οικονομικές, χωρικές, δομικές, περιβαλλοντικές και υποκειμενικές διαστάσεις της απόφασης, όπως αναλύθηκαν στις ενότητες 2.6.1–2.6.5.

Για τη συστηματική αποτύπωση των κριτηρίων αξιολόγησης ακινήτων που προτείνονται στη διεθνή βιβλιογραφία, δημιουργήθηκε συγκριτικός πίνακας, στον οποίο παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές ερευνητικές μελέτες και τα κριτήρια που αυτές χρησιμοποιούν. Ο Πίνακας 2.1 συνοψίζει τα βασικά ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και τεκμηριώνει τη διαδικασία επιλογής των κριτηρίων που υιοθετούνται στην παρούσα διπλωματική εργασία (Pagourtzi et al. 2003, Zavadskas et al. 2015).

Μελέτη	Οικονομικά κριτήρια	Χωρικά κριτήρια	Δομικά χαρακτηριστικά	Περιβαλλοντικά κριτήρια	Υποκειμενικά κριτήρια
Pagourtzi et al. (2003)	Κόστος, αξία	Τοποθεσία	Μέγεθος, ηλικία	-	-
Kauko (2007)	Τιμή	Απόσταση, προσβασιμότητα	Μέγεθος	Ποιότητα περιοχής	-
Zavadskas et al. (2015)	Κόστος, σχέση τιμής-ποιότητας	Τοποθεσία	Κατάσταση κτιρίου	Ενεργειακή απόδοση	-
Kaklauskas et al. (2018)	Κόστος χρήσης	Τοποθεσία	Δομικά χαρακτηριστικά	Ενεργειακή κλάση	-
Zhang et al. (2018)	Τιμή	Απόσταση, υποδομές	Μέγεθος	Περιβάλλον	Προτιμήσεις χρήστη
Adomavicius and Tuzhilin (2005)	-	-	-	-	Εξατομικευμένες προτιμήσεις

Πίνακας 2.1 Συγκριτικός πίνακας μελετών και κριτηρίων αξιολόγησης ακινήτων

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2.1, τα οικονομικά και χωρικά κριτήρια εμφανίζονται με τη μεγαλύτερη συχνότητα στη διεθνή βιβλιογραφία, γεγονός που υποδηλώνει τη καθοριστική σημασία τους στη διαδικασία επιλογής ακινήτου. Παράλληλα, τα δομικά χαρακτηριστικά του ακινήτου αποτελούν σταθερό σημείο αναφοράς στις περισσότερες μελέτες, ενώ τα περιβαλλοντικά και ενεργειακά κριτήρια αποκτούν αυξανόμενη σημασία σε πιο πρόσφατες έρευνες.

Επιπλέον, αν και τα υποκειμενικά και εξατομικευμένα κριτήρια δεν εμφανίζονται με την ίδια συχνότητα σε όλες τις μελέτες, η βιβλιογραφία αναγνωρίζει τη σημασία τους σε συστήματα συστάσεων που στοχεύουν στην προσαρμογή των αποτελεσμάτων στις προσωπικές προτιμήσεις των χρηστών και στη βελτίωση της συνολικής εμπειρίας χρήσης (Adomavicius and Tuzhilin 2005).

Με βάση τη συγκριτική ανάλυση της διεθνούς βιβλιογραφίας που παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1, καθώς και τη συχνότητα εμφάνισης των επιμέρους κριτηρίων στις εξεταζόμενες μελέτες, στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέγεται ένα σύνολο βασικών

κριτηρίων αξιολόγησης ακινήτων. Τα κριτήρια αυτά περιλαμβάνουν οικονομικά κριτήρια (όπως το κόστος ενοικίασης), χωρικά κριτήρια (όπως η τοποθεσία και η προσβασιμότητα), δομικά χαρακτηριστικά του ακινήτου (όπως το μέγεθος και η κατάσταση), καθώς και περιβαλλοντικά και ποιοτικά κριτήρια (όπως η ενεργειακή απόδοση). Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη υποκειμενικά κριτήρια που σχετίζονται με τις προσωπικές προτιμήσεις των χρηστών.

2.8 Ερευνητικά ερωτήματα

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ενοτήτων 2.1–2.7 κατέδειξε ότι η πολυκριτήρια λήψη απόφασης, και ειδικότερα οι μέθοδοι AHP και TOPSIS, αποτελούν ώριμα και ευρέως τεκμηριωμένα εργαλεία για την αξιολόγηση διακριτών εναλλακτικών. Παράλληλα, η διεθνής έρευνα στον τομέα των ακινήτων αναγνωρίζει ένα κοινό σύνολο κριτηρίων (οικονομικά, χωρικά, δομικά, περιβαλλοντικά και υποκειμενικά), ενώ τα συστήματα συστάσεων έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε πολλούς τομείς του ηλεκτρονικού εμπορίου και των διαδικτυακών υπηρεσιών.

Ωστόσο, οι περισσότερες διαθέσιμες πλατφόρμες αναζήτησης κατοικίας προς ενοικίαση περιορίζονται σε απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση, χωρίς να ενσωματώνουν συστηματικά τις υποκειμενικές προτιμήσεις των χρηστών ούτε να παρέχουν τεκμηριωμένη κατάταξη εναλλακτικών με διαφάνεια και επεξηγησιμότητα. Αντίθετα, οι σχετικές επιστημονικές μελέτες εστιάζουν κυρίως σε θεωρητικά ή απομονωμένα μοντέλα, χωρίς πάντα να συνδέονται με ολοκληρωμένη, λειτουργική διαδικτυακή εφαρμογή διαχείρισης μισθώσεων. Το κενό αυτό καθιστά ερευνητικά ενδιαφέρουσα την ανάπτυξη ενός συστήματος που συνδυάζει πρακτική υλοποίηση με πολυκριτήρια ανάλυση στο συγκεκριμένο πλαίσιο χρήσης.

Με βάση τα ανωτέρω, η παρούσα διπλωματική εργασία διατυπώνει τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

- EP1. Πώς μπορούν οι μέθοδοι AHP και TOPSIS να ενσωματωθούν σε διαδικτυακή εφαρμογή διαχείρισης μισθώσεων ακινήτων, ώστε να παράγονται εξατομικευμένες προτάσεις κατοικίας προς ενοικίαση;

- EP2. Ποια κριτήρια αξιολόγησης ακινήτων προκύπτουν από τη διεθνή βιβλιογραφία και με ποιον τρόπο μπορούν να επιλεγούν, να οριστούν και να αποτυπωθούν σε ενιαίο πολυκριτήριο μοντέλο αξιολόγησης;
- EP3. Με ποιον τρόπο μπορούν να συλλεχθούν και να μετατραπούν οι προτιμήσεις των χρηστών σε βάρη κριτηρίων μέσω AHP, διασφαλίζοντας αποδεκτή συνέπεια (Consistency Ratio) και διαφάνεια στη διαδικασία;
- EP4. Πώς συγκρίνεται η πολυκριτήρια προσέγγιση συστάσεων με την απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση ως προς την υποστήριξη της λήψης απόφασης του υποψήφιου ενοικιαστή;

Για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων ακολουθείται μια δομημένη μεθοδολογική προσέγγιση. Αρχικά, πραγματοποιείται ανάλυση απαιτήσεων και σχεδίαση συστήματος με UML (περιπτώσεις χρήσης, διαγράμματα δραστηριοτήτων και κλάσεων). Στη συνέχεια, αναπτύσσεται πλήρως λειτουργική web εφαρμογή (React frontend, FastAPI backend, σχεσιακή βάση δεδομένων), στην οποία ενσωματώνεται πολυκριτήριο υποσύστημα συστάσεων: η AHP υπολογίζει τα βάρη των κριτηρίων από συγκρίσεις κατά ζεύγη ή ισοδύναμες διεπαφές sliders, ενώ η TOPSIS παράγει την τελική κατάταξη των διαθέσιμων ακινήτων. Η επιλογή της συγκεκριμένης σειράς AHP → TOPSIS αιτιολογείται από τη δυνατότητα διαχωρισμού της υποκειμενικής καταγραφής προτιμήσεων (βάρη) από την αντικειμενική αξιολόγηση εναλλακτικών (κατάταξη), όπως τεκμηριώνεται στις ενότητες 2.3 και 2.4.

Η αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης βασίζεται σε ενδεικτικά σενάρια χρήσης, αριθμητικό παράδειγμα εκτέλεσης του αλγορίθμου, συγκριτική ανάλυση με απλή αναζήτηση και αυτοματοποιημένους ελέγχους ορθής λειτουργίας (pytest). Αναμένεται η εργασία να καταδείξει ότι: (α) το σύστημα παράγει συνεπή και ερμηνεύσιμα αποτελέσματα κατάταξης, (β) οι προτιμήσεις των χρηστών αποτυπώνονται με τρόπο διαφανή και ελεγχόμενο, και (γ) η πολυκριτήρια προσέγγιση προσφέρει ουσιαστική προστιθέμενη αξία έναντι της απλής φιλτραρισμένης αναζήτησης, ιδίως όταν απαιτείται ισορροπία μεταξύ αντικειμενικών χαρακτηριστικών ακινήτων και υποκειμενικών προτεραιοτήτων. Τα επόμενα κεφάλαια (3–8) αναπτύσσουν την ανάλυση, τη σχεδίαση, την υλοποίηση και την αξιολόγηση που απαντούν στα παραπάνω ερευνητικά ερωτήματα.

3. Ανάλυση Απαιτήσεων Συστήματος

Η ανάλυση απαιτήσεων αποτελεί κρίσιμο στάδιο στον κύκλο ζωής ανάπτυξης ενός πληροφοριακού συστήματος, καθώς καθορίζει με σαφήνεια τις λειτουργίες που θα παρέχει το σύστημα, τους χρήστες που θα το αξιοποιούν και τους περιορισμούς που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη σχεδίαση και την υλοποίηση. Η ορθή καταγραφή και ανάλυση των απαιτήσεων συμβάλλει στη μείωση της πολυπλοκότητας, στην αποφυγή αστοχιών κατά την ανάπτυξη και στη διασφάλιση ότι το τελικό σύστημα ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες των χρηστών (Sommerville 2016).

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανάλυση απαιτήσεων του προτεινόμενου πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης μισθώσεων ακινήτων με ενσωματωμένο πολυκριτήριο σύστημα συστάσεων. Η ανάλυση βασίζεται στις ανάγκες των εμπλεκόμενων χρηστών, στα χαρακτηριστικά των υφιστάμενων διαδικτυακών εφαρμογών αναζήτησης ακινήτων, καθώς και στα κριτήρια αξιολόγησης που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση του Κεφαλαίου 2.

Στόχος του κεφαλαίου είναι ο σαφής προσδιορισμός των λειτουργικών και μη λειτουργικών απαιτήσεων του συστήματος, καθώς και η περιγραφή των βασικών κατηγοριών χρηστών και των αλληλεπιδράσεών τους με την εφαρμογή. Οι απαιτήσεις αυτές αποτελούν τη βάση για τη σχεδίαση της αρχιτεκτονικής και των επιμέρους υποσυστημάτων που παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια.

3.1 Περιγραφή του συστήματος

Το προτεινόμενο σύστημα αποτελεί μία διαδικτυακή εφαρμογή διαχείρισης μισθώσεων ακινήτων, η οποία απευθύνεται σε μεσιτικά γραφεία, ιδιοκτήτες ακινήτων και υποψήφιους ενοικιαστές. Η εφαρμογή υποστηρίζει τη διαδικασία καταχώρισης, ενημέρωσης και διαχείρισης ακινήτων, καθώς και τη διαχείριση μισθώσεων και βασικών στοιχείων που σχετίζονται με τα συμβόλαια ενοικίασης.

Ο όρος «μεσιτικά γραφεία», που χρησιμοποιείται στον τίτλο και στην παρούσα περιγραφή, νοείται με την ευρεία έννοια του φορέα διαχείρισης ακινήτων προς ενοικίαση. Στο μοντέλο ρόλων του συστήματος, η έννοια αυτή αποτυπώνεται μέσω του ρόλου του ιδιοκτήτη, ο οποίος καλύπτει τόσο μεμονωμένους ιδιοκτήτες όσο και επαγγελματίες (π.χ. μεσιτικά

γραφεία) που διαχειρίζονται περισσότερα του ενός ακίνητα για λογαριασμό τρίτων. Το σύστημα δεν εισάγει ξεχωριστή οντότητα «γραφείου» με πολλαπλούς συνεργαζόμενους χρήστες ανά οργανισμό, η σχετική επέκταση παρουσιάζεται στους περιορισμούς και τις μελλοντικές επεκτάσεις (Ενότητα 8.2).

Παράλληλα, το σύστημα παρέχει δυνατότητες αναζήτησης ακινήτων μέσω βασικών φίλτρων, όπως το εύρος τιμής και η τοποθεσία. Κεντρικό χαρακτηριστικό του συστήματος αποτελεί η ενσωμάτωση πολυκριτήριου μηχανισμού συστάσεων, ο οποίος αξιοποιεί τα κριτήρια αξιολόγησης που προσδιορίστηκαν στο Κεφάλαιο 2 και επιτρέπει την παροχή εξατομικευμένων προτάσεων ακινήτων στους χρήστες.

Η εφαρμογή είναι προσβάσιμη μέσω φυλλομετρητή (web browser) και ακολουθεί αρχιτεκτονική διαχωρισμού διεπαφής χρήστη (frontend) και λογικής εφαρμογής (backend), διευκολύνοντας την επεκτασιμότητα, τη συντήρηση και την ενσωμάτωση μελλοντικών λειτουργιών.

3.2 Κατηγορίες χρηστών

Η ανάλυση των κατηγοριών χρηστών αποτελεί βασικό στοιχείο της ανάλυσης απαιτήσεων, καθώς κάθε κατηγορία αλληλεπιδρά με το σύστημα με διαφορετικό τρόπο και διαθέτει διαφορετικά δικαιώματα πρόσβασης. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας προσδιορίζονται οι ακόλουθες βασικές κατηγορίες χρηστών.

Σε επίπεδο μοντελοποίησης (UML), οι εξειδικευμένοι ρόλοι εντάσσονται κάτω από τον γενικό actor Χρήστη Συστήματος: πρόκειται για τη γενική κατηγορία που σχετίζεται με τη διαχείριση ταυτότητας και πρόσβασης (εγγραφή, σύνδεση, αποσύνδεση, διαχείριση προφίλ — UC-01). Ο Υποψήφιος Ενοικιαστής, ο Ιδιοκτήτης ακινήτου και ο Διαχειριστής συστήματος εξειδικεύουν τον Χρήστη Συστήματος και προσθέτουν role-specific δικαιώματα (βλ. Σχήμα 3.1, γενίκευση actors). Η εξειδίκευση στην υλοποίηση αποτυπώνεται με πεδίο role στον πίνακα users (βλ. Κεφ. 5.4).

3.2.1 Ιδιοκτήτης ακινήτου

Ο ιδιοκτήτης ακινήτου είναι χρήστης που διαθέτει ένα ή περισσότερα ακίνητα προς ενοικίαση και επιθυμεί να τα καταχωρίσει στο σύστημα. Μέσω της εφαρμογής, ο ιδιοκτήτης

έχει τη δυνατότητα να εισάγει και να ενημερώνει τα χαρακτηριστικά των ακινήτων του, όπως την τοποθεσία, το κόστος ενοικίασης, το μέγεθος και την κατάστασή τους.

Επιπλέον, ο ιδιοκτήτης μπορεί να παρακολουθεί την κατάσταση των ακινήτων του (διαθέσιμα ή μισθωμένα) και να λαμβάνει βασική πληροφόρηση σχετικά με το ενδιαφέρον των υποψήφιων ενοικιαστών.

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τόσο μεμονωμένοι ιδιοκτήτες όσο και μεσιτικά γραφεία που ενεργούν για λογαριασμό ιδιοκτητών, καθώς και οι δύο περιπτώσεις εξυπηρετούνται από τον ίδιο ρόλο και τις ίδιες λειτουργίες διαχείρισης ακινήτων.

3.2.2 Υποψήφιος Ενοικιαστής

Ο υποψήφιος ενοικιαστής είναι χρήστης που αναζητά ακίνητο προς ενοικίαση μέσω της εφαρμογής. Ο χρήστης αυτός μπορεί να πραγματοποιεί αναζητήσεις ακινήτων με βάση βασικά φίλτρα, καθώς και να αξιοποιεί τον πολυκριτήριο μηχανισμό συστάσεων.

Μέσω του συστήματος, ο υποψήφιος ενοικιαστής έχει τη δυνατότητα να ορίζει τις προτιμήσεις του ως προς τα κριτήρια αξιολόγησης, τα οποία χρησιμοποιούνται από τις πολυκριτήριες μεθόδους για την παραγωγή εξατομικευμένων προτάσεων ακινήτων.

3.2.3 Διαχειριστής συστήματος

Ο διαχειριστής συστήματος είναι υπεύθυνος για τη συνολική εποπτεία και την ομαλή λειτουργία της εφαρμογής. Διαθέτει αυξημένα δικαιώματα πρόσβασης και μπορεί να διαχειρίζεται τους λογαριασμούς χρηστών, να ελέγχει τις καταχωρίσεις ακινήτων και να παρεμβαίνει σε περιπτώσεις κακόβουλης ή λανθασμένης χρήσης του συστήματος.

Ο ρόλος του διαχειριστή διασφαλίζει την αξιοπιστία, την ασφάλεια και τη διαθεσιμότητα του συστήματος.

3.3 Λειτουργικές απαιτήσεις

Οι λειτουργικές απαιτήσεις περιγράφουν τις βασικές λειτουργίες που οφείλει να υποστηρίζει το προτεινόμενο σύστημα, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες αλληλεπιδρούν με αυτό. Οι απαιτήσεις αυτές προκύπτουν από την ανάλυση των αναγκών

των χρηστών και καθορίζουν τη συμπεριφορά του συστήματος υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κύριες λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος, οργανωμένες ανά κατηγορία χρήστη.

Για λόγους σαφήνειας και αναφοράς, οι λειτουργικές απαιτήσεις αριθμούνται με τον κωδικό FR (Functional Requirement), ακολουθούμενο από αύξοντα αριθμό.

3.3.1 Απαιτήσεις διαχείρισης χρηστών

FR-1: Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει την εγγραφή νέων χρηστών.

FR-2: Το σύστημα πρέπει να υποστηρίζει τη σύνδεση (login) και αποσύνδεση (logout) χρηστών.

FR-3: Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει τη διαφοροποίηση ρόλων χρηστών (ιδιοκτήτης, υποψήφιος ενοικιαστής, διαχειριστής).

FR-4: Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει στους χρήστες την ενημέρωση βασικών στοιχείων του προφίλ τους.

3.3.2 Απαιτήσεις διαχείρισης ακινήτων

FR-5: Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει στους ιδιοκτήτες την καταχώριση νέων ακινήτων.

FR-6: Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει την εισαγωγή και τροποποίηση χαρακτηριστικών ακινήτων (π.χ. τοποθεσία, κόστος ενοικίασης, μέγεθος, κατάσταση).

FR-7: Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει την προβολή λίστας διαθέσιμων ακινήτων.

FR-8: Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει την ενημέρωση της κατάστασης ενός ακινήτου (διαθέσιμο, μισθωμένο).

3.3.3 Απαιτήσεις αναζήτησης και φιλτραρίσματος

FR-9: Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει στους χρήστες την αναζήτηση ακινήτων βάσει βασικών φίλτρων (π.χ. τιμή, περιοχή).

FR-10: Το σύστημα πρέπει να υποστηρίζει τον συνδυασμό πολλαπλών φίλτρων αναζήτησης. FR-11: Το σύστημα πρέπει να εμφανίζει τα αποτελέσματα αναζήτησης με δομημένο και κατανοητό τρόπο.

3.3.4 Απαιτήσεις πολυκριτήριου συστήματος συστάσεων

FR-12: Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει στους υποψήφιους ενοικιαστές τον ορισμό προτιμήσεων ως προς τα κριτήρια αξιολόγησης ακινήτων και αποθήκευση του προφίλ προτιμήσεων για μελλοντική χρήση.

FR-13: Το σύστημα πρέπει να συλλέγει τις συγκρίσεις κατά ζεύγη των κριτηρίων για τον υπολογισμό των βαρών μέσω της μεθόδου AHP.

FR-14: Το σύστημα πρέπει να υπολογίζει τα βάρη των κριτηρίων βάσει των εισαγόμενων προτιμήσεων.

FR-15: Το σύστημα πρέπει να εφαρμόζει τη μέθοδο TOPSIS για την κατάταξη των διαθέσιμων ακινήτων.

FR-16: Το σύστημα πρέπει να παρουσιάζει στον χρήστη λίστα προτεινόμενων ακινήτων ταξινομημένων βάσει καταλληλότητας.

3.3.5 Απαιτήσεις διαχείρισης μισθώσεων

FR-17: Το σύστημα επιτρέπει στον ιδιοκτήτη ακινήτου τη δημιουργία και διαχείριση μίσθωσης ακινήτου.

FR-18: Κάθε μίσθωση περιλαμβάνει στοιχεία ενοικιαστή και συμβολαίου μίσθωσης.

FR-19: Το σύστημα υποστηρίζει την ενημέρωση της κατάστασης μίσθωσης και ακινήτου.

3.3.6 Απαιτήσεις διαχείρισης συστήματος

FR-20: Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει στον διαχειριστή την εποπτεία των χρηστών.

FR-21: Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει στον διαχειριστή την επεξεργασία ή διαγραφή ακατάλληλων καταχωρίσεων.

3.3.7 Σύνοψη λειτουργικών απαιτήσεων

Οι ανωτέρω λειτουργικές απαιτήσεις καλύπτουν το σύνολο των βασικών λειτουργιών του προτεινόμενου συστήματος και αποτελούν τη βάση για τη σχεδίαση των use cases και των διαγραμμάτων UML που παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες. Η σαφής καταγραφή τους διασφαλίζει ότι το σύστημα θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες των χρηστών και θα υποστηρίξει αποτελεσματικά την πολυκριτήρια διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Η εσωτερική λειτουργία του πολυκριτηρίου μηχανισμού αναλύεται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 6.

3.4 Μη Λειτουργικές απαιτήσεις

Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις (Non-Functional Requirements – NFR) περιγράφουν τις ποιοτικές ιδιότητες και τους περιορισμούς του συστήματος, οι οποίες καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο υλοποιούνται και λειτουργούν οι λειτουργικές απαιτήσεις. Οι απαιτήσεις αυτές σχετίζονται με χαρακτηριστικά όπως η απόδοση, η ασφάλεια, η ευχρηστία και η αξιοπιστία.

Για λόγους σαφήνειας και αναφοράς, οι μη λειτουργικές απαιτήσεις αριθμούνται με τον κωδικό NFR (Non-Functional Requirement), ακολουθούμενο από αύξοντα αριθμό.

3.4.1 Απαιτήσεις απόδοσης

NFR-1: Το σύστημα πρέπει να ανταποκρίνεται σε αιτήματα αναζήτησης και προβολής ακινήτων εντός αποδεκτού χρονικού ορίου υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

NFR-2: Ο χρόνος υπολογισμού των προτάσεων μέσω του πολυκριτηρίου μηχανισμού συστάσεων πρέπει να είναι επαρκώς μικρός ώστε να μην επηρεάζει αρνητικά την εμπειρία χρήστη.

3.4.2 Απαιτήσεις ασφάλειας

NFR-3: Το σύστημα πρέπει να υποστηρίζει μηχανισμό αυθεντικοποίησης χρηστών με ασφαλή τρόπο.

NFR-4: Τα δεδομένα των χρηστών και των ακινήτων πρέπει να αποθηκεύονται και να διαχειρίζονται με τρόπο που να αποτρέπει μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

NFR-5: Το σύστημα πρέπει να διαχωρίζει τα δικαιώματα πρόσβασης με βάση τον ρόλο του χρήστη.

3.4.3 Απαιτήσεις ευχρηστίας

NFR-6: Η διεπαφή χρήστη πρέπει να είναι φιλική και εύχρηστη, επιτρέποντας την εύκολη πλοήγηση και κατανόηση των παρεχόμενων λειτουργιών.

NFR-7: Το σύστημα πρέπει να παρέχει σαφή μηνύματα ενημέρωσης ή σφαλμάτων κατά την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή.

3.4.4 Απαιτήσεις αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας

NFR-8: Το σύστημα πρέπει να διασφαλίζει τη σταθερή λειτουργία του κατά τη διάρκεια της χρήσης του από τους χρήστες.

NFR-9: Σε περίπτωση σφάλματος, το σύστημα πρέπει να αποτρέπει την απώλεια κρίσιμων δεδομένων.

3.4.5 Απαιτήσεις επεκτασιμότητας και συντήρησης

NFR-10: Η αρχιτεκτονική του συστήματος πρέπει να επιτρέπει την εύκολη επέκταση με νέες λειτουργίες στο μέλλον.

NFR-11: Το σύστημα πρέπει να υποστηρίζει τη συντήρηση και την αναβάθμιση χωρίς να επηρεάζεται η βασική λειτουργικότητα.

3.4.6 Σύνοψη μη λειτουργικών απαιτήσεων

Οι ανωτέρω μη λειτουργικές απαιτήσεις συμπληρώνουν τις λειτουργικές απαιτήσεις που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 3.3 και καθορίζουν το πλαίσιο ποιότητας και αξιοπιστίας του συστήματος. Η σαφής καταγραφή τους συμβάλλει στην ορθή σχεδίαση και υλοποίηση της εφαρμογής, καθώς και στη βελτίωση της εμπειρίας των χρηστών.

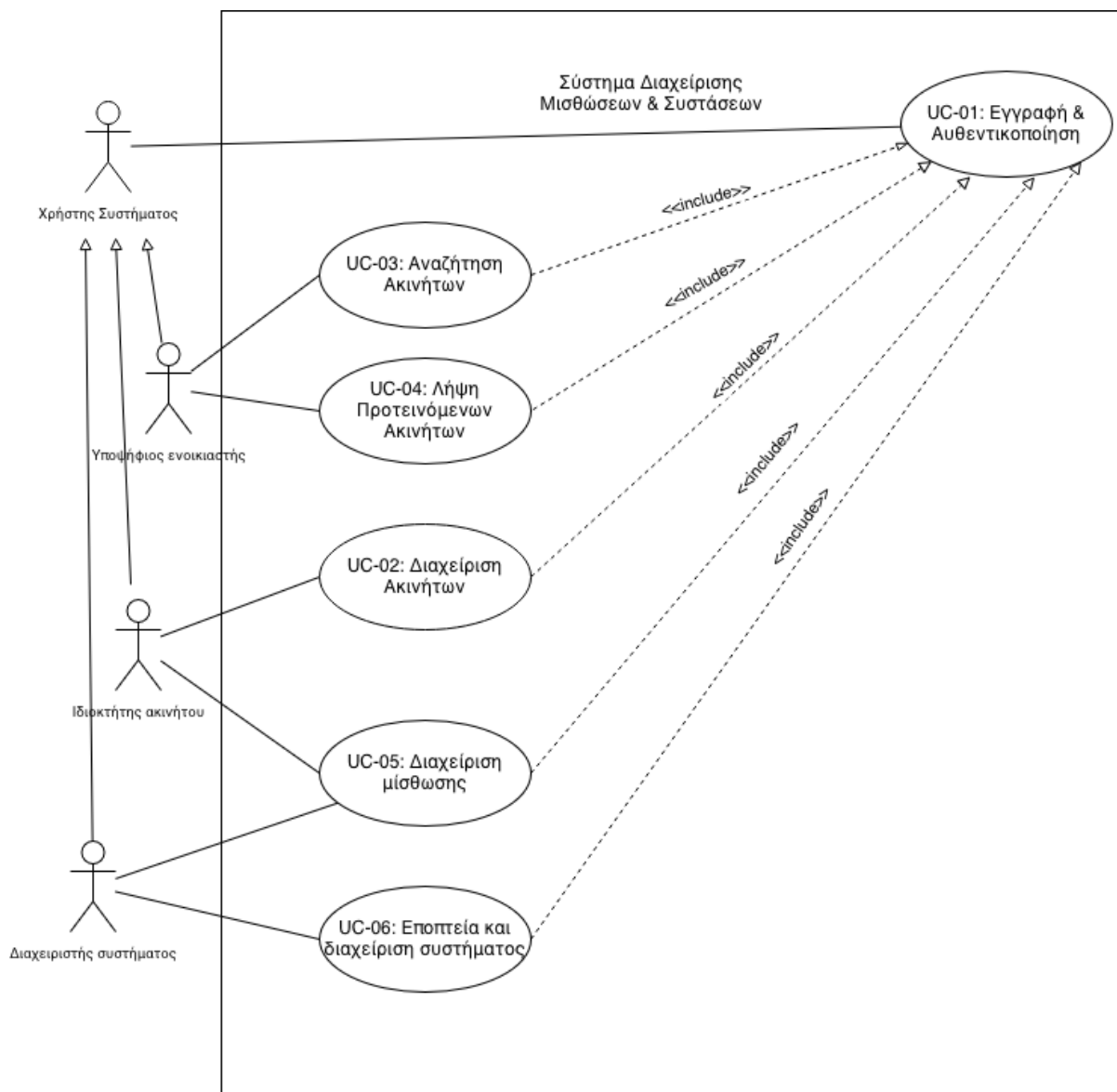
3.5 Διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης

Το διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης (Use Case Diagram) αποτυπώνει σε υψηλό επίπεδο τις βασικές λειτουργίες που παρέχει το σύστημα και τους ρόλους χρηστών (actors) που αλληλεπιδρούν με αυτό. Η χρήση του διαγράμματος συμβάλλει στην οπτική κατανόηση της λειτουργικότητας, καθώς παρουσιάζει συνοπτικά τις διαθέσιμες περιπτώσεις χρήσης και τις σχέσεις τους με τους εμπλεκόμενους χρήστες.

Στην παρούσα εργασία, οι actors οργανώνονται ιεραρχικά: ο γενικός Χρήστης Συστήματος (UC-01) εξειδικεύεται σε Υποψήφιο Ενοικιαστή, Ιδιοκτήτη ακινήτου και Διαχειριστή συστήματος (βλ. ενότητα 3.2). Οι βασικές περιπτώσεις χρήσης απεικονίζονται στο Σχήμα 3.1 και αναλύονται στην ενότητα 3.6, συνοψίζονται ως εξής:

- UC-01: Εγγραφή και αυθεντικοποίηση χρήστη (συνδέεται με τον actor Χρήστης Συστήματος, κληρονομείται από τους εξειδικευμένους ρόλους).
- UC-02: Διαχείριση ακινήτων (λειτουργία που αφορά κυρίως τον ιδιοκτήτη, με δυνατότητα εποπτείας/παρέμβασης από τον διαχειριστή).
- UC-03: Αναζήτηση ακινήτων (λειτουργία που αφορά τον υποψήφιο ενοικιαστή).
- UC-04: Λήψη προτεινόμενων ακινήτων (λειτουργία που αφορά τον υποψήφιο ενοικιαστή και αξιοποιεί τον πολυκριτήριο μηχανισμό συστάσεων).
- UC-05: Διαχείριση μίσθωσης (λειτουργία που αφορά τη δημιουργία και διαχείριση μισθώσεων, με συσχέτιση ενοικιαστή και συμβολαίου για συγκεκριμένο ακίνητο).
- UC-06: Εποπτεία και διαχείριση συστήματος (λειτουργία που αφορά τον διαχειριστή και περιλαμβάνει εποπτεία χρηστών, διαχείριση καταχωρίσεων και καταγραφή ενεργειών διαχείρισης).

Το διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης που ακολουθεί παρουσιάζει συνοπτικά τους actors και τις παραπάνω περιπτώσεις χρήσης, καθώς και τις βασικές σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ τους.



Σχήμα 3.1 Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης του συστήματος

Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται το διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης του συστήματος. Ο γενικός actor Χρήστης Συστήματος συνδέεται με την UC-01, ενώ οι εξειδικευμένοι ρόλοι (Υποψήφιος Ενοικιαστής, Ιδιοκτήτης, Διαχειριστής) συνδέονται με τις UC-02 έως UC-06. Η σχέση γενίκευσης (generalization) δηλώνει ότι οι εξειδικευμένοι ρόλοι κληρονομούν τις δυνατότητες της UC-01. Για τις προστατευμένες λειτουργίες (UC-02–UC-06), η UC-01 περιλαμβάνεται (<<include>>), ώστε να προϋποθέτεται ενεργή συνεδρία πριν από την εκτέλεσή τους. Οι συσχετίσεις actors–use cases απεικονίζονται με απλές γραμμές, ενώ οι εξαρτήσεις αυθεντικοποίησης με σχέσεις <<include>>.

Πιο συγκεκριμένα, ο υποψήφιος ενοικιαστής δύναται να πραγματοποιεί αναζήτηση ακινήτων και να λαμβάνει προτεινόμενα ακίνητα, ο ιδιοκτήτης ακινήτου να διαχειρίζεται

τα ακίνητά του και τις αντίστοιχες μισθώσεις, ενώ ο διαχειριστής συστήματος διαθέτει λειτουργίες εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος. Το διάγραμμα παρέχει μία συνοπτική και υψηλού επιπέδου απεικόνιση της λειτουργικότητας του συστήματος και λειτουργεί συμπληρωματικά προς την αναλυτική περιγραφή των περιπτώσεων χρήσης που αναλύεται στην ενότητα 3.6.

3.6 Περιπτώσεις χρήσης (Use Cases)

Οι περιπτώσεις χρήσης (use cases) περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες αλληλεπιδρούν με το σύστημα για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Αποτελούν μία δομημένη μέθοδο καταγραφής των απαιτήσεων, καθώς αποτυπώνουν τη λειτουργικότητα του συστήματος από τη σκοπιά του χρήστη, αναδεικνύοντας τόσο την κύρια ροή εκτέλεσης όσο και εναλλακτικά σενάρια.

Στο πλαίσιο της παρούσας εφαρμογής, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται και στη διαχείριση μισθώσεων, η οποία περιλαμβάνει τη συσχέτιση ακινήτων με ενοικιαστές μέσω συμβολαίων μίσθωσης.

Στην ενότητα 3.5 παρουσιάστηκε συνοπτικά το διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης (Σχήμα 3.1) και η λίστα UC-01 έως UC-06. Στις επόμενες υποενότητες αναλύονται αναλυτικά οι ίδιες περιπτώσεις χρήσης. Ορισμένες ροές αποτυπώνονται περαιτέρω με διαγράμματα δραστηριοτήτων στην ενότητα 3.8.

Εμπλεκόμενοι ρόλοι (Actors)

Οι κύριοι ρόλοι που αλληλεπιδρούν με το σύστημα στις περιπτώσεις χρήσης είναι:

- Χρήστης Συστήματος
- Υποψήφιος ενοικιαστής
- Ιδιοκτήτης ακινήτου
- Διαχειριστής συστήματος

3.6.1 Εγγραφή και αυθεντικοποίηση χρήστη

Κωδικός: UC-01

Τίτλος: Εγγραφή και αυθεντικοποίηση χρήστη

Πρωτεύων actor: Χρήστης Συστήματος

Σκοπός: Δημιουργία λογαριασμού και είσοδος του χρήστη στο σύστημα.

Προϋποθέσεις:

- Ο χρήστης διαθέτει πρόσβαση στην εφαρμογή μέσω web browser.
- Για τη σύνδεση, ο χρήστης διαθέτει ήδη λογαριασμό.

Βασική ροή:

1. Ο χρήστης επιλέγει «Εγγραφή».
2. Το σύστημα εμφανίζει φόρμα εγγραφής.
3. Ο χρήστης εισάγει τα απαραίτητα στοιχεία (π.χ. όνομα, email/username, κωδικός, ρόλος).
4. Το σύστημα ελέγχει την εγκυρότητα των στοιχείων.
5. Το σύστημα δημιουργεί νέο λογαριασμό και ενημερώνει τον χρήστη για την επιτυχή εγγραφή.
6. Ο χρήστης επιλέγει «Σύνδεση».
7. Ο χρήστης εισάγει τα στοιχεία σύνδεσης.
8. Το σύστημα πραγματοποιεί αυθεντικοποίηση και δημιουργεί συνεδρία χρήστη.
9. Το σύστημα ανακατευθύνει τον χρήστη στην αρχική σελίδα του αντίστοιχου ρόλου.

Εναλλακτικές/Εξαιρέσεις:

- A1: Μη έγκυρα ή ελλιπή στοιχεία εγγραφής → το σύστημα εμφανίζει μήνυμα σφάλματος και ζητά διόρθωση.
- A2: Το email/username χρησιμοποιείται ήδη → το σύστημα ενημερώνει τον χρήστη και ζητά άλλο.
- A3: Λανθασμένα στοιχεία σύνδεσης → το σύστημα εμφανίζει μήνυμα αποτυχίας σύνδεσης.

- A4: Ο χρήστης επιλέγει αποσύνδεση → το σύστημα τερματίζει τη συνεδρία και επιστρέφει στη δημόσια αρχική σελίδα.

Μετα-συνθήκες:

- Επιτυχής: Ο χρήστης είναι συνδεδεμένος και έχει πρόσβαση στις λειτουργίες του ρόλου του.
- Αποτυχία: Δεν δημιουργείται συνεδρία και δεν παρέχεται πρόσβαση.

Σημειώσεις – Περιορισμοί Πρωτοτύπου:

- Στην παρούσα υλοποίηση του πρωτοτύπου δεν περιλαμβάνονται ροές επαναφοράς κωδικού πρόσβασης (password reset) και επιβεβαίωσης διεύθυνσης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email verification). Οι λειτουργίες αυτές θεωρούνται εκτός πεδίου της παρούσας εργασίας και μπορούν να ενσωματωθούν ως μελλοντική επέκταση του συστήματος.
- Η UC-01 περιλαμβάνει δύο συμπληρωματικές ροές: (α) δημιουργία λογαριασμού (εγγραφή — διαθέσιμη για Υποψήφιο Ενοικιαστή και Ιδιοκτήτη) και (β) αυθεντικοποίηση και διαχείριση συνεδρίας (σύνδεση, αποσύνδεση, refresh — για όλους τους εξειδικευμένους ρόλους). Ο Διαχειριστής δεν εγγράφεται μέσω δημόσιας φόρμας, δημιουργείται κατά την αρχικοποίηση του συστήματος (seed) και χρησιμοποιεί τη ροή (β).

3.6.2 Διαχείριση ακινήτων

Κωδικός: UC-02

Τίτλος: Διαχείριση ακινήτων

Πρωτεύων actor: Ιδιοκτήτης ακινήτου

Δευτερεύων actor: Διαχειριστής συστήματος

Σκοπός: Καταχώριση, ενημέρωση και διαχείριση στοιχείων ακινήτων.

Προϋποθέσεις:

- Ο χρήστης είναι συνδεδεμένος ως ιδιοκτήτης ή διαχειριστής.

Βασική ροή:

1. Ο ιδιοκτήτης επιλέγει «Τα ακίνητά μου».
2. Το σύστημα εμφανίζει λίστα ακινήτων του ιδιοκτήτη.
3. Ο ιδιοκτήτης επιλέγει «Νέο ακίνητο».
4. Το σύστημα εμφανίζει φόρμα καταχώρισης.
5. Ο ιδιοκτήτης εισάγει τα στοιχεία του ακινήτου (π.χ. τιμή, επιλέγει περιοχή από προκαθορισμένη λίστα, τετραγωνικά, κατάσταση, χαρακτηριστικά).
6. Το σύστημα αντιστοιχίζει αυτόματα τη βαθμολογία περιοχής (area score) με βάση την επιλεγμένη περιοχή.
7. Το σύστημα ελέγχει τα δεδομένα και αποθηκεύει το ακίνητο.
8. Ο ιδιοκτήτης επιλέγει ακίνητο για επεξεργασία.
9. Το σύστημα εμφανίζει τα στοιχεία και ο ιδιοκτήτης τα ενημερώνει.
10. Το σύστημα αποθηκεύει τις αλλαγές και ενημερώνει την κατάσταση (π.χ. διαθέσιμο/μισθωμένο).

Εναλλακτικές/Εξαιρέσεις:

- A1: Ελλιπή/λανθασμένα στοιχεία → μήνυμα σφάλματος και επιστροφή στη φόρμα.
- A2: Διαγραφή ακινήτου → το σύστημα ζητά επιβεβαίωση.
 - A2.1: Δεν υπάρχει ενεργή μίσθωση για το ακίνητο → το σύστημα αφαιρεί την καταχώριση και ενημερώνει τη λίστα.
 - A2.2: Υπάρχει ενεργή μίσθωση για το ακίνητο → το σύστημα απορρίπτει τη διαγραφή, εμφανίζει σχετικό μήνυμα και διατηρεί την καταχώριση (απαιτείται πρώτα τερματισμός της μίσθωσης, βλ. UC-05).
- A3: Ενέργεια από διαχειριστή → ο διαχειριστής μπορεί να τροποποιήσει/αποσύρει καταχώριση.

Μετα-συνθήκες:

- Επιτυχής: Το ακίνητο αποθηκεύεται/ενημερώνεται και εμφανίζεται στη λίστα.
- Αποτυχία: Οι αλλαγές δεν εφαρμόζονται.

Σημειώσεις – Περιορισμοί Πρωτοτύπου:

- Η κατάσταση διαθεσιμότητας του ακινήτου συγχρονίζεται δυναμικά με βάση την ύπαρξη ενεργών μισθώσεων, σύμφωνα με τη λογική που περιγράφεται στην UC-05.
- Η περιοχή του ακινήτου επιλέγεται από προκαθορισμένη λίστα περιοχών του συστήματος, στην οποία αντιστοιχεί σταθερή βαθμολογία ποιότητας (area score).

3.6.3 Αναζήτηση ακινήτων

Κωδικός: UC-03

Τίτλος: Αναζήτηση ακινήτων

Πρωτεύων actor: Υποψήφιος ενοικιαστής

Σκοπός: Εύρεση ακινήτων με βάση φίλτρα αναζήτησης.

Προϋποθέσεις:

- Ο χρήστης έχει πρόσβαση στη λειτουργία αναζήτησης (συνδεδεμένος ή/και δημόσιος χρήστης, ανάλογα με την πολιτική του συστήματος).

Βασική ροή:

1. Ο χρήστης μεταβαίνει στην ενότητα «Αναζήτηση».
2. Το σύστημα εμφανίζει διαθέσιμα φίλτρα (π.χ. περιοχή, εύρος τιμής, τετραγωνικά).
3. Ο χρήστης ορίζει φίλτρα και υποβάλλει την αναζήτηση.
4. Το σύστημα επιστρέφει αποτελέσματα που ικανοποιούν τα φίλτρα.
5. Ο χρήστης επιλέγει ένα ακίνητο για προβολή λεπτομερειών.
6. Το σύστημα εμφανίζει την αναλυτική καρτέλα ακινήτου.

Εναλλακτικές/Εξαιρέσεις:

- A1: Μηδενικά αποτελέσματα → μήνυμα ενημέρωσης και πρόταση αλλαγής φίλτρων.
- A2: Μη έγκυρα φίλτρα (π.χ. λάθος εύρος) → μήνυμα σφάλματος και διόρθωση.

Μετα-συνθήκες:

- Επιτυχής: Εμφανίζονται αποτελέσματα αναζήτησης/λεπτομέρειες ακινήτου.

- Αποτυχία: Δεν επιστρέφονται αποτελέσματα.

Σημειώσεις – Περιορισμοί Πρωτοτύπου:

- Η αναζήτηση ακινήτων από δημόσιους χρήστες περιορίζεται αποκλειστικά σε ακίνητα που βρίσκονται σε κατάσταση «διαθέσιμο».
- Η προβολή αναλυτικών στοιχείων ακινήτου επιτρέπεται μόνο για διαθέσιμα ακίνητα. Σε αντίθετη περίπτωση, το σύστημα δεν επιστρέφει πληροφορίες, αποτρέποντας τη μη εξουσιοδοτημένη αποκάλυψη δεδομένων.

3.6.4 Λήψη προτεινόμενων ακινήτων

Κωδικός: UC-04

Τίτλος: Λήψη προτεινόμενων ακινήτων

Πρωτεύων actor: Υποψήφιος ενοικιαστής

Σκοπός: Παραγωγή και προβολή προτεινόμενων ακινήτων βάσει πολυκριτήριας αξιολόγησης.

Προϋποθέσεις:

- Ο χρήστης είναι συνδεδεμένος ως υποψήφιος ενοικιαστής.
- Υπάρχουν διαθέσιμα ακίνητα στο σύστημα.

Βασική ροή:

1. Ο χρήστης μεταβαίνει στην ενότητα «Προτάσεις».
2. Το σύστημα εμφανίζει τα κριτήρια αξιολόγησης και τη διεπαφή ορισμού προτιμήσεων.
3. Ο χρήστης εισάγει προτιμήσεις/συγκρίσεις κατά ζεύγη για τα κριτήρια.
4. Το σύστημα αποθηκεύει το προφίλ προτιμήσεων του χρήστη για μελλοντική χρήση.
5. Το σύστημα υπολογίζει τα βάρη των κριτηρίων (AHP).
6. Το σύστημα εφαρμόζει κατάταξη των διαθέσιμων ακινήτων (TOPSIS).
7. Το σύστημα εμφανίζει λίστα προτεινόμενων ακινήτων ταξινομημένων κατά καταλληλότητα. Ο χρήστης επιλέγει ακίνητο για προβολή λεπτομερειών.

Εναλλακτικές/Εξαιρέσεις:

- A1: Ασυνέπεια συγκρίσεων (υψηλό Consistency Ratio) → το σύστημα ζητά επαναξιολόγηση συγκρίσεων.
- A2: Μη διαθέσιμα ακίνητα → μήνυμα ενημέρωσης.
- A3: Ο χρήστης παραλείπει προτιμήσεις → το σύστημα μπορεί να εφαρμόσει προεπιλεγμένα βάρη (εφόσον προβλέπεται).

Μετα-συνθήκες:

- Επιτυχής: Παράγονται και εμφανίζονται προτεινόμενα ακίνητα.
- Αποτυχία: Δεν παράγεται κατάταξη.

Σημειώσεις – Περιορισμοί Πρωτοτύπου:

- Στην παρούσα υλοποίηση δεν ενεργοποιήθηκε η επιλογή χρήσης προεπιλεγμένων βαρών κριτηρίων σε περίπτωση που ο χρήστης δεν έχει ορίσει προτιμήσεις μέσω pairwise συγκρίσεων. Η απόφαση αυτή ελήφθη προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι προτεινόμενες κατατάξεις ακινήτων βασίζονται αποκλειστικά σε ρητά και συνειδητά δηλωμένες προτιμήσεις του χρήστη, όπως αυτές προκύπτουν από τη μέθοδο AHP. Σε περίπτωση απουσίας ή ασυνέπειας των συγκρίσεων, το σύστημα ζητά από τον χρήστη την αναθεώρησή τους πριν την παραγωγή προτάσεων.

3.6.5 Διαχείριση μίσθωσης

Κωδικός: UC-05

Τίτλος: Διαχείριση μίσθωσης

Πρωτεύων actor: Ιδιοκτήτης ακινήτου

Δευτερεύων actor: Διαχειριστής συστήματος (μόνο σε περιπτώσεις ελέγχου ή υποστήριξης)

Σκοπός: Δημιουργία, ενημέρωση και παρακολούθηση μίσθωσης ακινήτου, η οποία περιλαμβάνει τη διαχείριση ενοικιαστή (Tenant) και συμβολαίου μίσθωσης (Contract).

Προϋποθέσεις:

1. Ο χρήστης είναι συνδεδεμένος στο σύστημα ως ιδιοκτήτης ακινήτου.
2. Υπάρχει καταχωρισμένο ακίνητο στο σύστημα.

3. Βασική ροή:
4. Ο ιδιοκτήτης επιλέγει τη λειτουργία «Μισθώσεις».
5. Το σύστημα εμφανίζει φόρμα δημιουργίας μίσθωσης.
6. Ο ιδιοκτήτης καταχωρίζει ή επιλέγει τα στοιχεία του ενοικιαστή.
7. Ο ιδιοκτήτης συμπληρώνει τα στοιχεία του συμβολαίου μίσθωσης (π.χ. ημερομηνία έναρξης, ημερομηνία λήξης, μίσθωμα).
8. Το σύστημα ελέγχει την εγκυρότητα και πληρότητα των στοιχείων.
9. Το σύστημα αποθηκεύει τη μίσθωση, συσχετίζοντας το ακίνητο, τον ενοικιαστή και το συμβόλαιο.
10. Το σύστημα ενημερώνει την κατάσταση του ακινήτου.
11. Ο ιδιοκτήτης μπορεί να προβάλλει ή να ενημερώσει τη μίσθωση από τη λίστα μισθώσεων.

Εναλλακτικές/Εξαιρέσεις:

- A1: Το ακίνητο διαθέτει ήδη ενεργή μίσθωση → το σύστημα δεν επιτρέπει τη δημιουργία νέας μίσθωσης.
- A2: Ελλιπή ή μη έγκυρα στοιχεία ενοικιαστή ή συμβολαίου → το σύστημα εμφανίζει μήνυμα σφάλματος και ζητά διόρθωση.
- A3: Λήξη ή ακύρωση μίσθωσης → το σύστημα ενημερώνει την κατάσταση της μίσθωσης και του ακινήτου.
 - ο Διευκρίνιση υλοποίησης:
Η λήξη μίσθωσης εφαρμόζεται δυναμικά από το σύστημα, με βάση τις ημερομηνίες ισχύος του συμβολαίου. Συγκεκριμένα, κατά την πρόσβαση σε λειτουργίες προβολής ή διαχείρισης μισθώσεων, το σύστημα ελέγχει εάν υφίστανται ενεργές μισθώσεις των οποίων η ημερομηνία λήξης έχει παρέλθει και, σε αυτή την περίπτωση, ενημερώνει αυτόματα την κατάστασή τους σε «Ληγμένη» (EXPIRED), καθώς και την κατάσταση του αντίστοιχου ακινήτου σε «Διαθέσιμο». Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα χειροκίνητου τερματισμού μιας ενεργής μίσθωσης από τον ιδιοκτήτη ή τον διαχειριστή, οπότε η μίσθωση χαρακτηρίζεται ως «Τερματισμένη» (TERMINATED). Και στις δύο περιπτώσεις, το σύστημα διασφαλίζει τον συνεπή συγχρονισμό της κατάστασης της μίσθωσης και του ακινήτου, χωρίς την ανάγκη περιοδικής εκτέλεσης εξωτερικών διεργασιών.
- A4: Παρέμβαση διαχειριστή συστήματος → το σύστημα επιτρέπει διόρθωση στοιχείων σε ειδικές περιπτώσεις.

Μετα-συνθήκες:

- Επιτυχής: Η μίσθωση έχει αποθηκευτεί επιτυχώς και τα στοιχεία ενοικιαστή και συμβολαίου είναι διαθέσιμα στο σύστημα.
- Αποτυχία: Δεν πραγματοποιείται καμία αλλαγή στα δεδομένα του συστήματος.

Σημειώσεις – Περιορισμοί Πρωτοτύπου:

- Στην παρούσα υλοποίηση, η καταχώριση των στοιχείων του ενοικιαστή (Tenant) πραγματοποιείται μέσω ξεχωριστής λειτουργικότητας διαχείρισης ενοικιαστών. Κατά τη δημιουργία μίσθωσης (UC-05), ο ιδιοκτήτης επιλέγει τον ενοικιαστή από τη λίστα των ήδη καταχωρισμένων tenants που του ανήκουν. Η επιλογή αυτή δεν διαφοροποιεί τη λογική της περίπτωσης χρήσης, αλλά αποτελεί σχεδιαστική απόφαση διεπαφής χρήστη για λόγους σαφήνειας και επαναχρησιμοποίησης δεδομένων.
- Κάθε ακίνητο μπορεί να διαθέτει το πολύ μία ενεργή μίσθωση για δεδομένη χρονική περίοδο. Η κατάσταση ενός ακινήτου θεωρείται «Μισθωμένο» όταν υφίσταται ενεργή μίσθωση σε ισχύ και «Διαθέσιμο» όταν δεν υπάρχει τέτοια μίσθωση. Η αντιστοίχιση αυτή επιβάλλεται τόσο σε επίπεδο επιχειρησιακής λογικής όσο και σε επίπεδο αποθήκευσης δεδομένων.
- Οι tenants είναι owner-scored: ο ιδιοκτήτης μπορεί να επιλέξει tenant μόνο από τη δική του λίστα (ή ο admin από το σύνολο).

3.6.6 Εποπτεία χρηστών και καταχωρήσεων συστήματος (Admin)

Κωδικός: UC-06

Τίτλος: Εποπτεία και διαχείριση συστήματος (Admin)

Πρωτεύων actor: Διαχειριστής συστήματος

Δευτερεύοντες actors: Ιδιοκτήτης ακινήτου, Υποψήφιος ενοικιαστής (μόνο σε περιπτώσεις επίλυσης προβλημάτων ή συμμόρφωσης)

Σκοπός: Η εποπτεία χρηστών, περιεχομένου και βασικών δεδομένων αναφοράς του συστήματος, καθώς και η πραγματοποίηση επιλεγμένων ενεργειών διαχείρισης σε καταχωρίσεις, με στόχο την εύρυθμη, ασφαλή και ορθή λειτουργία του συστήματος.

Προϋποθέσεις:

- Ο χρήστης είναι συνδεδεμένος στο σύστημα με ρόλο διαχειριστή.
- Υπάρχουν καταχωρημένοι χρήστες και δεδομένα (ακίνητα και μισθώσεις) στο σύστημα.

Βασική ροή:

1. Ο διαχειριστής επιλέγει τη λειτουργία «Διαχείριση συστήματος».
2. Το σύστημα εμφανίζει πίνακα εποπτείας με επιλογές:
 - ο Εποπτεία χρηστών,
 - ο Διαχείριση καταχωρίσεων.
3. Ο διαχειριστής επιλέγει «Εποπτεία χρηστών».
4. Το σύστημα εμφανίζει λίστα χρηστών με βασικά στοιχεία (π.χ. αναγνωριστικό χρήστη, ρόλος).
5. Ο διαχειριστής μπορεί να προβάλλει αναλυτικά στοιχεία χρήστη για σκοπούς εποπτείας.
6. Ο διαχειριστής επιστρέφει στον πίνακα εποπτείας.
7. Ο διαχειριστής επιλέγει «Διαχείριση καταχωρίσεων».
8. Το σύστημα εμφανίζει λίστα καταχωρίσεων του συστήματος (π.χ. ακίνητα, μισθώσεις, οντότητες αναφοράς).
9. Ο διαχειριστής μπορεί να επιλέξει οντότητες αναφοράς του συστήματος (π.χ. περιοχές – Area) και να δημιουργήσει, ενημερώσει ή απενεργοποιήσει εγγραφές που χρησιμοποιούνται από άλλες λειτουργίες της εφαρμογής, όπως το πολυκριτήριο σύστημα συστάσεων.
10. Ο διαχειριστής επιλέγει καταχώριση ή οντότητα αναφοράς και εκτελεί επιτρεπόμενη ενέργεια διαχείρισης (π.χ. επεξεργασία στοιχείων, απόσυρση ή διαγραφή καταχώρισης).
11. Το σύστημα εφαρμόζει την αλλαγή και ενημερώνει τη λίστα καταχωρίσεων.

Εναλλακτικές/Εξαιρέσεις:

- A1: Ο χρήστης δεν διαθέτει επαρκή δικαιώματα πρόσβασης → το σύστημα απορρίπτει την πρόσβαση και εμφανίζει σχετικό μήνυμα.

- A2: Ο χρήστης ή η καταχώριση δεν εντοπίζεται (π.χ. έχει διαγραφεί ή τροποποιηθεί) → το σύστημα εμφανίζει μήνυμα και επιστρέφει στη λίστα.
- A3: Απόπειρα διαγραφής κρίσιμων δεδομένων (π.χ. καταχώριση με ενεργή μίσθωση) → το σύστημα δεν επιτρέπει τη διαγραφή και διατηρεί την καταχώριση, διασφαλίζοντας τη συνέπεια και ακεραιότητα των δεδομένων.

Μετα-συνθήκες:

- Επιτυχής: Η επιλεγμένη ενέργεια διαχείρισης ολοκληρώνεται επιτυχώς.
- Επιτυχής: Τα δεδομένα του συστήματος ενημερώνονται σύμφωνα με την παρέμβαση του διαχειριστή.
- Αποτυχία: Δεν πραγματοποιείται καμία αλλαγή στα δεδομένα του συστήματος.

Η ανάλυση των περιπτώσεων χρήσης ανέδειξε τις βασικές λειτουργίες του συστήματος και τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών με αυτό, οι οποίες στη συνέχεια αξιοποιούνται για την αναγνώριση των βασικών εννοιών και οντοτήτων του συστήματος. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται το εννοιολογικό μοντέλο (Domain Model), το οποίο αποτυπώνει τις κύριες οντότητες του συστήματος και τις μεταξύ τους σχέσεις, αποτελώντας τη βάση για τον περαιτέρω σχεδιασμό του συστήματος.

3.7 Πίνακας Ιχνηλασιμότητας (FR - UC)

Λειτουργική απαίτηση	Κάλυψη απο περίπτωση χρήσης
FR-1 Εγγραφή νέων χρηστών	UC-01
FR-2 Login/Logout	UC-01
FR-3 Ρόλοι χρηστών (ιδιοκτήτης/ενοικιαστής/admin)	UC-01 (και εφαρμόζεται οριζόντια σε όλα τα UC)
FR-4 Ενημέρωση προφίλ	UC-01
FR-5 Καταχώριση νέων ακινήτων	UC-02
FR-6 Τροποποίηση χαρακτηριστικών ακινήτου	UC-02

FR-7 Προβολή λίστας διαθέσιμων ακινήτων	UC-02 (και ως δεδομένα προβολής σε UC-03/UC-04)
FR-8 Ενημέρωση κατάστασης ακινήτου (διαθέσιμο/μισθωμένο)	UC-02, UC-05
FR-9 Αναζήτηση βάσει φίλτρων	UC-03
FR-10 Συνδυασμός πολλαπλών φίλτρων	UC-03
FR-11 Δομημένη παρουσίαση αποτελεσμάτων	UC-03
FR-12 Ορισμός προτιμήσεων κριτηρίων	UC-04
FR-13 Συλλογή pairwise comparisons (AHP)	UC-04
FR-14 Υπολογισμός βαρών κριτηρίων	UC-04
FR-15 Κατάταξη με TOPSIS	UC-04
FR-16 Παρουσίαση λίστας προτεινόμενων ακινήτων	UC-04
FR-17 Δημιουργία/διαχείριση μίσθωσης	UC-05
FR-18 Μίσθωση με στοιχεία Tenant & Contract	UC-05
FR-19 Ενημέρωση κατάστασης μίσθωσης & ακινήτου	UC-05, UC-02
FR-20 Εποπτεία χρηστών (admin)	UC-06
FR-21 Επεξεργασία/διαγραφή ακατάλληλων καταχωρίσεων	UC-06

Πίνακας 3.1 Πίνακας ιχνηλασιμότητας λειτουργικών απαιτήσεων και περιπτώσεων χρήσης

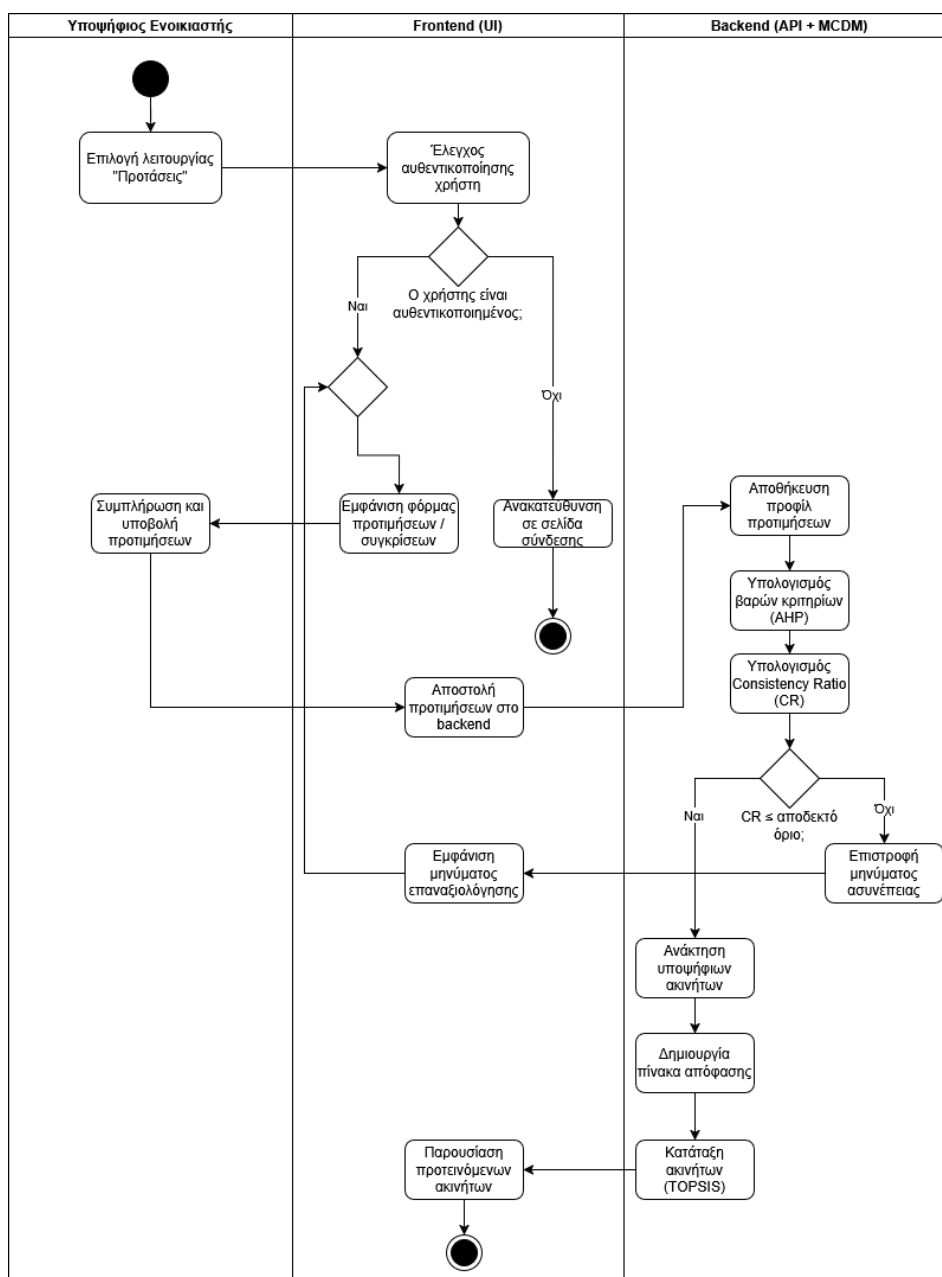
Ο Πίνακας 3.1 αποτυπώνει τη συσχέτιση μεταξύ λειτουργικών απαιτήσεων και περιπτώσεων χρήσης του συστήματος. Η αντιστοίχιση αυτή επιτρέπει τον έλεγχο πληρότητας και συνέπειας της ανάλυσης απαιτήσεων

3.8 Διαγράμματα δραστηριοτήτων (Activity diagrams)

Τα διαγράμματα δραστηριοτήτων (Activity Diagrams) χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση της ροής ενεργειών που εκτελούνται στο πλαίσιο μιας περίπτωσης χρήσης. Σε αντίθεση με τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης, τα οποία παρουσιάζουν τη λειτουργικότητα του συστήματος σε υψηλό επίπεδο, τα διαγράμματα δραστηριοτήτων εστιάζουν στη σειρά εκτέλεσης των ενεργειών, στις αποφάσεις και στις εναλλακτικές ροές.

Στην παρούσα εργασία, τα διαγράμματα δραστηριοτήτων αξιοποιούνται για την αναλυτική αποτύπωση των βασικών και πιο σύνθετων λειτουργιών του συστήματος, όπως αυτές περιγράφηκαν στις ενότητες 3.6.3 και 3.6.4. Η χρήση τους συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση της εσωτερικής λογικής του συστήματος και λειτουργεί συμπληρωματικά προς τις περιγραφές των περιπτώσεων χρήσης.

3.8.1 Διάγραμμα δραστηριοτήτων για τη λήψη προτεινόμενων ακινήτων



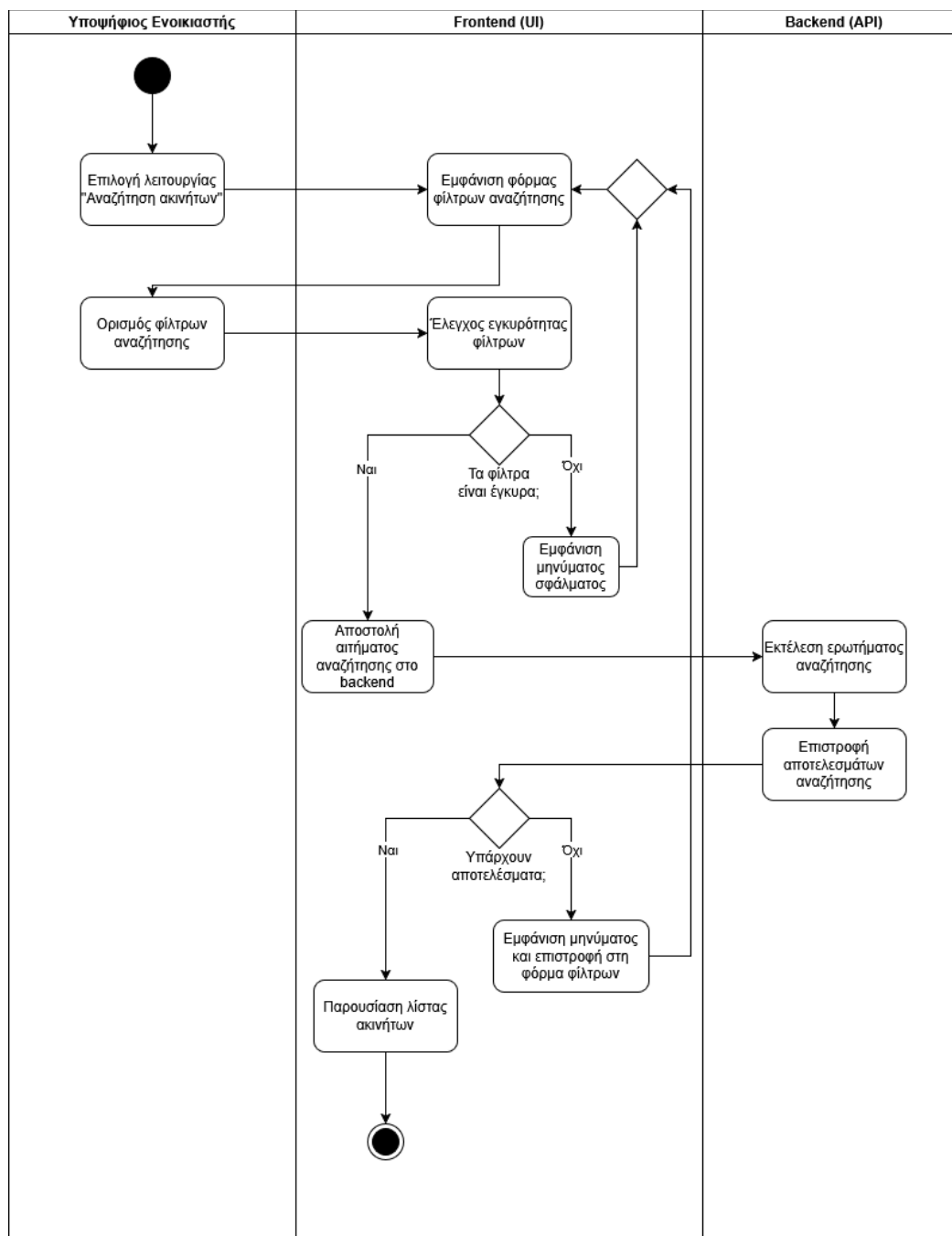
Σχήμα 3.2 Διάγραμμα δραστηριοτήτων για τη λήψη προτεινόμενων ακινήτων

Το διάγραμμα δραστηριοτήτων του Σχήματος 3.2 αφορά την περίπτωση χρήσης UC-04: Λήψη προτεινόμενων ακινήτων, η οποία αποτελεί τη βασική και πιο σύνθετη λειτουργία του συστήματος. Το διάγραμμα αποτυπώνει τη ροή ενεργειών από τη στιγμή που ο υποψήφιος ενοικιαστής επιλέγει τη λειτουργία προτάσεων έως την τελική παρουσίαση των προτεινόμενων ακινήτων.

Αρχικά, πραγματοποιείται έλεγχος αυθεντικοποίησης του χρήστη, καθώς η συγκεκριμένη λειτουργία είναι διαθέσιμη μόνο σε συνδεδεμένους χρήστες. Στη συνέχεια, ο χρήστης καλείται να δηλώσει τις προτιμήσεις του μέσω συγκρίσεων κατά ζεύγη, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων με τη μέθοδο AHP. Ακολουθεί έλεγχος συνέπειας των συγκρίσεων (Consistency Ratio), όπου σε περίπτωση ασυνέπειας η ροή επιστρέφει στο στάδιο επαναξιολόγησης των προτιμήσεων.

Εφόσον οι συγκρίσεις κριθούν αποδεκτές, το σύστημα προχωρά στην ανάκτηση των διαθέσιμων ακινήτων, στη δημιουργία του πίνακα απόφασης και στην εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS για την κατάταξή τους. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των προτεινόμενων ακινήτων στον χρήστη, σύμφωνα με τον υπολογισμένο βαθμό καταλληλότητας.

3.8.2 Διάγραμμα δραστηριοτήτων για την αναζήτηση ακινήτων



Σχήμα 3.3 Διάγραμμα δραστηριοτήτων για την αναζήτηση ακινήτων

Το διάγραμμα δραστηριοτήτων του Σχήματος 3.3 αφορά την περίπτωση χρήσης UC-03: Αναζήτηση ακινήτων και αποτυπώνει τη ροή ενεργειών που ακολουθεί ο χρήστης κατά την αναζήτηση διαθέσιμων ακινήτων μέσω φίλτρων. Η συγκεκριμένη λειτουργία αποτελεί βασικό μηχανισμό πλοήγησης και εξερεύνησης του συστήματος.

Η διαδικασία ξεκινά με την επιλογή της λειτουργίας αναζήτησης και τη συμπλήρωση των επιθυμητών φίλτρων από τον χρήστη, όπως η περιοχή, το εύρος τιμής και τα βασικά χαρακτηριστικά του ακινήτου. Στη συνέχεια, το σύστημα ελέγχει την εγκυρότητα των φίλτρων και, εφόσον αυτά είναι αποδεκτά, προχωρά στην εκτέλεση του ερωτήματος αναζήτησης και στην ανάκτηση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων.

Παράλληλα, αποτυπώνονται εναλλακτικές ροές, όπως η περίπτωση μη εύρεσης διαθέσιμων ακινήτων με βάση τα επιλεγμένα κριτήρια, όπου το σύστημα ενημερώνει τον χρήστη και προτείνει την τροποποίηση των φίλτρων αναζήτησης. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την παρουσίαση της λίστας των διαθέσιμων ακινήτων, επιτρέποντας στον χρήστη να συνεχίσει την αλληλεπίδρασή του με το σύστημα.

3.8.3 Σύνοψη διαγραμμάτων δραστηριοτήτων

Τα διαγράμματα δραστηριοτήτων που παρουσιάστηκαν αποτυπώνουν τη δυναμική συμπεριφορά του συστήματος για τις βασικές περιπτώσεις χρήσης και αναδεικνύουν τη ροή των ενεργειών και των αποφάσεων που λαμβάνονται κατά την εκτέλεσή τους. Μέσω των διαγραμμάτων αυτών, καθίσταται σαφής η αλληλουχία των βημάτων και η αλληλεπίδραση μεταξύ χρήστη και συστήματος, ενισχύοντας την κατανόηση της λειτουργίας της εφαρμογής και υποστηρίζοντας τη μετέπειτα υλοποίηση.

Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις χρήσης, όπως η εγγραφή και αυθεντικοποίηση χρήστη (UC-01) και η διαχείριση ακινήτων (UC-02), δεν παρουσιάζονται διαγράμματα δραστηριοτήτων, καθώς πρόκειται για τυπικές λειτουργίες με απλή και ευρέως καθιερωμένη ροή, οι οποίες έχουν ήδη καλυφθεί επαρκώς μέσω της αναλυτικής περιγραφής των περιπτώσεων χρήσης.

Με βάση τις λειτουργικές απαιτήσεις και τις περιπτώσεις χρήσης που παρουσιάστηκαν στο παρόν κεφάλαιο, στο επόμενο κεφάλαιο ακολουθεί η εξαγωγή του μοντέλου πεδίου (Domain Model) του συστήματος, το οποίο αποτυπώνει τις βασικές έννοιες του προβλήματος και τις μεταξύ τους σχέσεις, και αποτελεί τη βάση για τη μετέπειτα σχεδίαση των διαγραμμάτων κλάσεων και ακολουθίας.

4. Σχεδίαση και Αρχιτεκτονική Συστήματος

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η σχεδίαση και η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου πληροφοριακού συστήματος, όπως αυτή προέκυψε βάσει της ανάλυσης απαιτήσεων που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αρχικά περιγράφεται η συνολική αρχιτεκτονική προσέγγιση του συστήματος και ο διαχωρισμός του σε επιμέρους υποσυστήματα, ενώ στη συνέχεια αναλύονται οι ρόλοι και η αλληλεπίδραση μεταξύ των βασικών δομικών στοιχείων.

Στο πλαίσιο της σχεδίασης, η μίσθωση αποτελεί βασική επιχειρησιακή έννοια του συστήματος, καθώς λειτουργεί ως ο συνδεδετικός μηχανισμός μεταξύ ακινήτου και ενοικιαστή. Η έννοια αυτή επηρεάζει τόσο τη δομή των δεδομένων όσο και τη ροή της επιχειρησιακής λογικής που περιγράφεται στις επόμενες ενότητες.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον διαχωρισμό μεταξύ επιπέδου παρουσίασης, επιπέδου επιχειρησιακής λογικής και επιπέδου δεδομένων, καθώς και στον τρόπο επικοινωνίας των υποσυστημάτων μέσω διαδικτυακών υπηρεσιών. Η σχεδίαση αυτή αποσκοπεί στη βελτίωση της επεκτασιμότητας, της συντηρησιμότητας και της ασφάλειας του συστήματος, καθώς και στην ομαλή ενσωμάτωση προηγμένων λειτουργιών, όπως το πολυκριτήριο σύστημα συστάσεων.

4.1 Συνολική αρχιτεκτονική συστήματος

Το προτεινόμενο πληροφοριακό σύστημα σχεδιάστηκε σύμφωνα με την αρχιτεκτονική client-server, ακολουθώντας την αρχή του διαχωρισμού των επιπέδων (layered architecture). Η προσέγγιση αυτή επιλέχθηκε με στόχο την καθαρή διάκριση των αρμοδιοτήτων μεταξύ των επιμέρους υποσυστημάτων, τη βελτίωση της συντηρησιμότητας του συστήματος και τη δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης χωρίς σημαντικές τροποποιήσεις στη βασική δομή.

Σε υψηλό επίπεδο, το σύστημα αποτελείται από τρία βασικά υποσυστήματα:

- το επίπεδο παρουσίασης (frontend),
- το επίπεδο επιχειρησιακής λογικής και διαχείρισης αιτημάτων (backend),

- και το επίπεδο αποθήκευσης δεδομένων (βάση δεδομένων).

Το επίπεδο παρουσίασης είναι υπεύθυνο για την αλληλεπίδραση με τον χρήστη και την προβολή των διαθέσιμων λειτουργιών του συστήματος. Λειτουργεί ως πελάτης (client), ο οποίος αποστέλλει αιτήματα προς το backend και λαμβάνει τα αντίστοιχα αποτελέσματα προς απεικόνιση, χωρίς άμεση πρόσβαση στα αποθηκευμένα δεδομένα.

Το backend αποτελεί τον κεντρικό πυρήνα του συστήματος και είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία των αιτημάτων που προέρχονται από το επίπεδο παρουσίασης. Σε αυτό το επίπεδο υλοποιείται η επιχειρησιακή λογική του συστήματος, η διαχείριση των χρηστών και των ρόλων τους, καθώς και οι μηχανισμοί αυθεντικοποίησης και ελέγχου πρόσβασης. Επιπλέον, το backend λειτουργεί ως ενδιάμεσος μηχανισμός επικοινωνίας με τη βάση δεδομένων, εξασφαλίζοντας ότι η πρόσβαση στα δεδομένα πραγματοποιείται με ελεγχόμενο και ασφαλή τρόπο.

Η επικοινωνία μεταξύ frontend και backend πραγματοποιείται μέσω RESTful διαδικτυακών υπηρεσιών, με ανταλλαγή δεδομένων σε μορφή JSON. Η χρήση αυτής της αρχιτεκτονικής επιτρέπει την ανεξαρτησία των δύο επιπέδων, διευκολύνοντας τόσο τη συντήρηση όσο και την πιθανή αντικατάσταση ή επέκταση επιμέρους τμημάτων του συστήματος.

Η βάση δεδομένων λειτουργεί ως ανεξάρτητο υποσύστημα αποθήκευσης και είναι υπεύθυνη για τη μόνιμη διατήρηση των δεδομένων που αφορούν χρήστες, ακίνητα, μισθώσεις, συμβόλαια και προτιμήσεις. Η πρόσβαση στη βάση δεδομένων πραγματοποιείται αποκλειστικά μέσω του backend, γεγονός που ενισχύει την ασφάλεια και τη συνοχή των δεδομένων.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η ενσωμάτωση του πολυκριτήριου συστήματος συστάσεων στη συνολική αρχιτεκτονική. Το σύστημα συστάσεων υλοποιείται ως διακριτό λογικό υποσύστημα εντός του backend και αξιοποιεί τα αποθηκευμένα δεδομένα και τις προτιμήσεις των χρηστών για την παραγωγή εξατομικευμένων αποτελεσμάτων. Η επιλογή αυτή επιτρέπει την ομαλή λειτουργία του συστήματος συστάσεων χωρίς να επηρεάζεται η βασική ροή των υπόλοιπων λειτουργιών.

Συνολικά, η αρχιτεκτονική του συστήματος επιλέχθηκε ώστε να υποστηρίζει τη σταδιακή εξέλιξη της εφαρμογής, να διευκολύνει την ενσωμάτωση νέων λειτουργιών και να διασφαλίζει την αξιοπιστία, την ασφάλεια και την ευχρηστία του συστήματος.

4.2 Αρχιτεκτονική Frontend και Backend

Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου πληροφοριακού συστήματος βασίζεται στον σαφή διαχωρισμό μεταξύ του επιπέδου παρουσίασης (frontend) και του επιπέδου επιχειρησιακής λογικής (backend). Ο διαχωρισμός αυτός επιτρέπει την ανεξάρτητη ανάπτυξη και συντήρηση των δύο επιπέδων, ενώ παράλληλα διευκολύνει την επεκτασιμότητα και την προσαρμογή του συστήματος σε μελλοντικές απαιτήσεις.

Η επικοινωνία μεταξύ frontend και backend πραγματοποιείται μέσω τυποποιημένων διαδικτυακών υπηρεσιών, ακολουθώντας τις αρχές της REST αρχιτεκτονικής. Το frontend λειτουργεί ως πελάτης (client), ο οποίος αποστέλλει αιτήματα προς το backend, ενώ το backend είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία των αιτημάτων, την εφαρμογή της επιχειρησιακής λογικής και την επιστροφή των κατάλληλων αποτελεσμάτων.

4.2.1 Αρχιτεκτονική Frontend

Το επίπεδο παρουσίασης υλοποιείται ως διαδικτυακή εφαρμογή τύπου Single Page Application (SPA). Η επιλογή της αρχιτεκτονικής SPA επιτρέπει τη δυναμική ανανέωση του περιεχομένου χωρίς την ανάγκη πλήρους επαναφόρτωσης της σελίδας, βελτιώνοντας την εμπειρία χρήστη και μειώνοντας τον φόρτο επικοινωνίας με τον εξυπηρετητή.

Η ανάπτυξη του frontend βασίζεται στη χρήση της βιβλιοθήκης React, η οποία υποστηρίζει την υλοποίηση της διεπαφής χρήστη μέσω επαναχρησιμοποιήσιμων δομικών στοιχείων (components). Η προσέγγιση αυτή διευκολύνει τη διαχείριση της πολυπλοκότητας του κώδικα και επιτρέπει την οργάνωση της διεπαφής σε διακριτές λειτουργικές ενότητες.

Το frontend είναι υπεύθυνο για:

- την προβολή των διαθέσιμων λειτουργιών του συστήματος,
- τη συλλογή δεδομένων και επιλογών από τον χρήστη,
- την αποστολή αιτημάτων προς το backend,
- και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων που επιστρέφονται.

Η διαχείριση της κατάστασης της εφαρμογής, όπως η αυθεντικοποίηση του χρήστη και οι βασικές πληροφορίες πλοήγησης, πραγματοποιείται στο επίπεδο παρουσίασης, χωρίς

ωστόσο να αποθηκεύονται ή να επεξεργάζονται ευαίσθητα δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται ότι το frontend παραμένει ελαφρύ και επικεντρωμένο αποκλειστικά στη διεπαφή χρήστη.

4.2.2 Αρχιτεκτονική Backend

Το επίπεδο επιχειρησιακής λογικής υλοποιείται ως διαδικτυακή εφαρμογή εξυπηρέτησης αιτημάτων, η οποία παρέχει RESTful διεπαφές προς το frontend. Το backend αναπτύσσεται με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Python και του framework FastAPI, το οποίο υποστηρίζει την ανάπτυξη αποδοτικών και επεκτάσιμων API.

Το backend αποτελεί τον κεντρικό πυρήνα του συστήματος και είναι υπεύθυνο για:

- την επεξεργασία των αιτημάτων που αποστέλλονται από το frontend,
- την υλοποίηση της επιχειρησιακής λογικής,
- τη διαχείριση χρηστών και ρόλων,
- την εφαρμογή μηχανισμών αυθεντικοποίησης και ελέγχου πρόσβασης,
- και την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων.

Η επιχειρησιακή λογική του συστήματος οργανώνεται σε διακριτές λειτουργικές ενότητες, οι οποίες αντιστοιχούν στις βασικές λειτουργίες που έχουν περιγραφεί στην ανάλυση απαιτήσεων. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την καθαρή αντιστοίχιση μεταξύ λειτουργικών απαιτήσεων και υλοποίησης, καθώς και τη μελλοντική επέκταση του συστήματος με νέες λειτουργίες.

Στο backend ενσωματώνεται επίσης το πολυκριτήριο σύστημα συστάσεων, το οποίο υλοποιείται ως ανεξάρτητο λογικό τμήμα της επιχειρησιακής λογικής. Το σύστημα αυτό αξιοποιεί τα αποθηκευμένα δεδομένα και τις προτιμήσεις των χρηστών, προκειμένου να παράγει προτεινόμενα αποτελέσματα, τα οποία επιστρέφονται στο frontend μέσω κατάλληλων διεπαφών.

4.2.3 Επικοινωνία Frontend-Backend

Η επικοινωνία μεταξύ frontend και backend βασίζεται στην ανταλλαγή HTTP αιτημάτων και αποκρίσεων, με χρήση τυποποιημένων μεθόδων (GET, POST, PUT, DELETE). Τα δεδομένα μεταφέρονται σε μορφή JSON, γεγονός που διευκολύνει τη διαλειτουργικότητα και τη σαφή περιγραφή των δομών δεδομένων.

Η αρχιτεκτονική αυτή επιτρέπει:

- την ανεξαρτησία των δύο επιπέδων,
- την ευκολία εντοπισμού και απομόνωσης σφαλμάτων,
- και την πιθανή αντικατάσταση ή αναβάθμιση επιμέρους υποσυστημάτων χωρίς ανασχεδιασμό του συνόλου.

Η επιλογή της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής frontend–backend ευθυγραμμίζεται με τις απαιτήσεις ενός σύγχρονου πληροφοριακού συστήματος και υποστηρίζει αποτελεσματικά τη λειτουργικότητα και την αξιοπιστία του προτεινόμενου συστήματος.

Η παραπάνω ανάλυση της αρχιτεκτονικής του frontend και του backend αναδεικνύει τον ρόλο και την αλληλεπίδραση των βασικών δομικών στοιχείων του συστήματος σε επίπεδο εφαρμογής. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται η σχεδίαση της βάσης δεδομένων, με έμφαση στις οντότητες, τις μεταξύ τους σχέσεις και τις σχεδιαστικές επιλογές που υποστηρίζουν τη λειτουργικότητα και την ακεραιότητα των δεδομένων του συστήματος.

4.3 Domain Model (Εννοιολογικό μοντέλο συστήματος)

4.3.1 Σκοπός και Ρόλος του Domain Model

Το εννοιολογικό μοντέλο (Domain Model) αποτυπώνει τις βασικές έννοιες του πεδίου προβλήματος και τις μεταξύ τους σχέσεις, ανεξάρτητα από τεχνικές λεπτομέρειες υλοποίησης. Αποτελεί κρίσιμο ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ της ανάλυσης απαιτήσεων και της λεπτομερούς σχεδίασης της βάσης δεδομένων και των διαγραμμάτων κλάσεων, συμβάλλοντας στη σαφή κατανόηση της επιχειρησιακής λογικής του συστήματος.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το Domain Model χρησιμοποιείται για τη συστηματική οργάνωση των βασικών εννοιών που σχετίζονται με τη διαχείριση ακινήτων, χρηστών και μισθώσεων, καθώς και με τη λειτουργία του πολυκριτήριου μηχανισμού συστάσεων. Το μοντέλο λειτουργεί ως κοινό σημείο αναφοράς μεταξύ της ανάλυσης και της σχεδίασης, διασφαλίζοντας εννοιολογική συνέπεια σε όλα τα επόμενα στάδια ανάπτυξης του συστήματος.

4.3.2 Διαδικασία εντοπισμού βασικών εννοιών

Η διαδικασία διαμόρφωσης του Domain Model βασίστηκε στη μελέτη των λειτουργικών απαιτήσεων και των περιπτώσεων χρήσης που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3. Στο πλαίσιο αυτό εφαρμόστηκε τεχνική ανάλυσης ουσιαστικών (noun-based analysis), κατά την οποία από τις περιγραφές των περιπτώσεων χρήσης και των ροών αλληλεπίδρασης εντοπίστηκαν όροι που αντιστοιχούν σε αντικείμενα, δεδομένα και καταστάσεις του συστήματος. Οι όροι αυτοί αξιολογήθηκαν ως προς τη σημασία και τη συχνότητα εμφάνισής τους, ώστε να προσδιοριστούν οι βασικές επιχειρησιακές έννοιες του πεδίου προβλήματος.

Αρχικά εντοπίστηκαν οι κύριες έννοιες που επαναλαμβάνονται στις ροές του συστήματος, όπως ο χρήστης, το ακίνητο και η μίσθωση. Παράλληλα, αναγνωρίστηκαν έννοιες που σχετίζονται με την τοποθεσία των ακινήτων, όπως η περιοχή, καθώς και υποστηρικτικές έννοιες που αφορούν τη λειτουργία του πολυκριτήριου μηχανισμού συστάσεων, όπως τα κριτήρια αξιολόγησης και το προφίλ προτιμήσεων του χρήστη.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε διάκριση μεταξύ εννοιών που αντιστοιχούν σε οντότητες με ανεξάρτητο κύκλο ζωής στο σύστημα, χαρακτηριστικών αυτών των οντοτήτων και εννοιών που σχετίζονται με λειτουργικές διαδικασίες, οι οποίες δεν αποτυπώνονται ως αυτόνομες οντότητες στο Domain Model. Η διαδικασία αυτή συνέβαλε στη σαφή οριοθέτηση του μοντέλου και στην αποφυγή πλεονασμών ή εννοιολογικών ασάφειων.

4.3.3 Κεντρικές Επιχειρησιακές Οντότητες

Οι κύριες οντότητες που προκύπτουν από το Domain Model είναι οι ακόλουθες:

- Χρήστης (User): Αναπαριστά τα φυσικά πρόσωπα που αλληλεπιδρούν με το σύστημα. Οι χρήστες διακρίνονται σε ρόλους, όπως ιδιοκτήτης ακινήτου, υποψήφιος ενοικιαστής και διαχειριστής συστήματος, οι οποίοι καθορίζουν το εύρος των επιτρεπόμενων λειτουργιών.
- Ακίνητο (Property): Αποτελεί την κύρια οντότητα διαχείρισης και αναζήτησης του συστήματος. Κάθε ακίνητο συνδέεται με έναν ιδιοκτήτη και διαθέτει χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται τόσο στη βασική αναζήτηση όσο και στην πολυκριτήρια αξιολόγηση.

- **Περιοχή (Area):** Αποτελεί εννοιολογική οντότητα που αναπαριστά την τοποθεσία στην οποία ανήκει ένα ακίνητο. Η περιοχή χρησιμοποιείται για την τυποποιημένη αποτύπωση χωρικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών και συνδέεται με προκαθορισμένη βαθμολογία ποιότητας (area score), η οποία αξιοποιείται ως κριτήριο στην πολυκριτήρια αξιολόγηση ακινήτων. Η περιοχή δεν ορίζεται ελεύθερα από τους χρήστες, αλλά επιλέγεται από προκαθορισμένο σύνολο εννοιών του συστήματος.
- **Ενοικιαστής (Tenant):** Περιλαμβάνει τα στοιχεία του προσώπου που μισθώνει ένα ακίνητο στο πλαίσιο μίας ή περισσότερων μισθώσεων. Ο ενοικιαστής συνδέεται με χρήστη του συστήματος, χωρίς ωστόσο να ταυτίζεται απαραίτητα με τον ρόλο του υποψήφιου ενοικιαστή, καθώς μπορεί να συμμετέχει σε περισσότερες από μία μισθώσεις.
- **Συμβόλαιο μίσθωσης (Contract):** Αποτυπώνει τη συμφωνία μίσθωσης μεταξύ ενοικιαστή και ακινήτου και περιλαμβάνει χρονικά, λειτουργικά και καταστατικά χαρακτηριστικά της μίσθωσης.

Πέραν των παραπάνω, εντοπίζονται και υποστηρικτικές οντότητες που σχετίζονται με τον μηχανισμό συστάσεων:

- **Κριτήριο αξιολόγησης (Criterion):** Αναπαριστά τα χαρακτηριστικά βάσει των οποίων αξιολογούνται και συγκρίνονται τα διαθέσιμα ακίνητα, όπως το κόστος, το εμβαδόν ή η ποιότητα της περιοχής. Τα κριτήρια αποτελούν τη βάση για τη διαμόρφωση προτιμήσεων και τον υπολογισμό των προτεινόμενων αποτελεσμάτων.
- **Προφίλ προτιμήσεων (PreferenceProfile):** Αποτελεί ένα αποθηκευμένο σύνολο προτιμήσεων του υποψήφιου ενοικιαστή ως προς τα κριτήρια αξιολόγησης. Το προφίλ επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση των επιλογών του χρήστη σε μελλοντικές συνεδρίες, χωρίς να απαιτείται εκ νέου δήλωση των προτιμήσεων.
- **Σύγκριση ζευγών κριτηρίων (PairwiseComparison):** Αποτυπώνει τη σχετική προτίμηση του χρήστη μεταξύ δύο κριτηρίων αξιολόγησης στο πλαίσιο ενός συγκεκριμένου προφίλ προτιμήσεων. Οι συγκρίσεις αυτές αποτελούν τη βάση για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων στον πολυκριτήριο μηχανισμό συστάσεων.

4.3.4 Επιχειρησιακές σχέσεις και ροές

Κεντρική επιχειρησιακή διαδικασία του συστήματος αποτελεί η μίσθωση ακινήτου, η οποία λειτουργεί ως μηχανισμός σύνδεσης μεταξύ ακινήτου και ενοικιαστή. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την επιλογή ακινήτου, τη συσχέτισή του με ενοικιαστή και τη δημιουργία συμβολαίου μίσθωσης, το οποίο καθορίζει τη διάρκεια και την κατάσταση της μίσθωσης.

Παράλληλα, κάθε ακίνητο συσχετίζεται με μία συγκεκριμένη περιοχή, η οποία καθορίζει χωρικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του ακινήτου. Η συσχέτιση αυτή επιτρέπει την αξιοποίηση της προκαθορισμένης βαθμολογίας περιοχής (area score) στη διαδικασία πολυκριτήριας αξιολόγησης και κατάταξης των διαθέσιμων ακινήτων.

Η ύπαρξη ενεργής ή ληγμένης μίσθωσης επηρεάζει τη συνολική λειτουργία του συστήματος, καθώς συνδέεται με την ενημέρωση της κατάστασης του ακινήτου και με την πρόσβαση στις αντίστοιχες λειτουργίες διαχείρισης από τους εμπλεκόμενους ρόλους χρηστών.

4.3.5 Σύνδεση Domain Model με σχεδίαση συστήματος

Το Domain Model αποτελεί τη βάση για τη σχεδίαση της βάσης δεδομένων και την αποτύπωση των κλάσεων του συστήματος στα UML διαγράμματα που παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες. Οι οντότητες και οι σχέσεις που περιγράφονται σε εννοιολογικό επίπεδο εξειδικεύονται περαιτέρω σε επίπεδο δεδομένων και υλοποίησης, διασφαλίζοντας τη συνέπεια μεταξύ ανάλυσης, σχεδίασης και υλοποίησης του συστήματος.

4.4 Σχεδίαση Βάσης Δεδομένων

Η σχεδίαση της βάσης δεδομένων αποτελεί κρίσιμο μέρος της συνολικής αρχιτεκτονικής του προτεινόμενου πληροφοριακού συστήματος, καθώς επηρεάζει άμεσα την ορθότητα, την απόδοση και την επεκτασιμότητα της εφαρμογής. Η βάση δεδομένων καλείται να υποστηρίξει τη διαχείριση ετερογενών πληροφοριών που αφορούν χρήστες, ακίνητα, μισθώσεις και συναφείς λειτουργίες, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ακεραιότητα και τη συνέπεια των αποθηκευμένων δεδομένων.

Για τον λόγο αυτό, υιοθετείται σχεσιακό μοντέλο δεδομένων, το οποίο επιτρέπει τη σαφή οργάνωση των πληροφοριών σε οντότητες με καθορισμένες σχέσεις μεταξύ τους. Η επιλογή σχεσιακής βάσης δεδομένων ευθυγραμμίζεται με τις ανάγκες του συστήματος για δομημένα δεδομένα, έλεγχο ακεραιότητας και υποστήριξη σύνθετων ερωτημάτων.

4.4.1 Σχεδιαστικές Αρχές και Επιλογές

Η σχεδίαση της βάσης δεδομένων βασίζεται σε καθιερωμένες αρχές σχεσιακού σχεδιασμού, με στόχο τη μείωση πλεονασμού δεδομένων και τη διασφάλιση της κανονικοποίησης. Οι οντότητες του συστήματος ορίζονται με σαφή τρόπο, ώστε κάθε πίνακας να αναπαριστά μία διακριτή έννοια του πραγματικού κόσμου και κάθε πεδίο να έχει σαφώς προσδιορισμένο ρόλο.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται:

- στη χρήση πρωτευόντων κλειδιών για τη μοναδική αναγνώριση των εγγραφών,
- στον ορισμό ξένων κλειδιών για την υλοποίηση των σχέσεων μεταξύ οντοτήτων,
- και στη διατήρηση της αναφορικής ακεραιότητας μεταξύ σχετιζόμενων πινάκων.

Η προσέγγιση αυτή διευκολύνει τη συντήρηση της βάσης δεδομένων και επιτρέπει τη μελλοντική επέκταση του σχήματος χωρίς εκτεταμένες τροποποιήσεις.

4.4.2 Κύριες Οντότητες του Συστήματος

Με βάση την ανάλυση απαιτήσεων και τις βασικές λειτουργικές περιοχές της εφαρμογής, η βάση δεδομένων του συστήματος περιλαμβάνει οντότητες που υποστηρίζουν τη διαχείριση χρηστών, ακινήτων, μισθώσεων και προτιμήσεων χρηστών. Οι οντότητες αυτές αποτυπώνουν τις βασικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την ορθή λειτουργία του συστήματος και τη διατήρηση της συνέπειας των δεδομένων. Οι οντότητες προκύπτουν από τις επιχειρησιακές έννοιες του συστήματος και στη συνέχεια χαρτογραφούνται σε σχεσιακή δομή.

Η οντότητα *Χρήστης (User)* αποθηκεύει τα βασικά στοιχεία ταυτοποίησης και επικοινωνίας των χρηστών του συστήματος, καθώς και πληροφορίες που σχετίζονται με τη διαχείριση πρόσβασης. Κάθε χρήστης διαθέτει συγκεκριμένο ρόλο, όπως ιδιοκτήτης ακινήτου, υποψήφιος ενοικιαστής ή διαχειριστής συστήματος, ο οποίος καθορίζει τις διαθέσιμες λειτουργίες.

Η οντότητα *Ακίνητο (Property)* περιγράφει τα ακίνητα που καταχωρίζονται στο σύστημα από τους ιδιοκτήτες και περιλαμβάνει πληροφορίες που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά, την κατάσταση και τη διαθεσιμότητά τους. Τα ακίνητα αποτελούν το βασικό αντικείμενο αναζήτησης και αξιολόγησης στο πλαίσιο της εφαρμογής.

Η οντότητα *Περιοχή (Area)* λειτουργεί ως οντότητα αναφοράς (reference entity) και περιλαμβάνει προκαθορισμένη αριθμητική βαθμολογία ποιότητας περιοχής (area score), η οποία αξιοποιείται ως κριτήριο αξιολόγησης στο πολυκριτήριο σύστημα συστάσεων. Η βαθμολογία αυτή δεν ορίζεται ή τροποποιείται από τους τελικούς χρήστες της εφαρμογής (ιδιοκτήτες ή υποψήφιους ενοικιαστές), αλλά προκύπτει από κεντρικό ορισμό του συστήματος, με στόχο τη διασφάλιση συνέπειας και ομοιομορφίας στην αξιολόγηση των χωρικών χαρακτηριστικών των ακινήτων.

Για την υποστήριξη της διαδικασίας μίσθωσης, η βάση δεδομένων περιλαμβάνει την οντότητα *Ενοικιαστής (Tenant)*, η οποία αποθηκεύει τα στοιχεία του προσώπου που μισθώνει ένα ακίνητο. Η οντότητα αυτή επιτρέπει τη συσχέτιση των μισθώσεων με συγκεκριμένα φυσικά πρόσωπα, ανεξάρτητα από τον ρόλο που αυτά ενδέχεται να διαθέτουν στο σύστημα.

Σημείωση οριοθέτησης δεδομένων (owner-scoped): Η οντότητα Tenant τηρείται σε επίπεδο ιδιοκτήτη (owner-scoped). Αυτό σημαίνει ότι κάθε ιδιοκτήτης διαχειρίζεται τη δική του λίστα ενοικιαστών και τα αντίστοιχα στοιχεία τους. Ως αποτέλεσμα, το ίδιο φυσικό πρόσωπο (π.χ. με ίδιο ΑΦΜ) είναι δυνατόν να εμφανίζεται ως ξεχωριστή εγγραφή στο σύστημα για διαφορετικούς ιδιοκτήτες. Η επιλογή αυτή διασφαλίζει απομόνωση δεδομένων και απλοποιεί τη διαχείριση προσωπικών στοιχείων. Επιπλέον, εφαρμόζεται μοναδικότητα ανά ιδιοκτήτη, π.χ. (owner_id, afm).

Η οντότητα *Συμβόλαιο μίσθωσης (Contract)* αποτυπώνει τη συμφωνία μίσθωσης μεταξύ ενοικιαστή και ακινήτου και περιλαμβάνει πληροφορίες όπως η χρονική διάρκεια και η κατάσταση της μίσθωσης. Μέσω της οντότητας αυτής καθίσταται δυνατή η παρακολούθηση της εξέλιξης μίας μίσθωσης και η ενημέρωση της κατάστασης του αντίστοιχου ακινήτου.

Τέλος, για την υποστήριξη του πολυκριτηρίου συστήματος συστάσεων, περιλαμβάνονται οντότητες που σχετίζονται με τις προτιμήσεις χρηστών, οι οποίες αποθηκεύουν τις επιλογές και τις συγκρίσεις που ορίζει ο υποψήφιος ενοικιαστής κατά τη διαδικασία αξιολόγησης

ακινήτων. Οι πληροφορίες αυτές αξιοποιούνται από τον μηχανισμό συστάσεων για την παραγωγή εξατομικευμένων αποτελεσμάτων.

Οι παραπάνω οντότητες αποτελούν τη βάση για τον ορισμό των σχέσεων που παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα και εξειδικεύονται περαιτέρω στα διαγράμματα κλάσεων που ακολουθούν.

4.4.3 Υποστηρικτικές Οντότητες του Συστήματος

Οι υποστηρικτικές οντότητες που παρουσιάζονται στην παρούσα ενότητα αφορούν τη λειτουργία του πολυκριτήριου μηχανισμού συστάσεων (UC-04) και έχουν ως στόχο την αποθήκευση των προτιμήσεων του υποψήφιου ενοικιαστή, ώστε να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίησή τους σε μελλοντικές συνεδρίες χωρίς εκ νέου συμπλήρωση.

- Κριτήριο αξιολόγησης (Criterion): Αποτυπώνει τα κριτήρια βάσει των οποίων αξιολογούνται τα διαθέσιμα ακίνητα (π.χ. κόστος, απόσταση, εμβαδόν). Για κάθε κριτήριο καταγράφονται βασικά περιγραφικά στοιχεία, καθώς και χαρακτηρισμός ως προς τον τρόπο αξιολόγησης (ενδεικτικά, κριτήριο “όσο μεγαλύτερο τόσο καλύτερο” ή “όσο μικρότερο τόσο καλύτερο”), ώστε να υποστηρίζεται η εφαρμογή της πολυκριτήριας κατάταξης.
- Προφίλ προτιμήσεων (PreferenceProfile): Αποτελεί αποθηκευμένο σύνολο προτιμήσεων που συνδέεται με συγκεκριμένο χρήστη. Η οντότητα επιτρέπει τη διατήρηση προτιμήσεων ανά χρήστη και, εφόσον απαιτηθεί, την υποστήριξη πολλαπλών προφίλ (π.χ. διαφορετικά σενάρια αναζήτησης), καθώς και τον ορισμό προεπιλεγμένου προφίλ.
- Σύγκριση ζευγών κριτηρίων (PairwiseComparison): Αποτυπώνει τις συγκρίσεις που πραγματοποιεί ο χρήστης μεταξύ δύο κριτηρίων στο πλαίσιο ενός προφίλ προτιμήσεων. Κάθε εγγραφή περιλαμβάνει αναφορά στο προφίλ προτιμήσεων, στα δύο κριτήρια που συγκρίνονται και την τιμή της σχετικής προτίμησης. Οι συγκρίσεις αυτές αποτελούν τη βάση για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων στη μέθοδο AHP.

Συνολικά, οι παραπάνω οντότητες συμπληρώνουν το βασικό μοντέλο δεδομένων του συστήματος, προσφέροντας μηχανισμό αποθήκευσης και ανάκτησης προτιμήσεων που αξιοποιείται από τη ροή παραγωγής προτεινόμενων αποτελεσμάτων.

4.4.4 Σχέσεις μεταξύ Οντοτήτων

Οι σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων της βάσης δεδομένων έχουν σχεδιαστεί ώστε να υποστηρίζουν τις βασικές λειτουργικές ροές του συστήματος και να διασφαλίζουν τη συνεπή αποτύπωση των επιχειρησιακών διαδικασιών.

Κάθε Χρήστης (User) μπορεί να συνδέεται με ένα ή περισσότερα Ακίνητα (Property), στην περίπτωση που διαθέτει ρόλο ιδιοκτήτη ακινήτου. Η σχέση αυτή επιτρέπει την καταχώριση και διαχείριση πολλαπλών ακινήτων από τον ίδιο χρήστη.

Η διαδικασία μίσθωσης υλοποιείται μέσω της σχέσης μεταξύ Ακινήτου (Property) και Ενοικιαστή (Tenant), η οποία αποτυπώνεται με τη χρήση της οντότητας Συμβόλαιο μίσθωσης (Contract). Κάθε συμβόλαιο συνδέει ένα συγκεκριμένο ακίνητο με έναν ενοικιαστή για καθορισμένο χρονικό διάστημα και επιτρέπει την παρακολούθηση της κατάστασης της μίσθωσης. Μέσω της σχέσης αυτής καθίσταται δυνατή η ενημέρωση της διαθεσιμότητας του ακινήτου.

Κάθε Ακίνητο (Property) συσχετίζεται με μία συγκεκριμένη Περιοχή (Area), η οποία επιλέγεται από προκαθορισμένη λίστα περιοχών του συστήματος. Η σχέση αυτή είναι τύπου 1:N, καθώς μία περιοχή μπορεί να αντιστοιχεί σε πολλά ακίνητα, ενώ κάθε ακίνητο ανήκει σε μία μόνο περιοχή. Με βάση τη συσχέτιση αυτή, το σύστημα αντιστοιχίζει αυτόματα στο ακίνητο την προκαθορισμένη βαθμολογία περιοχής (area score), η οποία χρησιμοποιείται ως κριτήριο αξιολόγησης στο πολυκριτήριο σύστημα συστάσεων.

Οι Ενοικιαστές (Tenant) μπορεί να συνδέονται με περισσότερα από ένα συμβόλαια μίσθωσης σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα, ενώ κάθε ακίνητο μπορεί να συμμετέχει σε πολλαπλές μισθώσεις διαχρονικά, αλλά μόνο σε μία ενεργή μίσθωση κάθε χρονική στιγμή.

Για την υποστήριξη του πολυκριτηρίου μηχανισμού συστάσεων, κάθε Χρήστης (User) που διαθέτει ρόλο υποψήφιου ενοικιαστή μπορεί να συνδέεται με ένα ή περισσότερα προφίλ προτιμήσεων (PreferenceProfile). Κάθε προφίλ προτιμήσεων περιλαμβάνει πολλαπλές συγκρίσεις ζευγών κριτηρίων (PairwiseComparison), οι οποίες αναφέρονται σε συγκεκριμένα κριτήρια αξιολόγησης (Criterion). Οι σχέσεις αυτές επιτρέπουν την αποθήκευση και επαναχρησιμοποίηση των προτιμήσεων του χρήστη και αξιοποιούνται αποκλειστικά για την παραγωγή προτεινόμενων αποτελεσμάτων, χωρίς να επηρεάζουν άμεσα τη διαδικασία μίσθωσης.

Η σχέση Owner–Tenant είναι 1:N (κάθε ιδιοκτήτης διατηρεί πολλούς tenants), ενώ η μοναδικότητα των tenants ορίζεται εντός του scope του ιδιοκτήτη (π.χ. (owner_id, afm)), επιτρέποντας την ύπαρξη του ίδιου φυσικού προσώπου σε διαφορετικούς owners ως ξεχωριστές εγγραφές.

Οι παραπάνω σχέσεις διασφαλίζουν τη λειτουργική συνοχή του συστήματος και αποτελούν τη βάση για την υλοποίηση των αντίστοιχων περιορισμών ακεραιότητας και των συσχετίσεων που αποτυπώνονται στα διαγράμματα κλάσεων της επόμενης ενότητας.

4.4.5 Ακεραιότητα και Ασφάλεια Δεδομένων

Η ακεραιότητα των δεδομένων διασφαλίζεται μέσω του ορισμού περιορισμών (constraints) στο επίπεδο της βάσης δεδομένων, όπως περιορισμοί μοναδικότητας, υποχρεωτικά πεδία και αναφορική ακεραιότητα μέσω ξένων κλειδιών. Οι μηχανισμοί αυτοί αποτρέπουν την εισαγωγή ασυνεπών ή ελλιπών δεδομένων. Παράλληλα, εφαρμόζονται περιορισμοί ακεραιότητας στις υποστηρικτικές οντότητες προτιμήσεων, ώστε να αποφεύγονται ασυνεπείς ή διπλές καταχωρίσεις συγκρίσεων κριτηρίων. Η χρήση οντοτήτων αναφοράς, όπως η Περιοχή (Area), συμβάλλει επιπλέον στη διασφάλιση της συνέπειας των δεδομένων και στην αποφυγή μη έγκυρων ή ασύμβατων τιμών τοποθεσίας.

Παράλληλα, η πρόσβαση στη βάση δεδομένων πραγματοποιείται αποκλειστικά μέσω του επιπέδου επιχειρησιακής λογικής, περιορίζοντας την άμεση έκθεση των δεδομένων και ενισχύοντας την ασφάλεια του συστήματος. Η προσέγγιση αυτή ευθυγραμμίζεται με τις μη λειτουργικές απαιτήσεις ασφάλειας που έχουν οριστεί στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Για τις οντότητες αναφοράς του συστήματος, όπως η Περιοχή (Area), εφαρμόζεται περιορισμένη πολιτική πρόσβασης, ώστε οι αντίστοιχες εγγραφές να μην τροποποιούνται από τελικούς χρήστες. Τυχόν ενημέρωση των δεδομένων αυτών πραγματοποιείται αποκλειστικά σε επίπεδο διαχειριστή συστήματος ή μέσω προκαθορισμένων μηχανισμών αρχικοποίησης, διασφαλίζοντας τη σταθερότητα των τιμών που χρησιμοποιούνται στο πολυκριτήριο σύστημα αξιολόγησης.

4.4.6 Σύνοψη Σχεδίασης Βάσης Δεδομένων

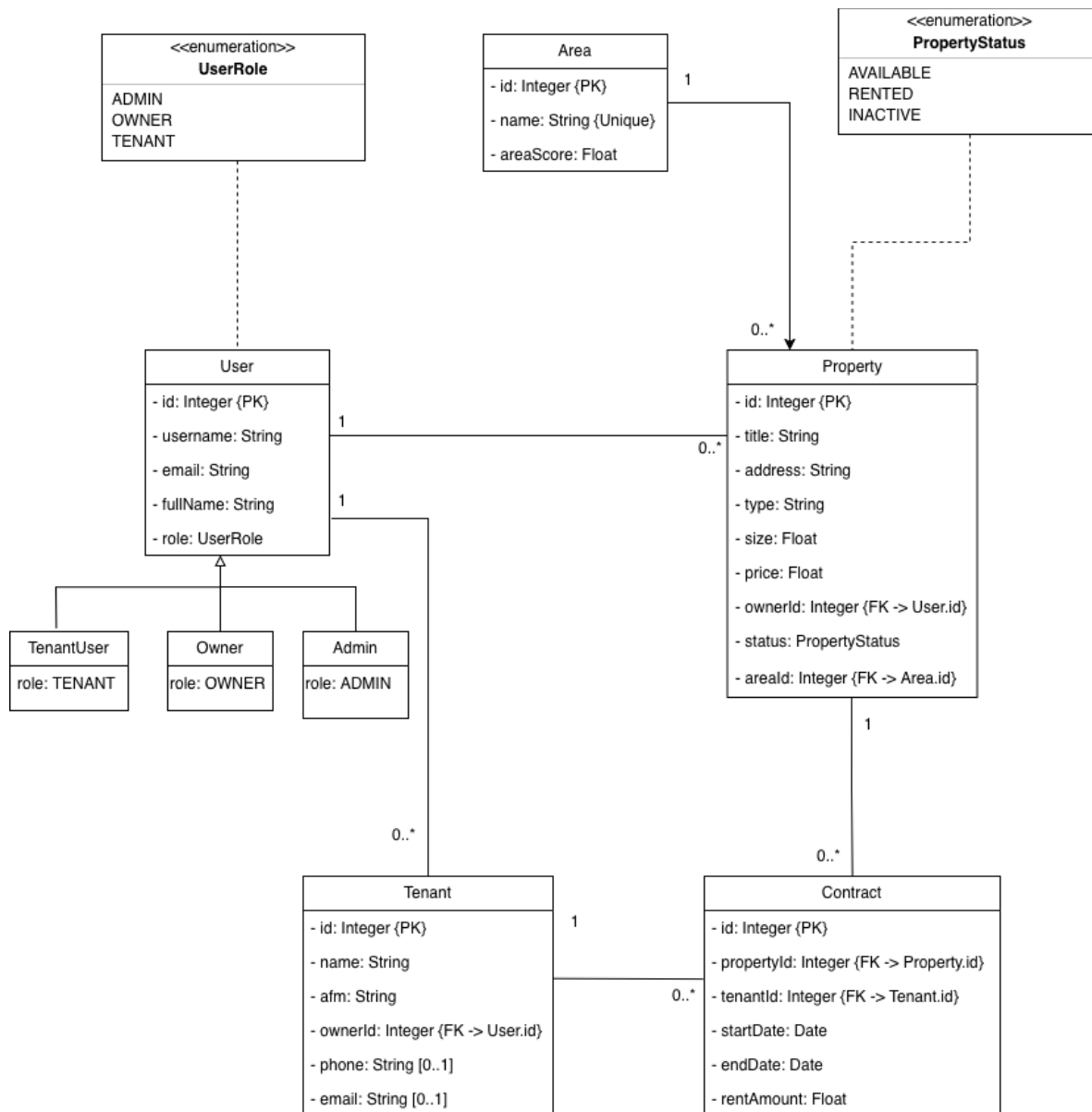
Η σχεδίαση της βάσης δεδομένων αποσκοπεί στη δημιουργία ενός συνεκτικού και επεκτάσιμου σχήματος, ικανού να υποστηρίξει τόσο τις βασικές λειτουργίες διαχείρισης μισθώσεων όσο και προηγμένες λειτουργίες, όπως το πολυκριτήριο σύστημα συστάσεων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη δυνατότητα αποθήκευσης και επαναχρησιμοποίησης των προτιμήσεων των χρηστών, ώστε να υποστηρίζεται αποτελεσματικά η παραγωγή εξατομικευμένων προτεινόμενων αποτελεσμάτων (UC-04). Παράλληλα, η εισαγωγή οντότητας αναφοράς για τις περιοχές επιτρέπει την τυποποιημένη αποτύπωση χωρικών χαρακτηριστικών και την αξιόπιστη ενσωμάτωσή τους στο πολυκριτήριο μοντέλο αξιολόγησης.

Η εξέλιξη του σχήματος της βάσης δεδομένων διαχειρίζεται με Alembic migrations, ώστε οι αλλαγές στη δομή να είναι εκδοτικές, επαναλήψιμες και συμβατές με το περιβάλλον ανάπτυξης/δοκιμών. Κατά την εκκίνηση της εφαρμογής εκτελείται αυτόματα alembic upgrade head (run_migrations() στο main.py), ενώ τα backend tests ανακατασκευάζουν το σχήμα μέσω των ίδιων migrations (βλ. Κεφ. 5.6). Η αλυσίδα revisions αντικατοπτρώνει την ωρίμανση του μοντέλου: αρχικό σχήμα, εισαγωγή πινάκου areas και σύνδεση Property→Area, καθιέρωση area_id ως υποχρεωτικού, και αφαίρεση του area_score από το vestigial property_location_features (μεταφορά βαθμολογίας περιοχής στον πίνακα areas).

4.5 Διαγράμματα κλάσεων (UML Class Diagrams)

Τα διαγράμματα κλάσεων (UML Class Diagrams) χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση της στατικής δομής του συστήματος, παρουσιάζοντας τις βασικές κλάσεις/οντότητες, τα κύρια χαρακτηριστικά τους (attributes) και τις σχέσεις μεταξύ τους. Στην παρούσα εργασία, τα διαγράμματα κλάσεων αξιοποιούνται συμπληρωματικά προς τη σχεδίαση της βάσης δεδομένων (Ενότητα 4.4) και διαχωρίζονται σε δύο επίπεδα: το βασικό επιχειρησιακό μοντέλο οντοτήτων που υποστηρίζει τη λειτουργικότητα διαχείρισης χρηστών, ακινήτων και μισθώσεων, και το υποστηρικτικό μοντέλο οντοτήτων που αφορά τον πολυκριτήριο μηχανισμό συστάσεων.

4.5.1 Διάγραμμα κλάσεων βασικού μοντέλου οντοτήτων



Σχήμα 4.1 Διάγραμμα κλάσεων βασικού μοντέλου οντοτήτων

Στο Σχήμα 4.1 παρουσιάζονται οι κύριες κλάσεις του συστήματος (User, Property, Tenant, Contract, Area) και οι μεταξύ τους συσχετίσεις, όπως αυτές προκύπτουν από το εννοιολογικό και λογικό μοντέλο του συστήματος. Σε επίπεδο σχεδίασης, η κλάση User αντιστοιχεί στον γενικό Χρήστη Συστήματος του Σχήματος 3.1, ενώ οι εξειδικευμένοι ρόλοι (TenantUser, Owner, Admin) δεν υλοποιούνται ως ξεχωριστές κλάσεις, αλλά ως τιμές του πεδίου role (single-table inheritance / discriminator). Οι σχέσεις αποτυπώνουν ότι ένας

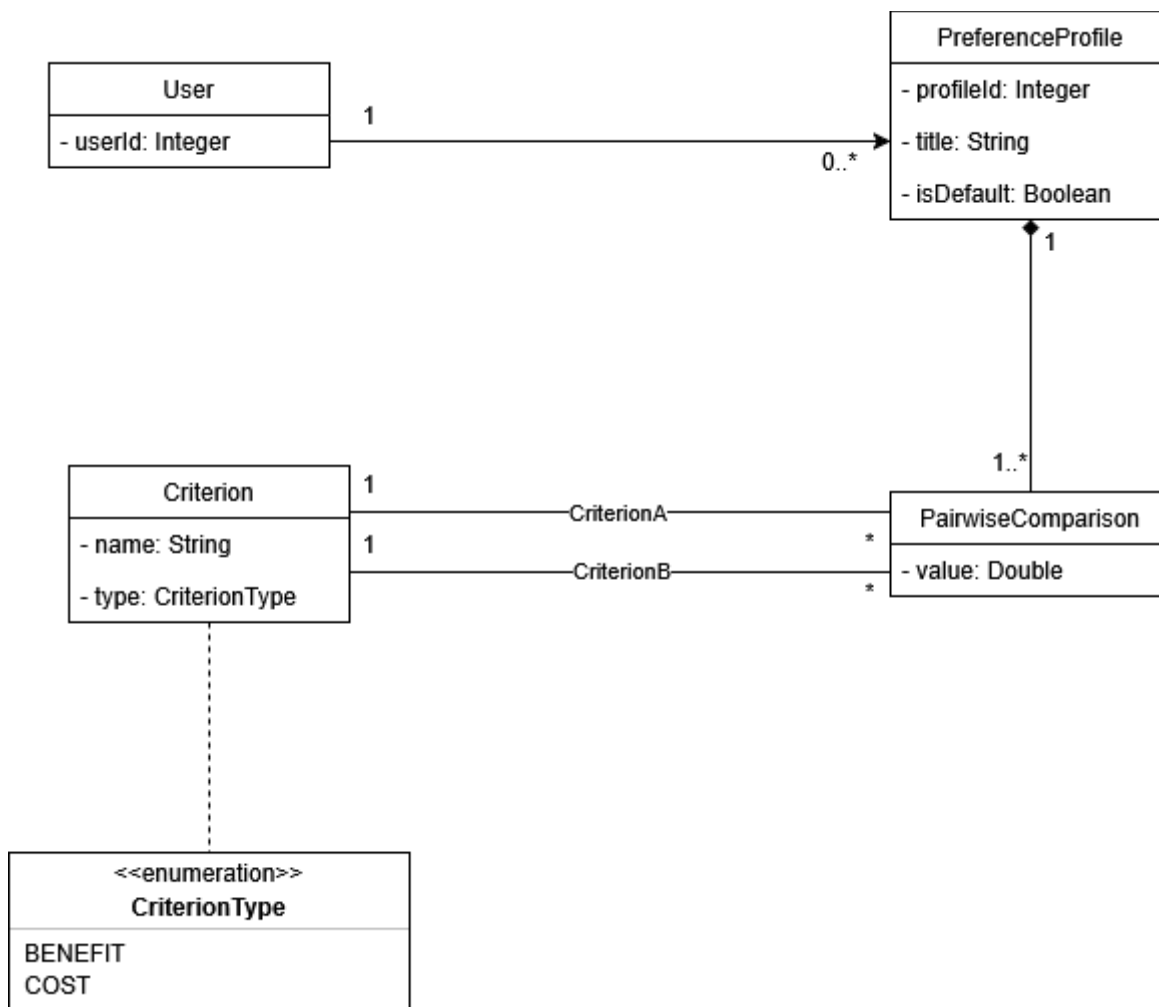
χρήστης με ρόλο ιδιοκτήτη (User) μπορεί να καταχωρεί και να διαχειρίζεται πολλαπλά ακίνητα (Property), ενώ κάθε ακίνητο συνδέεται με έναν μοναδικό ιδιοκτήτη.

Κάθε ακίνητο συσχετίζεται επίσης με μία συγκεκριμένη περιοχή (Area), η οποία επιλέγεται από προκαθορισμένο σύνολο περιοχών του συστήματος. Η περιοχή φέρει προκαθορισμένη βαθμολογία ποιότητας (area score), η οποία χρησιμοποιείται ως κριτήριο στη διαδικασία πολυκριτήριας αξιολόγησης και κατάταξης των ακινήτων.

Η οντότητα Contract αναπαριστά τη μίσθωση και συνδέει ένα ακίνητο (Property) με έναν ενοικιαστή (Tenant), επιτρέποντας την καταγραφή τόσο ενεργών όσο και παρελθοντικών συμβάσεων μίσθωσης. Ο ενοικιαστής τηρείται σε επίπεδο ιδιοκτήτη (owner-scored), γεγονός που σημαίνει ότι κάθε ιδιοκτήτης διαχειρίζεται ανεξάρτητα τη δική του λίστα ενοικιαστών, διασφαλίζοντας απομόνωση και συνέπεια των δεδομένων.

Επιπλέον, η κλάση Property περιλαμβάνει την κατάσταση διαθεσιμότητας του ακινήτου (PropertyStatus), η οποία καθορίζει εάν ένα ακίνητο είναι διαθέσιμο, μισθωμένο ή ανενεργό και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της προβολής και της συμμετοχής του σε λειτουργίες αναζήτησης και συστάσεων. Τέλος, η κλάση User περιλαμβάνει ρόλο (UserRole) για τη διάκριση δικαιωμάτων πρόσβασης, με τιμές ADMIN, OWNER και TENANT (enum UserRole), οι οποίες αντιστοιχούν στους εξειδικευμένους ρόλους του Σχήματος 3.1.

4.5.2 Διάγραμμα κλάσεων μοντέλου προτιμήσεων και συστάσεων



Σχήμα 4.2 Διάγραμμα κλάσεων μοντέλου προτιμήσεων και συστάσεων

Στο Σχήμα 4.2 παρουσιάζεται το διάγραμμα κλάσεων του μοντέλου προτιμήσεων και συστάσεων, το οποίο περιλαμβάνει τις υποστηρικτικές οντότητες που απαιτούνται για την αποθήκευση και επεξεργασία των προτιμήσεων των χρηστών. Το διάγραμμα αποτυπώνει τις κλάσεις που σχετίζονται με τα κριτήρια αξιολόγησης, τα προφίλ προτιμήσεων και τις συγκρίσεις ζευγών κριτηρίων, καθώς και τις μεταξύ τους σχέσεις. Οι οντότητες αυτές αξιοποιούνται αποκλειστικά στο πλαίσιο του πολυκριτηρίου μηχανισμού συστάσεων και δεν επηρεάζουν άμεσα τη βασική διαδικασία μίσθωσης.

4.5.3 Σύνοψη

Τα παραπάνω διαγράμματα κλάσεων παρέχουν μία συνοπτική αλλά σαφή απεικόνιση των βασικών δομικών στοιχείων του συστήματος και λειτουργούν ως γέφυρα μεταξύ της εννοιολογικής ανάλυσης (Κεφάλαιο 3) και της υλοποίησης του backend (Κεφάλαιο 5). Το Σχήμα 4.1 αποτυπώνει τις κύριες επιχειρησιακές οντότητες που υποστηρίζουν τη διαχείριση χρηστών, ακινήτων και μισθώσεων, ενώ το Σχήμα 4.2 επικεντρώνεται στις υποστηρικτικές οντότητες του πολυκριτήριου μηχανισμού συστάσεων, οι οποίες επιτρέπουν την αποθήκευση και επαναχρησιμοποίηση των προτιμήσεων των χρηστών.

Στο Σχήμα 4.1, η κλάση User αποτυπώνει τον Χρήστη Συστήματος, ενώ οι εξειδικευμένοι ρόλοι διακρίνονται μέσω του πεδίου role.

4.6 Ροή δεδομένων και αλληλεπίδραση υποσυστημάτων

Η παρούσα ενότητα περιγράφει τη ροή των δεδομένων και την αλληλεπίδραση μεταξύ των βασικών υποσυστημάτων του προτεινόμενου πληροφοριακού συστήματος, εστιάζοντας σε αντιπροσωπευτικές λειτουργικές ροές. Στόχος είναι η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το επίπεδο παρουσίασης, το επίπεδο επιχειρησιακής λογικής και η βάση δεδομένων συνεργάζονται για την υλοποίηση των βασικών λειτουργιών του συστήματος.

Οι ροές που παρουσιάζονται δεν αποτυπώνουν λεπτομέρειες υλοποίησης, αλλά περιγράφουν τη λογική ακολουθία ενεργειών και την ανταλλαγή δεδομένων σε επίπεδο συστήματος.

4.6.1 Ροή αυθεντικοποίησης χρήστη

Η ροή αυθεντικοποίησης αποτελεί βασική λειτουργία του συστήματος, καθώς ελέγχει την πρόσβαση στις διαθέσιμες υπηρεσίες και υποστηρίζει τη διάκριση δικαιωμάτων μέσω ρόλων χρήστη (βλ. UC-01, Σχήμα 3.1).

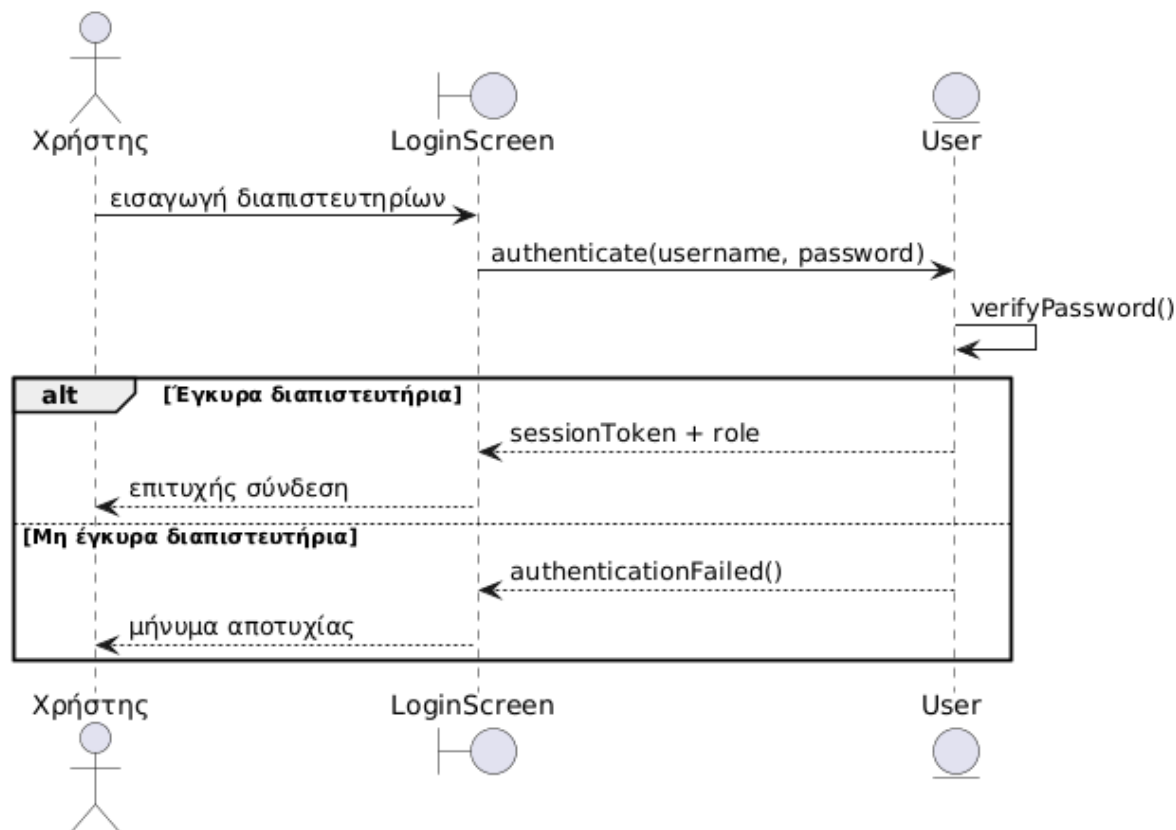
Η διαδικασία ξεκινά όταν ο χρήστης εισάγει τα διαπιστευτήριά του στην οθόνη σύνδεσης (LoginScreen). Η οθόνη αποστέλλει αίτημα αυθεντικοποίησης στην κλάση User μέσω της μεθόδου `authenticate(username, password)`. Η κλάση User επαληθεύει τον κωδικό με εσωτερική κλήση της `verifyPassword()` και, εάν τα στοιχεία είναι έγκυρα, επιστρέφει στην LoginScreen token συνεδρίας μαζί με τον ρόλο του χρήστη. Η οθόνη ενημερώνει τον

χρήστη για επιτυχή σύνδεση και προσαρμόζει τη διεπαφή ανάλογα με τα δικαιώματα του ρόλου.

Σε περίπτωση μη έγκυρων διαπιστευτηρίων, η κλάση User επιστρέφει ένδειξη αποτυχίας (authenticationFailed()), η οποία μεταφράζεται από την LoginScreen σε κατάλληλο μήνυμα προς τον χρήστη, χωρίς να επιτρέπεται πρόσβαση σε προστατευμένες λειτουργίες.

Το διάγραμμα ακολουθίας του Σχήματος 4.3 αποτυπώνει τη ροή σε επίπεδο οθόνης και κλάσης domain. Οι λεπτομέρειες υλοποίησης (REST endpoints, JWT tokens, αποθήκευση στη βάση δεδομένων) περιγράφονται στο Κεφάλαιο 5 και στο Παράρτημα Α.

Σχήμα 4.3 — Διάγραμμα ακολουθίας αυθεντικοποίησης χρήστη



Σχήμα 4.3 Διάγραμμα ακολουθίας αυθεντικοποίησης χρήστη

4.6.2 Ροή αναζήτησης και προβολής ακινήτων

Η ροή αναζήτησης και προβολής ακινήτων επιτρέπει στον χρήστη να εντοπίζει διαθέσιμα ακίνητα με βάση συγκεκριμένα κριτήρια και να προβάλλει αναλυτικά στοιχεία για κάθε

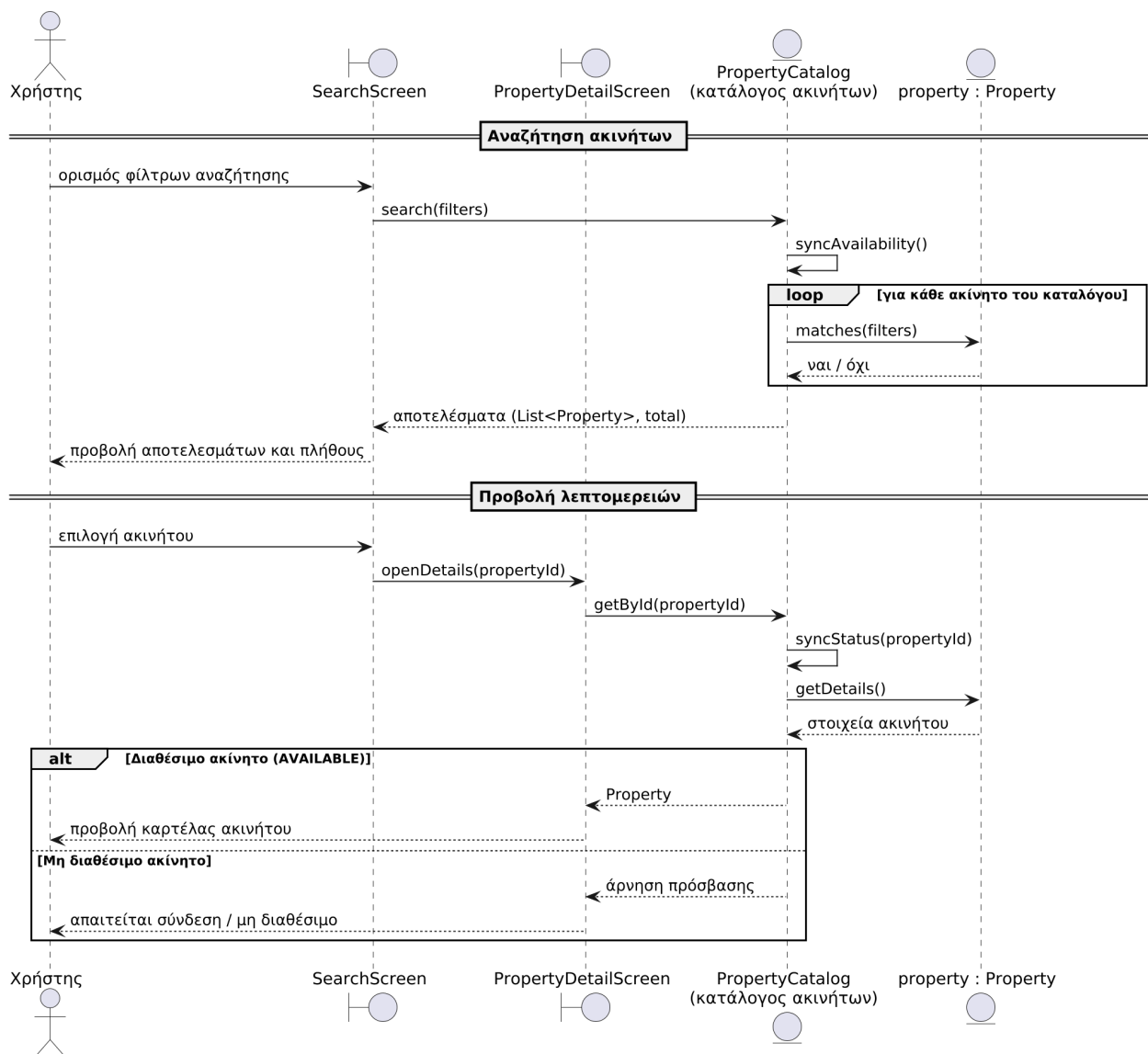
ακίνητο (βλ. UC-03). Η ροή είναι διαθέσιμη τόσο σε ανώνυμους όσο και σε αυθεντικοποιημένους χρήστες, με διαφοροποίηση ως προς τα δικαιώματα πρόσβασης στην αναλυτική προβολή.

Κατά την αναζήτηση, ο χρήστης ορίζει φίλτρα (π.χ. περιοχή, εύρος τιμής ή βασικά χαρακτηριστικά) στην οθόνη αναζήτησης (SearchScreen). Η οθόνη καλεί την κλάση Property με τη μέθοδο search(filters), η οποία εφαρμόζει εσωτερικά filterAvailable() ώστε να επιστρέφονται μόνο διαθέσιμα ακίνητα. Τα αποτελέσματα προβάλλονται στον χρήστη ως λίστα καταχωρίσεων. Για κάθε ακίνητο μπορούν να συμπεριληφθούν και αντικειμενικά χαρακτηριστικά, όπως η βαθμολογία ποιότητας περιοχής (area score), τα οποία χρησιμοποιούνται σε επόμενες φάσεις πολυκριτήριας αξιολόγησης.

Για την προβολή λεπτομερειών, ο χρήστης επιλέγει ένα ακίνητο από τα αποτελέσματα. Η SearchScreen ανοίγει την οθόνη αναλυτικής προβολής (PropertyDetailScreen), η οποία καλεί Property.getDetails(). Εάν το ακίνητο είναι διαθέσιμο (κατάσταση AVAILABLE), επιστρέφονται και προβάλλονται τα πλήρη στοιχεία του. Σε αντίθετη περίπτωση, η πρόσβαση περιορίζεται: για ανώνυμο χρήστη εμφανίζεται ένδειξη μη διαθεσιμότητας ή απαίτησης σύνδεσης, ενώ για εξουσιοδοτημένο ιδιοκτήτη ή διαχειριστή επιτρέπεται η προβολή ανεξάρτητα από τη δημόσια διαθεσιμότητα.

Η ροή διασφαλίζει ορθή και ασφαλή παρουσίαση των ακινήτων, διατηρώντας συνέπεια μεταξύ της κατάστασης μίσθωσης και των στοιχείων που εμφανίζονται στη διεπαφή. Το Σχήμα 4.4 συνοψίζει τη δυναμική αλληλεπίδραση. Η τεχνική υλοποίηση (HTTP endpoints, συγχρονισμός κατάστασης συμβολαίων) αναλύεται στο Κεφάλαιο 5.

Σχήμα 4.4 — Διάγραμμα ακολουθίας αναζήτησης και προβολής ακινήτων



Σχήμα 4.4 Διάγραμμα ακολουθίας αναζήτησης και προβολής ακινήτων

4.6.3 Ροή παραγωγής προτεινόμενων αποτελεσμάτων

Η ροή παραγωγής προτεινόμενων αποτελεσμάτων αποτελεί τη βασική λειτουργία υποστήριξης απόφασης του συστήματος, καθώς μετατρέπει τις προτιμήσεις του χρήστη σε κατάταξη διαθέσιμων ακινήτων (βλ. UC-04). Η ροή οργανώνεται σε δύο στάδια: δήλωση προτιμήσεων και παραγωγή κατάταξης.

Στο πρώτο στάδιο, ο υποψήφιος ενοικιαστής δηλώνει τις προτιμήσεις του στην οθόνη προτιμήσεων (PreferencesScreen), εισάγοντας συγκρίσεις κατά ζεύγη κριτηρίων (ή

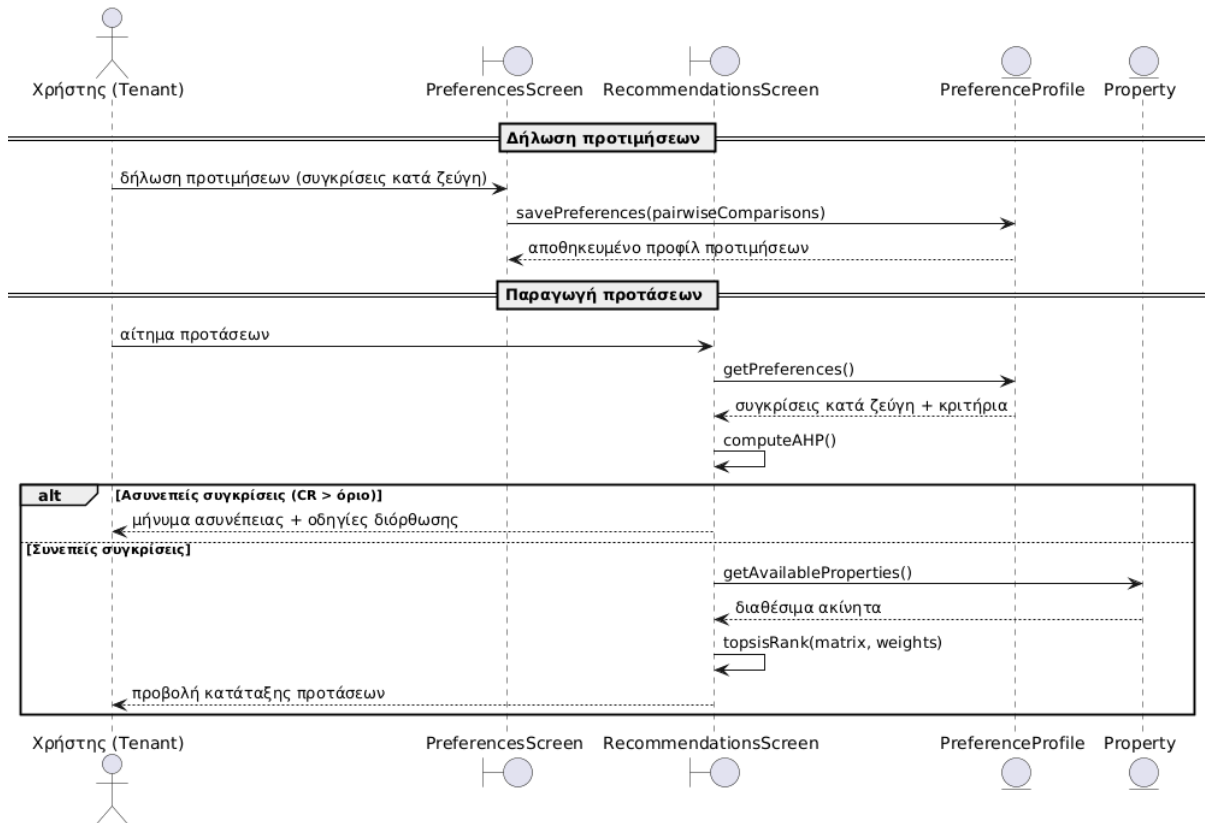
ισοδύναμα μέσω sliders, βλ. Ενότητα 6.2). Η οθόνη αποθηκεύει τις συγκρίσεις στο PreferenceProfile με `savePreferences(pairwiseComparisons)` και επιβεβαιώνει την αποθήκευση του προφίλ.

Στο δεύτερο στάδιο, ο χρήστης ζητά προτάσεις από την οθόνη συστάσεων (RecommendationsScreen). Η οθόνη ανακτά τις αποθηκευμένες προτιμήσεις με `getPreferences()` από το PreferenceProfile και υπολογίζει τα βάρη των κριτηρίων με `computeAHP()`. Εάν ο δείκτης συνέπειας (CR) υπερβαίνει το αποδεκτό όριο, η ροή τερματίζεται και η οθόνη ενημερώνει τον χρήστη με μήνυμα ασυνέπειας και οδηγίες διόρθωσης συγκεκριμένων ζευγών.

Εάν οι συγκρίσεις είναι συνεπείς, η RecommendationsScreen ανακτά τα διαθέσιμα ακίνητα από την κλάση Property με `getAvailableProperties()`, συγκροτεί τον πίνακα απόφασης (κόστος, εμβαδόν, τύπος ακινήτου, area score) και εφαρμόζει `topsisRank(matrix, weights)` για την τελική κατάταξη. Τα αποτελέσματα προβάλλονται στον χρήστη ταξινομημένα κατά φθίνουσα καταλληλότητα.

Η ροή διασφαλίζει ότι οι προτάσεις βασίζονται σε τεκμηριωμένη πολυκριτήρια διαδικασία (AHP για στάθμιση, TOPSIS για κατάταξη) και σε έγκυρες προτιμήσεις. Το Σχήμα 4.5 αποτυπώνει τη δυναμική αλληλεπίδραση. Οι αλγοριθμικές λεπτομέρειες περιγράφονται στο Κεφάλαιο 6, ενώ η τεχνική υλοποίηση (REST API, χειρισμός σφαλμάτων) στο Κεφάλαιο 5.

Σχήμα 4.5 – Διάγραμμα ακολουθίας παραγωγής προτεινόμενων αποτελεσμάτων



Σχήμα 4.5 Διάγραμμα ακολουθίας παραγωγής προτεινόμενων αποτελεσμάτων

4.6.4 Σύννοψη ροών και αλληλεπίδρασης

Οι ροές ακολουθίας που παρουσιάστηκαν αποτυπώνουν τη δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ οθονών διεπαφής (<<boundary>>) και κλάσεων domain κατά την εκτέλεση κρίσιμων λειτουργιών: αυθεντικοποίηση χρήστη, αναζήτηση και προβολή ακινήτων, καθώς και παραγωγή προτεινόμενων αποτελεσμάτων βάσει πολυκριτήριας ανάλυσης. Μέσω των διαγραμμάτων αναδεικνύεται ο τρόπος με τον οποίο οι οθόνες (LoginScreen, SearchScreen, PropertyDetailScreen, PreferencesScreen, RecommendationsScreen) ανταλλάσσουν μηνύματα με τις κλάσεις User, Property και PreferenceProfile, χωρίς να εκθέτουν λεπτομέρειες υποδομής (controllers, βάση δεδομένων, HTTP).

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον έλεγχο πρόσβασης κατά την αυθεντικοποίηση, στη διαχείριση της διαθεσιμότητας των ακινήτων κατά την αναζήτηση και στην αξιοποίηση αποθηκευμένων προτιμήσεων για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων. Οι παρουσιαζόμενες ροές επικεντρώνονται σε λειτουργίες με αυξημένο σχεδιαστικό

ενδιαφέρον, οι οποίες αποτελούν τον πυρήνα της λειτουργικότητας του συστήματος. Οι υπόλοιπες λειτουργίες ακολουθούν τα ίδια πρότυπα αλληλεπίδρασης που καθορίστηκαν στο Κεφάλαιο 3, ενώ η τεχνική υλοποίησή τους παρουσιάζεται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

5. Υλοποίηση της εφαρμογής

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η υλοποίηση της διαδικτυακής εφαρμογής που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η παρουσίαση εστιάζει στις βασικές τεχνολογικές επιλογές, στη συνολική αρχιτεκτονική του συστήματος και στους κύριους μηχανισμούς που υποστηρίζουν τις λειτουργικές απαιτήσεις οι οποίες αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 3 και σχεδιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4.

Η εφαρμογή υλοποιήθηκε με αρχιτεκτονική client–server, με σαφή διαχωρισμό ανάμεσα στο υποσύστημα διεπαφής χρήστη και στο υποσύστημα επιχειρησιακής λογικής και διαχείρισης δεδομένων, επιτρέποντας την ανεξάρτητη ανάπτυξη και συντήρηση των επιμέρους υποσυστημάτων.

5.1 Τεχνολογίες και εργαλεία ανάπτυξης

Για την υλοποίηση της εφαρμογής επιλέχθηκε ένα σύνολο σύγχρονων τεχνολογιών ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών, οι οποίες υποστηρίζουν τη δομημένη ανάπτυξη, την επεκτασιμότητα και την ασφάλεια του συστήματος. Το frontend υλοποιήθηκε ως Single Page Application, επιτρέποντας δυναμική αλληλεπίδραση με τον χρήστη, ενώ το backend υλοποιήθηκε ως RESTful web service, υπεύθυνο για την επιχειρησιακή λογική, την αυθεντικοποίηση χρηστών και την πρόσβαση στη βάση δεδομένων.

Η επικοινωνία μεταξύ των υποσυστημάτων πραγματοποιείται μέσω HTTP αιτημάτων με ανταλλαγή δεδομένων σε μορφή JSON. Η επίμονη αποθήκευση των δεδομένων υλοποιείται σε σχεσιακή βάση δεδομένων, ενώ η εκτέλεση της εφαρμογής υποστηρίζεται μέσω τεχνολογιών containerization.

Επίπεδο συστήματος	Τεχνολογία	Ρόλος στην εφαρμογή
Frontend	React	Υλοποίηση διεπαφής χρήστη και πλοήγησης
Backend	FastAPI (Python)	Επιχειρησιακή λογική και RESTful API
Βάση δεδομένων	PostgreSQL	Επίμονη αποθήκευση δεδομένων

ORM	SQLAlchemy	Αντικειμενοσχεσιακή χαρτογράφηση
Αυθεντικοποίηση	JSON Web Tokens (JWT)	Έλεγχος ταυτότητας και συνεδρίας
Containerization	Docker / docker-compose	Αναπαραγωγή και εκτέλεση συστήματος

Πίνακας 5.1 Τεχνολογίες και εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην υλοποίηση

5.2 Υλοποίηση frontend εφαρμογής

Το frontend της εφαρμογής αποτελεί το υποσύστημα μέσω του οποίου ο χρήστης αλληλεπιδρά με το σύστημα. Η υλοποίηση βασίζεται σε αρχιτεκτονική Single Page Application, όπου η πλοήγηση και η αλλαγή περιεχομένου πραγματοποιούνται δυναμικά, χωρίς πλήρη ανανέωση της σελίδας.

Η δομή του frontend οργανώνεται σε διακριτές οθόνες, οι οποίες αντιστοιχούν στις βασικές λειτουργικές ενότητες του συστήματος και στους ρόλους χρηστών που έχουν οριστεί στις περιπτώσεις χρήσης. Υπάρχουν δημόσιες οθόνες για την προβολή και αναζήτηση ακινήτων, καθώς και προστατευμένες οθόνες για πιστοποιημένους χρήστες, ανάλογα με τον ρόλο τους ως υποψήφιοι ενοικιαστές, ιδιοκτήτες ή διαχειριστές.

Η πλοήγηση υλοποιείται μέσω μηχανισμού δρομολόγησης, ενώ η πρόσβαση σε συγκεκριμένες λειτουργίες ελέγχεται με βάση την κατάσταση αυθεντικοποίησης του χρήστη. Η επικοινωνία με το backend πραγματοποιείται αποκλειστικά μέσω του RESTful API, με το frontend να λειτουργεί ως καταναλωτής των παρεχόμενων υπηρεσιών χωρίς να ενσωματώνει επιχειρησιακή λογική.

5.3 Υλοποίηση backend και RESTful API

Το backend της εφαρμογής υλοποιεί τον πυρήνα της επιχειρησιακής λογικής του συστήματος και είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση των δεδομένων και την εφαρμογή των επιχειρησιακών κανόνων. Η υλοποίηση βασίζεται σε RESTful αρχιτεκτονική, με ανταλλαγή δεδομένων σε μορφή JSON.

Η δομή του backend οργανώνεται σε επιμέρους ενότητες που αντιστοιχούν στις βασικές λειτουργικές περιοχές του συστήματος, όπως χρήστες, ακίνητα, ενοικιαστές και μισθώσεις. Κάθε ενότητα περιλαμβάνει τον ορισμό των αντίστοιχων endpoints, τον έλεγχο εγκυρότητας των δεδομένων εισόδου και την πρόσβαση στη βάση δεδομένων μέσω αντικειμενοσχεσιακής χαρτογράφησης.

Η χρήση ORM επιτρέπει τη συνεπή αντιστοίχιση των οντοτήτων της βάσης δεδομένων με τις κλάσεις του συστήματος, όπως αυτές έχουν παρουσιαστεί στο μοντέλο δεδομένων του Κεφαλαίου 4.

5.4 Μηχανισμοί αυθεντικοποίησης και ασφάλειας

Η ασφάλεια της εφαρμογής αποτελεί βασικό παράγοντα της υλοποίησης, δεδομένου ότι το σύστημα διαχειρίζεται προσωπικά δεδομένα χρηστών και πληροφορίες μισθώσεων. Για τον λόγο αυτό εφαρμόστηκε μηχανισμός αυθεντικοποίησης βασισμένος σε JSON Web Tokens.

Κατά τη διαδικασία σύνδεσης, ο χρήστης αυθεντικοποιείται με τα διαπιστευτήριά του και το σύστημα εκδίδει διακριτικό πρόσβασης (access token), το οποίο χρησιμοποιείται για την πρόσβαση σε προστατευμένες λειτουργίες. Παράλληλα, υποστηρίζεται μηχανισμός ανανέωσης συνεδρίας μέσω refresh token, ώστε να διατηρείται η συνέχεια της χρήσης χωρίς υποβάθμιση της ασφάλειας.

Η εξουσιοδότηση βασίζεται στους εξειδικευμένους ρόλους του Σχήματος 3.1, σύμφωνα με τις περιπτώσεις χρήσης που έχουν οριστεί. Επιπλέον, εφαρμόζονται έλεγχοι ιδιοκτησίας πόρων, ώστε κάθε χρήστης να έχει πρόσβαση μόνο στα δεδομένα που του αναλογούν. Οι κωδικοί πρόσβασης αποθηκεύονται σε κρυπτογραφημένη μορφή, σύμφωνα με καθιερωμένες πρακτικές ασφάλειας εφαρμογών ιστού.

Η ιεραρχία actors του Κεφαλαίου 3 (Χρήστης Συστήματος και εξειδικευμένοι ρόλοι) αντιστοιχεί στην υλοποίηση ως εξής: όλοι οι χρήστες αποθηκεύονται στον πίνακα users, οι κοινές λειτουργίες ταυτότητας (εγγραφή, σύνδεση, ανανέωση συνεδρίας) εκτίθενται μέσω των endpoints /users/register, /login και /auth/refresh, ενώ η διάκριση δικαιωμάτων γίνεται με το πεδίο role στους routers. Η γενίκευση στο UML είναι σχεδιαστική: δεν χρησιμοποιείται πολypίνακη ORM κληρονομικότητα, αλλά single-table μοντέλο με discriminator.

Πέρα από την έκδοση και επαλήθευση JWT tokens, η ασφάλεια υλοποιείται μέσω JWTAuthMiddleware, το οποίο εφαρμόζεται σε επίπεδο εφαρμογής πριν από την εκτέλεση των handlers. Το middleware απαιτεί Bearer token για τα προστατευμένα endpoints, ενώ επιτρέπει ελεγχόμενη πρόσβαση σε δημόσιες διαδρομές (π.χ. /login, /users/register, /properties/search, /areas, /health). Για την προβολή λεπτομερειών ακινήτου (UC-03), επιτρέπεται ανώνυμη πρόσβαση μόνο για διαθέσιμα (AVAILABLE) ακίνητα, για μη διαθέσιμα απαιτείται αυθεντικοποίηση και έλεγχος δικαιωμάτων, ώστε να μην αποκαλύπτεται η ύπαρξη ακινήτου σε μη εξουσιοδοτημένους χρήστες.

Σε επίπεδο υλοποίησης, οι παραπάνω αρχές εφαρμόζονται στους routers των πόρων (properties, tenants, contracts) με ρητό διαχωρισμό ρόλων (ADMIN, OWNER, TENANT) και περιορισμό πρόσβασης ανά ιδιοκτήτη (owner-scoped): ο OWNER διαχειρίζεται μόνο τα δικά του ακίνητα, ενοικιαστές και συμβόλαια, ενώ ο ADMIN έχει εποπτεία σε επίπεδο συστήματος. Έτσι, ένα έγκυρο JWT δεν αρκεί από μόνο του αν ο χρήστης δεν έχει δικαίωμα στον συγκεκριμένο πόρο.

Επιπλέον, για τα endpoints αυθεντικοποίησης (/login, /auth/refresh) προβλέπεται προαιρετικός περιορισμός ρυθμού αιτημάτων (rate limiting ανά IP), ενεργοποιούμενος μέσω περιβαλλοντικής μεταβλητής, ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος brute-force επιθέσεων. Για τα PDF συμβολαίων, η αποθήκευση αρχείων εφαρμόζει ελέγχους τύπου MIME, magic bytes (%PDF-) και μέγιστου μεγέθους (5 MB), καθώς και προστασία από path traversal. Τέλος, το backend ρυθμίζεται με CORS middleware για ελεγχόμενη επικοινωνία με το React frontend (development origins).

5.5 Διαχείριση δεδομένων και μισθώσεων

Η διαχείριση των δεδομένων της εφαρμογής πραγματοποιείται μέσω σχεσιακής βάσης δεδομένων, η οποία αποθηκεύει τις κύριες οντότητες του συστήματος. Το σχήμα της βάσης δεδομένων έχει σχεδιαστεί ώστε να διασφαλίζει την ακεραιότητα και τη συνέπεια των δεδομένων, σύμφωνα με το μοντέλο που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη διαχείριση των μισθώσεων, καθώς αυτές αποτελούν κεντρικό στοιχείο της λειτουργίας του συστήματος. Το σύστημα υποστηρίζει τη δημιουργία, την ενημέρωση και τον τερματισμό μισθώσεων, ενώ εφαρμόζονται επιχειρησιακοί κανόνες που

αποτρέπουν ασυνεπείς καταστάσεις, όπως η ύπαρξη περισσότερων της μίας ενεργών μισθώσεων για το ίδιο ακίνητο.

5.6 Έλεγχος ορθής λειτουργίας (Testing)

Κατά την υλοποίηση της εφαρμογής δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στον έλεγχο της ορθής λειτουργίας των βασικών μηχανισμών και ροών του συστήματος, με στόχο τη διασφάλιση ότι η υλοποίηση ανταποκρίνεται στις λειτουργικές απαιτήσεις που έχουν περιγραφεί στο Κεφάλαιο 3.

Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε πολλαπλά επίπεδα. Σε επίπεδο backend, επαληθεύτηκε η ορθότητα της επιχειρησιακής λογικής που αφορά τη διαχείριση χρηστών, ακινήτων και μισθώσεων, καθώς και η εφαρμογή των κανόνων αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε σε κρίσιμες λειτουργίες, όπως η δημιουργία, η ενημέρωση και ο τερματισμός μισθώσεων, καθώς και στη σωστή συμπεριφορά του συστήματος σε περιπτώσεις μη έγκυρων ή μη εξουσιοδοτημένων αιτημάτων.

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι ολοκλήρωσης για βασικά endpoints του RESTful API, με σκοπό την επαλήθευση της ορθής συνεργασίας μεταξύ επιχειρησιακής λογικής, μηχανισμών ασφάλειας και βάσης δεδομένων. Οι έλεγχοι αυτοί συνέβαλαν στον έγκαιρο εντοπισμό ασυνεπειών και σφαλμάτων που δεν είναι εύκολο να ανιχνευθούν σε απομονωμένο επίπεδο ελέγχου.

Σε επίπεδο διεπαφής χρήστη, ελέγχθηκαν βασικές ροές χρήστη, όπως η αυθεντικοποίηση, η πλοήγηση μεταξύ οθονών και η εκτέλεση λειτουργιών που σχετίζονται με τους διαφορετικούς ρόλους χρηστών. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε έλεγχος ολοκληρωμένων σεναρίων χρήσης (end-to-end testing), ο οποίος προσομοιώνει τη συμπεριφορά πραγματικών χρηστών και επιβεβαιώνει την ορθή συνεργασία όλων των υποσυστημάτων της εφαρμογής, από τη διεπαφή χρήστη έως τη βάση δεδομένων.

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης εφαρμόστηκε επίσης πρακτική παλινδρομικού ελέγχου (regression testing), με στόχο τη διασφάλιση ότι οι αλλαγές ή επεκτάσεις στη λειτουργικότητα δεν επηρεάζουν αρνητικά ήδη υλοποιημένες ροές του συστήματος. Η πρακτική αυτή συνέβαλε στη διατήρηση της σταθερότητας της εφαρμογής καθ' όλη τη διάρκεια της εξελικτικής της ανάπτυξης.

Ο έλεγχος υλοποιήθηκε με ευρέως διαδεδομένα εργαλεία ανά επίπεδο. Στο backend χρησιμοποιήθηκε το πλαίσιο pytest (με pytest-cov για μέτρηση κάλυψης και httpx για κλήσεις στο REST API), με συνολικά 132 ελέγχους καταναμεμένους σε 14 αρχεία, οι οποίοι καλύπτουν αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση, διαχείριση χρηστών, ακινήτων, ενοικιαστών και μισθώσεων, το πολυκριτήριο σύστημα συστάσεων, τον συγχρονισμό κατάστασης ακινήτων και τη συμπεριφορά σε σφάλματα βάσης δεδομένων. Στη διεπαφή χρήστη χρησιμοποιήθηκε το React Testing Library σε συνδυασμό με το Jest, με 33 ελέγχους συστατικών (component tests) σε 15 αρχεία, που επαληθεύουν την απόδοση φορμών, λιστών και ροών ανά ρόλο χρήστη. Τέλος, για τους ελέγχους ολοκληρωμένων σεναρίων (end-to-end) χρησιμοποιήθηκε το Playwright, με 13 σενάρια σε 10 αρχεία, τα οποία προσομοιώνουν πλήρεις ροές ιδιοκτήτη, ενοικιαστή και διαχειριστή, καθώς και σενάρια ασφάλειας (ανανέωση token, έλεγχοι δικαιωμάτων) και δημόσιας αναζήτησης ακινήτων.

Επίπεδο Ελέγχου	Εργαλείο	Πλήθος αρχείων	Πλήθος tests
Backend (unit + integration)	pytest (+ pytest-cov, httpx)	14 αρχεία test_*.py	132 test functions
Frontend (component)	Jest + React Testing Library	15 αρχεία *.test.js	33 test cases
E2E	Playwright (@playwright/test 1.55)	10 αρχεία *.spec.js	13 σενάρια

Πίνακας 5.2 Σύνοψη ελέγχων

Τα μεγέθη του πίνακα αντιστοιχούν στο σύνολο των αυτοματοποιημένων ελέγχων που συνοδεύουν την εφαρμογή. Οι έλεγχοι backend υλοποιήθηκαν με το pytest και εκτελούνται τόσο σε απομονωμένο επίπεδο όσο και σε επίπεδο ολοκλήρωσης, αξιοποιώντας πελάτη HTTP (httpx) έναντι των endpoints του REST API. Πριν από κάθε έλεγχο, το σχήμα της βάσης δεδομένων ανακατασκευάζεται από μηδενική κατάσταση μέσω των πραγματικών μετασχηματισμών Alembic (alembic upgrade head) και ακολουθεί αρχικοποίηση των απαραίτητων δεδομένων κριτηρίων, με τον τρόπο αυτό κάθε έλεγχος είναι πλήρως ανεξάρτητος και επικυρώνεται έναντι του ίδιου σχήματος που χρησιμοποιείται στην παραγωγή. Οι έλεγχοι frontend επικεντρώνονται στη συμπεριφορά μεμονωμένων συστατικών (component testing) με React Testing Library και Jest, ενώ οι έλεγχοι Playwright καλύπτουν ολοκληρωμένα σενάρια από τη διεπαφή έως τη βάση. Η πρακτική

παλινδρομικού ελέγχου (regression) συνίσταται στην επανεκτέλεση του συνόλου των παραπάνω ελέγχων σε κάθε σημαντική αλλαγή.

Περιοχή λειτουργικότητας	Αρχεία test	Έλεγχοι
Αυθεντικοποίηση / εξουσιοδότηση)	test_auth	16
Διαχείριση χρηστών	test_user_crud	24
Διαχείριση ακινήτων	test_property_crud, _public_detail, search_public	29
Συμβόλαια / μισθώσεις	test_contract_crud, management, upload	38
Ενοικιαστές	test_tenant_crud	14
Σύστημα συστάσεων (AHP/TOPSIS)	test_recommendations	5
Συγχρονισμός κατάστασης ακινήτου	test_status_sync_on_access	1
Βάση δεδομένων / σφάλματα	test_db_connection, test_db_errors	3
Ασφάλεια (hashing κωδικών)	test_password_hashing	2
Σύνολο	14 αρχεία	132

Πίνακας 5.3 Ανάλυση backend ανά περιοχή

Η κατανομή των ελέγχων ανά περιοχή αντικατοπτρίζει τη σχετική κρισιμότητα κάθε λειτουργίας: οι περιοχές με σύνθετους κανόνες εξουσιοδότησης και κύκλο ζωής δεδομένων (συμβόλαια/μισθώσεις, ακίνητα, χρήστες) συγκεντρώνουν τον μεγαλύτερο αριθμό ελέγχων, καθώς εκεί εντοπίζονται οι περισσότερες ακραίες περιπτώσεις και έλεγχοι δικαιωμάτων πρόσβασης. Οι έλεγχοι του συστήματος συστάσεων εστιάζουν στην ορθότητα της αλυσίδας AHP→TOPSIS και στη διαχείριση μη έγκυρων ή ασυνεπών εισόδων (π.χ. απόρριψη όταν ο δείκτης συνέπειας υπερβαίνει το όριο).

Ο συνδυασμός των παραπάνω ελέγχων ενισχύει τη συνολική αξιοπιστία του συστήματος και διασφαλίζει ότι η εφαρμογή λειτουργεί ορθά ως ενιαίο σύνολο, σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τις περιπτώσεις χρήσης που έχουν οριστεί.

5.7 Ανάπτυξη και εκτέλεση με docker

Για την ανάπτυξη και εκτέλεση της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε τεχνολογία containerization μέσω Docker, η οποία επιτρέπει την αναπαραγωγή και λειτουργία του συστήματος ανεξάρτητα από το υποκείμενο περιβάλλον εκτέλεσης. Η επιλογή αυτή διευκολύνει τόσο τη διαδικασία ανάπτυξης όσο και την παρουσίαση και αξιολόγηση της εφαρμογής.

Κάθε βασικό υποσύστημα της εφαρμογής εκτελείται σε ξεχωριστό container, συμπεριλαμβανομένου του backend, του frontend και της βάσης δεδομένων. Η ενορχήστρωση των containers πραγματοποιείται μέσω docker-compose, το οποίο επιτρέπει την ταυτόχρονη εκκίνηση όλων των υπηρεσιών με ενιαίο και αυτοματοποιημένο τρόπο.

Οι ρυθμίσεις εκτέλεσης, όπως τα στοιχεία σύνδεσης με τη βάση δεδομένων και οι παράμετροι ασφάλειας, ορίζονται μέσω μεταβλητών περιβάλλοντος. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του πηγαίου κώδικα από τις ρυθμίσεις συστήματος, γεγονός που διευκολύνει την προσαρμογή της εφαρμογής σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Η χρήση Docker συμβάλλει στη μείωση προβλημάτων συμβατότητας, στην ευκολότερη αναπαραγωγή του περιβάλλοντος εκτέλεσης και στη συνολική αξιοπιστία της εφαρμογής ως ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος.

6. Υλοποίηση Πολυκριτήριου Συστήματος Συστάσεων

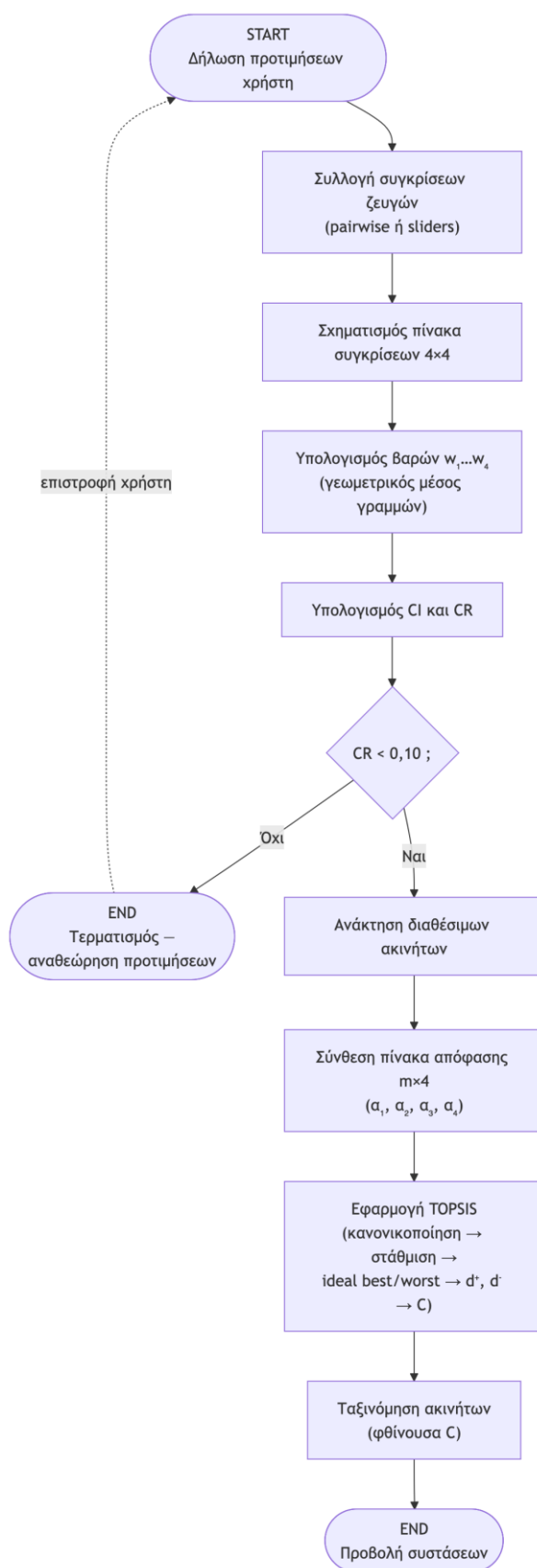
Το παρόν κεφάλαιο περιγράφει την υλοποίηση του πολυκριτήριου μηχανισμού συστάσεων της εφαρμογής: από τον ορισμό των κριτηρίων αξιολόγησης έως την παραγωγή εξατομικευμένης κατάταξης ακινήτων για τον ενοικιαστή.

Σε αντίθεση με απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση, η προσέγγιση επιτρέπει συγχρονισμένη εξισορρόπηση πολλαπλών και συχνά αντικρουόμενων κριτηρίων (π.χ. κόστος, εμβαδόν, τύπος ακινήτου, ποιότητα περιοχής).

Η ροή διαχωρίζεται σε δύο στάδια: με τη μέθοδο Analytic Hierarchy Process (AHP) εξάγονται τα βάρη των κριτηρίων από τις δηλωμένες προτιμήσεις του χρήστη (pairwise συγκρίσεις ή sliders), ενώ με τη μέθοδο TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) παράγεται η τελική κατάταξη των διαθέσιμων ακινήτων με βάση τον πίνακα απόφασης και τα βάρη αυτά. Έτσι, οι προτιμήσεις (υποκειμενικές) διαχωρίζονται από την αξιολόγηση των εναλλακτικών (δεδομένα ακινήτων).

Η δομή του κεφαλαίου ακολουθεί τη ροή υλοποίησης: Ενότητα 6.1 ορισμός κριτηρίων, 6.2 συλλογή προτιμήσεων, 6.3 AHP (βάρη και έλεγχος συνέπειας CI/CR), 6.4 TOPSIS, 6.5 ενσωμάτωση στο endpoint GET /recommendations και 6.6 ενδεικτικό παράδειγμα εκτέλεσης.

Η ακολουθία βημάτων από τη συλλογή προτιμήσεων έως την κατάταξη των ακινήτων συνοψίζεται στο Σχήμα 6.1. Τα επιμέρους στάδια αναλύονται στις Ενότητες 6.1–6.6.



Σχήμα 6.1 Διάγραμμα ροής από προτιμήσεις σε κατάταξη ακινήτων

Το AHP και η TOPSIS εκτελούνται διαδοχικά: πρώτα εξάγονται και ελέγχονται τα βάρη (6.3), στη συνέχεια εφαρμόζεται η κατάταξη (6.4) πάνω στον πίνακα αποφάσεων (6.1).

6.1 Ορισμός και επιλογή κριτηρίων αξιολόγησης

Η αποτελεσματικότητα ενός πολυκριτήριου συστήματος συστάσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον ορθό ορισμό και την κατάλληλη επιλογή των κριτηρίων αξιολόγησης που λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, τα κριτήρια αξιολόγησης των ακινήτων επιλέχθηκαν με στόχο να αποτυπώνουν με ρεαλιστικό και ισορροπημένο τρόπο τις βασικές παραμέτρους που επηρεάζουν την επιλογή κατοικίας προς ενοικίαση, λαμβάνοντας υπόψη τόσο αντικειμενικά χαρακτηριστικά των ακινήτων όσο και τις υποκειμενικές προτιμήσεις των χρηστών.

Η διαδικασία επιλογής των κριτηρίων βασίστηκε στη διεθνή βιβλιογραφία που αφορά πολυκριτήρια συστήματα αξιολόγησης και συστάσεων στον τομέα του real estate. Πλήθος ερευνητικών μελετών καταδεικνύει ότι η επιλογή ακινήτων αποτελεί πολυδιάστατο πρόβλημα, στο οποίο εμπλέκονται οικονομικοί, χωρικοί, δομικοί και ποιοτικοί παράγοντες, οι οποίοι συχνά βρίσκονται σε σχέση αντιστάθμισης μεταξύ τους (Pagourtzi et al. 2003; Kauko 2007; Zavadskas et al. 2015).

Στην παρούσα υλοποίηση, τα κριτήρια οργανώνονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες: οικονομικά, χωρικά, δομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του ακινήτου. Η ομαδοποίηση αυτή ακολουθεί καθιερωμένες προσεγγίσεις της βιβλιογραφίας και διευκολύνει τη δομημένη ανάλυση του προβλήματος μέσω της μεθόδου AHP, καθώς και τη μελλοντική επεκτασιμότητα του συστήματος (Saaty 1980; Ishizaka and Nemery 2013).

Στα οικονομικά κριτήρια περιλαμβάνεται το κόστος ενοικίασης του ακινήτου, το οποίο αναγνωρίζεται σχεδόν καθολικά ως το σημαντικότερο κριτήριο επιλογής κατοικίας. Το ενοίκιο αντιμετωπίζεται ως κριτήριο ελαχιστοποίησης, καθώς χαμηλότερες τιμές θεωρούνται, υπό ίσες συνθήκες, πιο ελκυστικές για τον υποψήφιο ενοικιαστή. Η επιλογή αυτή συμφωνεί με πλήθος μελετών που αναδεικνύουν το οικονομικό κόστος ως πρωτεύον παράγοντα στη διαδικασία λήψης απόφασης (Pagourtzi et al. 2003; Zavadskas et al. 2015).

Τα χωρικά κριτήρια αφορούν την τοποθεσία του ακινήτου και τα χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία αυτό βρίσκεται. Η βιβλιογραφία επισημαίνει τη σημασία παραμέτρων

όπως η προσβασιμότητα, η εγγύτητα σε υποδομές και η γενικότερη ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος (Kauko 2007, Zhang et al. 2018). Στην παρούσα υλοποίηση, η ποιότητα της περιοχής προσεγγίζεται μέσω ενός σταθερού δείκτη (area score), ο οποίος λειτουργεί ως σύνθετο χωρικό χαρακτηριστικό και επιτρέπει την ενσωμάτωση ποιοτικών παραμέτρων τοποθεσίας στο μοντέλο TOPSIS, χωρίς την ανάγκη χρήσης εξωτερικών γεωχωρικών υπηρεσιών.

Στα δομικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνονται παράμετροι που σχετίζονται με τα φυσικά γνωρίσματα του ακινήτου, όπως το εμβαδόν και ο τύπος της κατοικίας. Το εμβαδόν αποτελεί βασικό δείκτη λειτουργικότητας και άνεσης και αντιμετωπίζεται ως κριτήριο μεγιστοποίησης. Ο τύπος του ακινήτου μοντελοποιείται ως διατακτικό (ordinal) κριτήριο μέσω προκαθορισμένης αντιστοίχισης σε αριθμητική κλίμακα (STUDIO=1, APARTMENT=2, MAISONETTE=3, DETACHED_HOUSE=4) και αντιμετωπίζεται ως κριτήριο μεγιστοποίησης, βάσει της υπόθεσης ότι ο μεγαλύτερος τύπος κατοικίας αντιστοιχεί κατά κανόνα σε περισσότερο χώρο και αυξημένη λειτουργικότητα. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί συνειδητή απλοποίηση που επιτρέπει την ενσωμάτωση ενός κατηγορικού χαρακτηριστικού στο αριθμητικό πλαίσιο της TOPSIS, οι περιορισμοί της αναλύονται στην Ενότητα 7.4. Τα δομικά κριτήρια αναφέρονται συστηματικά στη βιβλιογραφία ως κρίσιμοι παράγοντες αξιολόγησης ακινήτων (Pagourtzi et al. 2003, Zavadskas et al. 2015).

Τέλος, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά εντάσσονται παράγοντες που δεν αποτυπώνονται αποκλειστικά μέσω αριθμητικών μεγεθών, αλλά επηρεάζουν ουσιαστικά τη συνολική ελκυστικότητα ενός ακινήτου, όπως η γενική κατάσταση ή πρόσθετες παροχές. Η ενσωμάτωση τέτοιων χαρακτηριστικών σε πολυκριτήρια συστήματα συστάσεων προτείνεται στη βιβλιογραφία ως τρόπος βελτίωσης της ακρίβειας και της χρησιμότητας των παραγόμενων προτάσεων (Adomavicius and Tuzhilin 2005; Behzadian et al. 2012).

Η τελική επιλογή των κριτηρίων πραγματοποιήθηκε με γνώμονα την ισορροπία μεταξύ πληρότητας και απλότητας. Ο αριθμός των κριτηρίων διατηρήθηκε σε επίπεδο που επιτρέπει την αποτελεσματική εφαρμογή της μεθόδου AHP, χωρίς να επιβαρύνεται υπερβολικά ο χρήστης με μεγάλο αριθμό συγκρίσεων κατά ζεύγη, ενώ παράλληλα καλύπτονται οι βασικές διαστάσεις της απόφασης επιλογής κατοικίας. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η συνοχή μεταξύ του θεωρητικού πολυκριτηρίου μοντέλου και της πρακτικής υλοποίησης του συστήματος (Saaty 1980; Triantaphyllou 2000).

Στην υλοποίηση της εφαρμογής επιλέχθηκαν τέσσερα κριτήρια αξιολόγησης, συνεπή με τα διαθέσιμα δεδομένα των οντοτήτων Property και Area και με την αλυσίδα AHP → TOPSIS. Ο Πίνακας 6.1 συνοψίζει τον ορισμό τους: κλειδί στο σύστημα, τύπος (benefit/cost), πηγή τιμής και κλίμακα μέτρησης.

Κλειδί (key)	Κριτήριο	Σύμβολο	Τύπος	Πηγή τιμής	Κλίμακα/σημεία
price	Ενοίκιο (€/μήνα)	α_1	cost (ελαχιστοποίηση)	Property.price	Συνεχής
size	Εμβαδόν (τ.μ.)	α_2	benefit (μεγιστοποίηση)	Property.size	Συνεχής
property_type	Τύπος ακινήτου	α_3	benefit (ordinal)	Property.property_type → mapping 1–4	STUDIO=1, APARTMENT=2, MAISONETTE=3, DETACHED_HOUSE=4
area_score	Ποιότητα περιοχής	α_4	benefit (μεγιστοποίηση)	Area.area_score (μέσω Property.area_id)	0–10

Πίνακας 6.1 Σύνοψη κριτηρίων αξιολόγησης

Η σειρά των κριτηρίων (price, size, property_type, area_score) αντιστοιχεί στη σταθερά CRITERIA_ORDER του recommendation_config.

Τα σύμβολα $\alpha_1 \dots \alpha_4$ αντιστοιχούν στη σειρά κριτηρίων του συστήματος (CRITERIA_ORDER) και στα βάρη $w_1 \dots w_4$ που προκύπτουν από AHP.

Τα βάρη των τεσσάρων κριτηρίων προκύπτουν από τις προτιμήσεις του χρήστη (Ενότητα 6.2) μέσω AHP (6.3), ενώ η τελική κατάταξη των ακινήτων παράγεται από TOPSIS (6.4) με βάση τον πίνακα απόφασης που σχηματίζεται από τις τιμές της στήλης «Πηγή τιμής».

6.2 Συλλογή προτιμήσεων χρηστών

Η συλλογή και αποτύπωση των προτιμήσεων των χρηστών αποτελεί κρίσιμο στάδιο στη λειτουργία ενός πολυκριτηρίου συστήματος συστάσεων, καθώς επηρεάζει άμεσα την ποιότητα και την αξιοπιστία των παραγόμενων αποτελεσμάτων. Στην παρούσα εργασία, η διαδικασία συλλογής προτιμήσεων έχει σχεδιαστεί με στόχο την αποτελεσματική

καταγραφή της σχετικής σημασίας που αποδίδει κάθε χρήστης στα επιμέρους κριτήρια αξιολόγησης, χωρίς να απαιτείται από αυτόν η άμεση δήλωση αριθμητικών βαρών.

Σε αντίθεση με απλούστερες προσεγγίσεις, όπου οι χρήστες καλούνται να ορίσουν απόλυτες τιμές ή ποσοστά βαρύτητας για κάθε κριτήριο, το προτεινόμενο σύστημα βασίζεται στη συγκριτική αξιολόγηση των κριτηρίων κατά ζεύγη. Η προσέγγιση αυτή θεωρείται καταλληλότερη σε περιβάλλοντα λήψης απόφασης με υποκειμενικές προτιμήσεις, καθώς διευκολύνει τον χρήστη να εκφράσει τις κρίσεις του με πιο φυσικό και κατανοητό τρόπο (Saaty 1980; Ishizaka and Labib 2011).

Η συλλογή των προτιμήσεων πραγματοποιείται στο πλαίσιο της αλληλεπίδρασης του υποψήφιου ενοικιαστή με την εφαρμογή, μέσω ειδικά σχεδιασμένης διεπαφής. Ο χρήστης καλείται να συγκρίνει τα κριτήρια αξιολόγησης ανά ζεύγη, απαντώντας σε ερωτήσεις που αφορούν τη σχετική τους σημασία ως προς τον συνολικό στόχο της επιλογής κατοικίας. Οι συγκρίσεις αυτές βασίζονται στη θεμελιώδη κλίμακα προτιμήσεων της μεθόδου AHP, η οποία επιτρέπει τη μετατροπή ποιοτικών κρίσεων σε ποσοτικά δεδομένα (Saaty 1980).

Η επιλογή της μεθόδου σύγκρισης κατά ζεύγη αιτιολογείται περαιτέρω από το γεγονός ότι μειώνει το γνωστικό φορτίο του χρήστη σε σχέση με την άμεση ανάθεση βαρών σε πολλαπλά κριτήρια. Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, οι χρήστες τείνουν να εκφράζουν με μεγαλύτερη συνέπεια και ακρίβεια τις προτιμήσεις τους όταν καλούνται να συγκρίνουν δύο στοιχεία κάθε φορά, παρά όταν πρέπει να αξιολογήσουν ταυτόχρονα ένα σύνολο κριτηρίων (Ishizaka and Nemery 2013).

Προτιμήσεις

Ορισμός προτιμήσεων για τις προτάσεις ακινήτων.

Συνολική προεπισκόπηση: €9.000.000 (OK) Threshold: 0.10 (backend authoritative)

Όνομα προφίλ

UC-04 Profile

Αποθήκευση προφίλ

AHP (Ζεύγη) Γρήγορα βάρη (Sliders → ζεύγη)

Επανάφορα (όλα = 1) Wizard mode Βοήθεια κλίμακας Saaty

Σύγκριση: Price (€/month) vs Size (sqm)

Ποιο είναι σημαντικότερο;

☒ Price (€/month) ☐ Size (sqm)

Ένταση (1 = ίσο, 9 = ακραίο)

Προτιμάται το Price (€/month) με ένταση 1.

Σύγκριση: Price (€/month) vs Property type (ordinal)

Ποιο είναι σημαντικότερο;

☒ Price (€/month) ☐ Property type (ordinal)

Ένταση (1 = ίσο, 9 = ακραίο)

Προτιμάται το Price (€/month) με ένταση 1.

Σύγκριση: Price (€/month) vs Area score

Ποιο είναι σημαντικότερο;

☒ Price (€/month) ☐ Area score

Ένταση (1 = ίσο, 9 = ακραίο)

Προτιμάται το Price (€/month) με ένταση 1.

Σύγκριση: Size (sqm) vs Property type (ordinal)

Ποιο είναι σημαντικότερο;

☒ Size (sqm) ☐ Property type (ordinal)

Ένταση (1 = ίσο, 9 = ακραίο)

Προτιμάται το Size (sqm) με ένταση 1.

Σύγκριση: Size (sqm) vs Area score

Ποιο είναι σημαντικότερο;

☒ Size (sqm) ☐ Area score

Ένταση (1 = ίσο, 9 = ακραίο)

Προτιμάται το Size (sqm) με ένταση 1.

Σύγκριση: Property type (ordinal) vs Area score

Ποιο είναι σημαντικότερο;

☒ Property type (ordinal) ☐ Area score

Ένταση (1 = ίσο, 9 = ακραίο)

Προτιμάται το Property type (ordinal) με ένταση 1.

Υποβολή προτιμήσεων

Σχήμα 6.2 Οθόνη δήλωσης προτιμήσεων κριτηρίων

Η εφαρμογή προσφέρει δύο ισοδύναμους τρόπους δήλωσης προτιμήσεων: οδηγούμενη σύγκριση κριτηρίων κατά ζεύγη (Σχήμα 6.2) και εναλλακτική διεπαφή με sliders σημασίας ανά κριτήριο (Σχήμα 6.3). Και οι δύο καταλήγουν σε συγκρίσεις κατά ζεύγη και τροφοδοτούν τον ίδιο υπολογισμό βαρών μέσω AHP (Ενότητα 6.3), χωρίς άμεση ανάθεση τελικών βαρών από τη διεπαφή.

Προτιμήσεις
Ορισμός προτιμήσεων για τις προτάσεις ακινήτων.

Ζωντανή προεπισκόπηση: **CR: 0.000 (OK)** Threshold: 0.10 (backend authoritative)

Όνομα προφίλ
UC-04 Profile Αποθήκευση προφίλ

AHP (Ζεύγη) Γρήγορα βάρη (Sliders → Ζεύγη)

Price (€/month)

Size (sqm)

Property type (ordinal)

Area score

Υποβολή προτιμήσεων

Σχήμα 6.3 Εναλλακτική διεπαφή δήλωσης προτιμήσεων με sliders

Στην κλασική μορφή AHP ο χρήστης συγκρίνει κάθε ζεύγος κριτηρίων ανεξάρτητα, δηλώνοντας ποιο υπερισχύει και με ποια ένταση στην κλίμακα Saaty (από 1 έως 9). Για τα τέσσερα κριτήρια της εφαρμογής απαιτούνται έξι ζεύγη συγκρίσεων. Οι κρίσεις δεν είναι αναγκαστικά μεταξύ τους συνεπείς, οπότε μπορεί να προκύψει δείκτης ασυνέπειας (CR) άνω του ορίου 0,10 και να απαιτηθεί αναθεώρηση των συγκρίσεων πριν την αποδοχή των προτιμήσεων. Στην εναλλακτική διεπαφή με sliders (Σχήμα 6.3) ο χρήστης αποδίδει σε κάθε κριτήριο μια σχετική σημασία στην ίδια κλίμακα. Οι τιμές αυτές δεν χρησιμοποιούνται απευθείας ως τελικά βάρη κριτηρίων. Μετατρέπονται αυτόματα σε λόγους σχετικής σημασίας μεταξύ κάθε ζεύγους κριτηρίων, με περιορισμό των τιμών στην κλίμακα Saaty, και από αυτούς σχηματίζεται συνεπής πίνακας συγκρίσεων 4×4. Η προσέγγιση μειώνει το γνωστικό φορτίο και είναι κατάλληλη για γρήγορη αρχική ρύθμιση. Ο περιορισμός της είναι ότι ο πίνακας που παράγεται είναι εκ προοιπίας συνεπής και δεν επιτρέπει την έκφραση αντιφατικών προτιμήσεων μεταξύ διαφορετικών ζευγών.

Οι προτιμήσεις που συλλέγονται αφορούν αποκλειστικά τη σχετική σημασία των κριτηρίων και όχι τις επιθυμητές τιμές των χαρακτηριστικών των ακινήτων. Για παράδειγμα, ο χρήστης καλείται να δηλώσει πόσο σημαντικό θεωρεί το κόστος σε σχέση με το εμβαδόν ή την ποιότητα της περιοχής, χωρίς να ορίζει συγκεκριμένες αποδεκτές τιμές ενοικίου ή

χωρικών χαρακτηριστικών. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται ότι το πολυκριτήριο μοντέλο παραμένει ανεξάρτητο από συγκεκριμένες τιμές δεδομένων και μπορεί να εφαρμοστεί δυναμικά σε διαφορετικά σύνολα διαθέσιμων ακινήτων.

Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι ορισμένα κριτήρια, όπως η ποιότητα της περιοχής, αποτυπώνονται μέσω προκαθορισμένων χαρακτηριστικών του συστήματος (π.χ. area score) και δεν δηλώνονται άμεσα από τον χρήστη ως τιμές. Ωστόσο, τα κριτήρια αυτά συμμετέχουν κανονικά στη διαδικασία σύγκρισης κατά ζεύγη, επιτρέποντας στον χρήστη να εκφράσει τη σχετική σημασία που αποδίδει στη χωρική διάσταση της επιλογής κατοικίας σε σχέση με άλλα κριτήρια.

Οι δηλωμένες συγκρίσεις αποθηκεύονται από το σύστημα και χρησιμοποιούνται ως είσοδος για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων μέσω της μεθόδου AHP, όπως περιγράφεται στην επόμενη ενότητα. Η διαδικασία συλλογής προτιμήσεων επαναλαμβάνεται κάθε φορά που ο χρήστης επιθυμεί να τροποποιήσει τις προτεραιότητές του, επιτρέποντας την προσαρμογή του συστήματος συστάσεων σε μεταβαλλόμενες ανάγκες και συνθήκες.

Κατά τη διάρκεια της συλλογής, η διεπαφή παρέχει ζωντανή προεπισκόπηση του δείκτη συνέπειας (CR) και, όταν εντοπίζονται ασυνέπειες, προτείνει ζεύγη κριτηρίων προς αναθεώρηση — μηχανισμός που συμπληρώνει τον έλεγχο CR του backend (Ενότητα 6.3).

Με τον σχεδιασμό αυτό, η συλλογή προτιμήσεων ενσωματώνεται ομαλά στη συνολική λειτουργία της εφαρμογής, παρέχοντας έναν μηχανισμό που είναι ταυτόχρονα εύχρηστος για τον τελικό χρήστη και επιστημονικά τεκμηριωμένος από πλευράς πολυκριτηριακής ανάλυσης. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει την εξατομίκευση των προτεινόμενων αποτελεσμάτων και αποτελεί θεμέλιο για την αξιόπιστη εφαρμογή της μεθόδου AHP στο πλαίσιο του συστήματος συστάσεων.

6.3 Υπολογισμός βαρών κριτηρίων με AHP

Μετά τη συλλογή των προτιμήσεων των χρηστών (συγκρίσεις κατά ζεύγη, βλ. Ενότητα 6.2), το επόμενο στάδιο της πολυκριτηριακής διαδικασίας αφορά τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων αξιολόγησης με τη χρήση της μεθόδου Analytic Hierarchy Process (AHP). Τα βάρη αυτά εκφράζουν τη σχετική σημασία κάθε κριτηρίου ως προς τον συνολικό στόχο της επιλογής κατοικίας και αποτελούν κρίσιμη είσοδο για την επόμενη φάση της κατάταξης των ακινήτων.

Η μέθοδος AHP βασίζεται στη δημιουργία ενός τετραγωνικού πίνακα συγκρίσεων κατά ζεύγη, στον οποίο κάθε κριτήριο συγκρίνεται με όλα τα υπόλοιπα ως προς τη σχετική του σημασία. Οι τιμές του πίνακα προκύπτουν από τις απαντήσεις του χρήστη και ακολουθούν τη θεμελιώδη κλίμακα προτιμήσεων του Saaty, η οποία επιτρέπει τη μετατροπή ποιοτικών κρίσεων σε ποσοτικές τιμές (Saaty 1980). Ο πίνακας συγκρίσεων είναι αμοιβαία αντίστροφος, με τις τιμές της κύριας διαγωνίου να ισούνται με τη μονάδα.

Για τον υπολογισμό των βαρών, στην παρούσα υλοποίηση εφαρμόζεται η μέθοδος του γεωμετρικού μέσου των γραμμών του πίνακα συγκρίσεων (row geometric mean). Συγκεκριμένα, για κάθε κριτήριο υπολογίζεται ο γεωμετρικός μέσος των τιμών της αντίστοιχης γραμμής και, στη συνέχεια, τα μεγέθη κανονικοποιούνται ώστε το άθροισμα των βαρών να ισούται με 1. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί ευρέως αποδεκτή εναλλακτική του κλασικού υπολογισμού μέσω του ιδιοδιανύσματος της μέγιστης ιδιοτιμής (Ενότητα 2.3.3), παρέχει συγκρίσιμα αποτελέσματα και αντιστοιχεί στη λύση του προβλήματος ελαχίστων λογαριθμικών τετραγώνων (Crawford and Williams 1985; Ishizaka and Labib 2011). Η μέγιστη ιδιοτιμή του πίνακα αξιοποιείται στη συνέχεια αποκλειστικά για τον υπολογισμό του δείκτη συνέπειας (βλ. παρακάτω).

Η διαδικασία υπολογισμού των βαρών στην υλοποίηση ακολουθεί τα εξής βήματα:

1. Σχηματισμός πίνακα συγκρίσεων ζευγών 4×4 από τις προτιμήσεις του χρήστη,
2. Υπολογισμός βαρών με γεωμετρικό μέσο γραμμών,
3. Κανονικοποίηση ώστε το άθροισμα των βαρών να ισούται με 1,
4. Υπολογισμός της μέγιστης ιδιοτιμής $\lambda_{\max}$,
5. Υπολογισμός του δείκτη συνέπειας $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$,
6. Υπολογισμός του δείκτη λόγου συνέπειας $CR = CI / RI$,
7. Αποδοχή των βαρών μόνο αν $CR < 0,10$, διαφορετικά απαιτείται αναθεώρηση των συγκρίσεων.

Ενδεικτικό αριθμητικό αποτέλεσμα (βάρη, $\lambda_{\max}$, CR) παρουσιάζεται στην Ενότητα 6.6 (Πίνακας 6.3).

Οι μαθηματικές εκφράσεις των βημάτων 1–6 παρατίθενται στα Σχήματα 6.4–6.7.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ v_{ij} & i \neq j \end{cases}, \quad a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$$

Σχήμα 6.4 Πίνακας συγκρίσεων κατά ζεύγη

$$\bar{w}_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n}, \quad w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{k=1}^n \bar{w}_k}$$

Σχήμα 6.5 Υπολογισμός βαρών κριτηρίων με γεωμετρικό μέσο γραμμών

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i}$$

Σχήμα 6.6 Υπολογισμός μέγιστης ιδιοτιμής $\lambda_{\max}$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad CR = \frac{CI}{RI}$$

Σχήμα 6.7 Δείκτες συνέπειας CI και CR

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός των βαρών αφορά αποκλειστικά τη σχετική σημασία των κριτηρίων και είναι ανεξάρτητος από τις πραγματικές τιμές των χαρακτηριστικών των ακινήτων. Για παράδειγμα, το κριτήριο της ποιότητας περιοχής (area score) συμμετέχει ισότιμα στη διαδικασία σύγκρισης κατά ζεύγη ως προς τη σημασία του, χωρίς να επηρεάζει τον υπολογισμό των βαρών μέσω των αριθμητικών τιμών που λαμβάνει στα δεδομένα των ακινήτων.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου AHP είναι η δυνατότητα ελέγχου της συνέπειας των συγκρίσεων που πραγματοποιεί ο χρήστης. Δεδομένου ότι οι συγκρίσεις

βασίζονται σε ανθρώπινες κρίσεις, είναι πιθανό να εμφανιστούν ασυνέπειες, οι οποίες ενδέχεται να επηρεάσουν την αξιοπιστία των παραγόμενων βαρών. Για τον λόγο αυτό, η AHP εισάγει τον δείκτη συνέπειας (Consistency Ratio – CR), ο οποίος εκφράζει τον βαθμό απόκλισης των συγκρίσεων από την ιδανική περίπτωση πλήρους συνέπειας (Saaty 1980; Alonso and Lamata 2006).

Ο δείκτης συνέπειας υπολογίζεται με βάση τη μέγιστη ιδιοτιμή του πίνακα συγκρίσεων και συγκρίνεται με έναν τυχαίο δείκτη αναφοράς (Random Index – RI), ο οποίος εξαρτάται από το πλήθος των κριτηρίων. Στην πράξη, τιμές του δείκτη συνέπειας μικρότερες από 0,10 θεωρούνται αποδεκτές και υποδηλώνουν ότι οι κρίσεις του χρήστη είναι επαρκώς συνεπείς, ενώ υψηλότερες τιμές υποδεικνύουν την ανάγκη επανεξέτασης των συγκρίσεων (Saaty 2008). Ο δείκτης CI υπολογίζεται ως $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ και ο CR ως $CR = CI / RI$, όπου n το πλήθος κριτηρίων (εδώ $n = 4$).

Στην παρούσα υλοποίηση, ο έλεγχος συνέπειας αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας υπολογισμού των βαρών. Σε περίπτωση που ο δείκτης συνέπειας υπερβαίνει το αποδεκτό όριο, το σύστημα δεν επιτρέπει τη χρήση των συγκεκριμένων βαρών στη διαδικασία κατάταξης και απαιτεί την αναθεώρηση των συγκρίσεων από τον χρήστη. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται ότι τα βάρη που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία σύστασης ακινήτων αντανακλούν συνεπείς και αξιόπιστες προτιμήσεις.

Στην παρούσα υλοποίηση, το σύστημα διατηρεί τις δηλωμένες συγκρίσεις κατά ζεύγη του χρήστη και όχι τα τελικά βάρη ως ξεχωριστά αποθηκευμένα δεδομένα. Τα βάρη παράγονται εκ νέου κάθε φορά που ζητείται κατάταξη ακινήτων, μέσω της διαδικασίας AHP, και στη συνέχεια αξιοποιούνται ως είσοδος στη μέθοδο TOPSIS για την ταξινόμηση των διαθέσιμων ακινήτων. Ο σαφής διαχωρισμός μεταξύ υπολογισμού βαρών και κατάταξης επιτρέπει την καθαρή διάκριση των ρόλων των δύο μεθόδων και ενισχύει τη διαφάνεια, την ερμηνευσιμότητα και την επεκτασιμότητα του συνολικού πολυκριτήριου συστήματος συστάσεων (Ishizaka and Nemery 2013).

6.4 Κατάταξη ακινήτων με τη μέθοδο TOPSIS

Αφού ολοκληρωθεί ο υπολογισμός των βαρών των κριτηρίων αξιολόγησης μέσω της μεθόδου AHP, το επόμενο στάδιο της πολυκριτήριας διαδικασίας αφορά την κατάταξη των

διαθέσιμων ακινήτων με τη χρήση της μεθόδου TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). Η μέθοδος TOPSIS αξιοποιείται για την αντικειμενική αξιολόγηση και σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις τιμές των κριτηρίων όσο και τη σχετική σημασία τους, όπως αυτή έχει προσδιοριστεί από τις προτιμήσεις του χρήστη.

Η βασική φιλοσοφία της μεθόδου TOPSIS στηρίζεται στην υπόθεση ότι η βέλτιστη εναλλακτική λύση είναι εκείνη που βρίσκεται ταυτόχρονα πλησιέστερα στην ιδανική λύση και περισσότερο απομακρυσμένη από την αντι-ιδανική λύση. Η ιδανική λύση αντιπροσωπεύει τον θεωρητικά καλύτερο συνδυασμό τιμών για όλα τα κριτήρια αξιολόγησης, ενώ η αντι-ιδανική λύση αντιστοιχεί στον χειρότερο δυνατό συνδυασμό (Hwang and Yoon 1981).

Η εφαρμογή της μεθόδου ξεκινά με τη δημιουργία του πίνακα απόφασης, στον οποίο κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε ένα διαθέσιμο ακίνητο και κάθε στήλη σε ένα κριτήριο αξιολόγησης. Οι τιμές του πίνακα προκύπτουν από τα δεδομένα που διαχειρίζεται η εφαρμογή και αφορούν αντικειμενικά χαρακτηριστικά των ακινήτων. Στον πίνακα αυτό περιλαμβάνονται τόσο κριτήρια μεγιστοποίησης, όπως το εμβαδόν ή η ποιότητα της περιοχής (area score), όσο και κριτήρια ελαχιστοποίησης, όπως το κόστος ενοικίασης.

Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι το area score εισάγεται στον πίνακα απόφασης ως προκαθορισμένο χαρακτηριστικό του ακινήτου, το οποίο προκύπτει από την περιοχή στην οποία αυτό ανήκει και δεν επηρεάζεται από τις δηλώσεις του χρήστη. Με τον τρόπο αυτό, η χωρική διάσταση της αξιολόγησης ενσωματώνεται με συνεπή και επαναλήψιμο τρόπο στη διαδικασία κατάταξης.

Σε περίπτωση που για κάποιο διαθέσιμο ακίνητο δεν είναι δυνατή η ανάκτηση βαθμολογίας περιοχής (π.χ. απουσία συσχετισμένης εγγραφής περιοχής), το σύστημα εφαρμόζει σχεδιαστική επιλογή fallback, αντικαθιστώντας την τιμή με 0. Οι περιπτώσεις αυτές καταμετρούνται στο πεδίο missing_area_score_count της απάντησης και προβάλλονται στο panel επεξήγησης, ώστε ο χρήστης να αντιλαμβάνεται ενδεχόμενα ατελή χωρικά δεδομένα κατά την κατάταξη.

Η διαδικασία TOPSIS στην υλοποίηση ακολουθεί τα εξής βήματα:

1. Σύνθεση πίνακα απόφασης $m \times 4$ από τα διαθέσιμα ακίνητα και τα τέσσερα κριτήρια, με στήλες α_1 (price), α_2 (size), α_3 (property_type), α_4 (area_score),

2. Διανυσματική κανονικοποίηση κάθε στήλης,
3. Στάθμιση των κανονικοποιημένων τιμών με τα βάρη $w_1 \dots w_4$ από AHP,
4. Προσδιορισμός ideal best / ideal worst ανά κριτήριο (benefit: max/min, cost: min/max),
5. Υπολογισμός Ευκλείδειων αποστάσεων d^+ και d^- για κάθε ακίνητο,
6. Υπολογισμός συντελεστή εγγύτητας $C = d^- / (d^+ + d^-)$,
7. Ταξινόμηση των ακινήτων κατά φθίνουσα τιμή του C .

Ενδεικτικό αριθμητικό αποτέλεσμα παρουσιάζεται στην Ενότητα 6.6 (Πίνακας 6.4 και Πίνακας 6.5).

$$X = (x_{ij})_{m \times 4}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, 4$$

Σχήμα 6.8 Πίνακας απόφασης

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

Σχήμα 6.9 Κανονικοποίηση

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}, \quad \sum_{j=1}^4 w_j = 1$$

Σχήμα 6.10 Στάθμιση

$$A_j^+ = \begin{cases} \max_i v_{ij} & (\text{benefit}) \\ \min_i v_{ij} & (\text{cost}) \end{cases} \quad A_j^- = \begin{cases} \min_i v_{ij} & (\text{benefit}) \\ \max_i v_{ij} & (\text{cost}) \end{cases}$$

Σχήμα 6.11 Ιδανικές λύσεις

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^4 (v_{ij} - A_j^+)^2}, \quad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^4 (v_{ij} - A_j^-)^2}$$

Σχήμα 6.12 Αποστάσεις

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad 0 \leq C_i \leq 1$$

Σχήμα 6.13 Συντελεστής εγγύτητας

Δεδομένου ότι τα κριτήρια εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης, η μέθοδος TOPSIS απαιτεί την κανονικοποίηση του πίνακα απόφασης, ώστε οι τιμές να καταστούν συγκρίσιμες. Στην παρούσα εργασία εφαρμόζεται διανυσματική κανονικοποίηση, κατά την οποία κάθε τιμή διαιρείται με τη ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων των αντίστοιχων τιμών του ίδιου κριτηρίου. Η διαδικασία αυτή διασφαλίζει ότι καμία μεταβλητή δεν επηρεάζει δυσανάλογα το τελικό αποτέλεσμα λόγω της κλίμακάς της (Triantaphyllou 2000).

Στο επόμενο στάδιο, ο κανονικοποιημένος πίνακας απόφασης σταθμίζεται με τα βάρη των κριτηρίων που έχουν προκύψει από τη μέθοδο AHP. Με τον τρόπο αυτό, οι προτιμήσεις του χρήστη ενσωματώνονται άμεσα στη διαδικασία αξιολόγησης, επιτρέποντας την εξατομικευμένη κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων. Ο διαχωρισμός μεταξύ δεδομένων (τιμές κριτηρίων) και προτιμήσεων (βάρη) ενισχύει τη διαφάνεια και τη θεωρητική συνοχή της πολυκριτήριας προσέγγισης (Ishizaka and Nemery 2013).

Ακολουθεί ο προσδιορισμός της ιδανικής και της αντι-ιδανικής λύσης για κάθε κριτήριο. Για τα κριτήρια μεγιστοποίησης, η ιδανική λύση λαμβάνει τη μέγιστη τιμή και η αντι-ιδανική τη μικρότερη, ενώ για τα κριτήρια ελαχιστοποίησης ισχύει το αντίστροφο. Οι δύο αυτές λύσεις λειτουργούν ως σημεία αναφοράς για την αξιολόγηση της σχετικής απόστασης κάθε ακινήτου.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η απόσταση κάθε εναλλακτικής λύσης από την ιδανική και την αντι-ιδανική λύση, συνήθως με τη χρήση της Ευκλείδειας απόστασης. Βάσει των

αποστάσεων αυτών υπολογίζεται ο συντελεστής εγγύτητας (closeness coefficient), ο οποίος λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του συντελεστή, τόσο πιο κοντά βρίσκεται το ακίνητο στην ιδανική λύση και τόσο καταλληλότερο θεωρείται (Hwang and Yoon 1981; Behzadian et al. 2012).

Η τελική κατάταξη των ακινήτων προκύπτει από την ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων με βάση τον συντελεστή εγγύτητας. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας TOPSIS είναι μία διατεταγμένη λίστα ακινήτων, η οποία αντικατοπτρίζει με σαφή και κατανοητό τρόπο τον βαθμό καταλληλότητας κάθε επιλογής σε σχέση με τις προτιμήσεις του χρήστη.

6.5 Ενσωμάτωση του αλγορίθμου στην εφαρμογή

Η ενσωμάτωση του πολυκριτήριου αλγορίθμου συστάσεων στην εφαρμογή πραγματοποιήθηκε με τρόπο που διασφαλίζει τη σαφή διάκριση μεταξύ της επιχειρησιακής λογικής, της επεξεργασίας δεδομένων και της διεπαφής χρήστη. Βασικός στόχος του σχεδιασμού ήταν η υλοποίηση ενός ευέλικτου και επεκτάσιμου μηχανισμού συστάσεων, ο οποίος μπορεί να αξιοποιεί δυναμικά τις προτιμήσεις των χρηστών και τα διαθέσιμα δεδομένα ακινήτων, χωρίς να εξαρτάται από λεπτομέρειες παρουσίας ή συγκεκριμένες διεπαφές.

Ο πολυκριτήριος μηχανισμός συστάσεων ενσωματώνεται στο επίπεδο του backend της εφαρμογής και λειτουργεί ως ανεξάρτητο υποσύστημα υποστήριξης αποφάσεων. Το υποσύστημα αυτό λαμβάνει ως είσοδο τα δεδομένα των διαθέσιμων ακινήτων, καθώς και τα βάρη των κριτηρίων που έχουν υπολογιστεί μέσω της μεθόδου AHP, και επιστρέφει ως έξοδο μία διατεταγμένη κατάταξη ακινήτων βάσει της μεθόδου TOPSIS. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται σαφής διαχωρισμός μεταξύ της διαδικασίας υπολογισμού και της παρουσίας των αποτελεσμάτων στον τελικό χρήστη.

Η ενεργοποίηση του μηχανισμού συστάσεων πραγματοποιείται στο πλαίσιο της λειτουργικότητας αναζήτησης και πρότασης ακινήτων. Αρχικά, το σύστημα ανακτά από τη βάση δεδομένων το σύνολο των ακινήτων που πληρούν βασικές προϋποθέσεις διαθεσιμότητας και ορατότητας (π.χ. διαθέσιμα ακίνητα). Στη συνέχεια, ο πολυκριτήριος αλγόριθμος εφαρμόζεται αποκλειστικά στο συγκεκριμένο υποσύνολο εναλλακτικών λύσεων, γεγονός που συμβάλλει στη βελτίωση της αποδοτικότητας και στον περιορισμό της υπολογιστικής πολυπλοκότητας.

Κατά τη φάση της κατάταξης, τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά κάθε ακινήτου, όπως το κόστος, το εμβαδόν και η ποιότητα της περιοχής (area score), χρησιμοποιούνται για τη συγκρότηση του πίνακα απόφασης της μεθόδου TOPSIS. Το area score αντλείται ως προκαθορισμένο χαρακτηριστικό από την περιοχή στην οποία ανήκει το ακίνητο και ενσωματώνεται στον υπολογισμό χωρίς να απαιτείται πρόσθετη παρέμβαση ή δήλωση από τον χρήστη, διασφαλίζοντας συνέπεια και επαναληψιμότητα στα αποτελέσματα.

Η αρχιτεκτονική ενσωμάτωση του αλγορίθμου ακολουθεί τις αρχές του διαχωρισμού ευθυνών (separation of concerns). Οι υπολογισμοί που αφορούν τη μέθοδο AHP και τη μέθοδο TOPSIS υλοποιούνται σε διακριτές λογικές μονάδες, επιτρέποντας την ανεξάρτητη συντήρηση, δοκιμή και μελλοντική εξέλιξή τους. Παράλληλα, η διεπαφή χρήστη παραμένει αποκομμένη από τις λεπτομέρειες της πολυκριτήριας ανάλυσης και λαμβάνει αποκλειστικά τα τελικά αποτελέσματα της κατάταξης προς προβολή.

Η πρακτική ενεργοποίηση του μηχανισμού υλοποιείται μέσω του REST endpoint GET /recommendations. Κατά την κλήση, το backend ανακτά το προφίλ προτιμήσεων του ενεργού χρήστη, τους συγκρίσεις κατά ζεύγη και τα διαθέσιμα ακίνητα (status = AVAILABLE), συγκροτεί τον πίνακα απόφασης και εκτελεί διαδοχικά τον υπολογισμό βαρών (compute_ahp) και την κατάταξη (topsis_rank). Η απάντηση περιλαμβάνει τη διατεταγμένη λίστα προτάσεων, μεταδεδομένα (π.χ. CR, missing_area_score_count) και στοιχεία επεξήγησης (explain) ανά ακίνητο.

Ο χειρισμός σφαλμάτων είναι ρητά ορισμένος: HTTP 404 όταν δεν υπάρχει προφίλ προτιμήσεων (PUT /preference-profiles/me), HTTP 409 όταν δεν έχουν υποβληθεί συγκρίσεις ζευγών (POST .../pairwise-comparisons), και HTTP 422 με κωδικό AHP_INCONSISTENT όταν ο δείκτης CR υπερβαίνει το όριο, και HTTP 422 όταν υπάρχουν ακίνητα με μη αναγνωρισμένο τύπο (Property.type εκτός ορισμένου mapping), ώστε να αποφεύγεται σιωπηλός αποκλεισμός από την κατάταξη — συνεπώς οι βάρη δεν χρησιμοποιούνται για κατάταξη μέχρι αναθεώρηση των προτιμήσεων (Ενότητα 6.3).

Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε στη διαχείριση των προτιμήσεων των χρηστών. Οι προτιμήσεις (συγκρίσεις ζεύγη) αποθηκεύονται και επαναχρησιμοποιούνται, τα βάρη AHP επανυπολογίζονται σε κάθε αίτημα συστάσεων, εξασφαλίζοντας συνέπεια με τις τρέχουσες συγκρίσεις χωρίς ξεχωριστή αποθήκευση βαρών. Παράλληλα, παρέχεται η δυνατότητα

τροποποίησης των προτιμήσεων, ώστε το σύστημα συστάσεων να μπορεί να προσαρμόζεται σε μεταβαλλόμενες ανάγκες και προτεραιότητες.

Η συνολική σχεδίαση της ενσωμάτωσης πραγματοποιήθηκε με γνώμονα τη μελλοντική επεκτασιμότητα της εφαρμογής. Η προσθήκη νέων κριτηρίων αξιολόγησης ή η αντικατάσταση της μεθόδου κατάταξης με εναλλακτικές πολυκριτήριες προσεγγίσεις μπορεί να υλοποιηθεί χωρίς σημαντικές τροποποιήσεις στην υπόλοιπη αρχιτεκτονική του συστήματος. Η επιλογή αυτή ενισχύει τη βιωσιμότητα και τη μακροχρόνια αξιοποίηση της εφαρμογής.

Πέρα από τον πυρήνα AHP/TOPSIS, η εφαρμογή παρέχει μηχανισμούς υποστήριξης της λήψης απόφασης σε επίπεδο διεπαφής. Κατά τη συλλογή προτιμήσεων, εμφανίζεται ζωντανή προεπισκόπηση του δείκτη συνέπειας (CR), ώστε ο χρήστης να αντιλαμβάνεται άμεσα την ποιότητα των συγκρίσεων του πριν την υποβολή, σε περίπτωση μη αποδεκτού CR, το σύστημα εντοπίζει τις πιο ασυνεπείς τριάδες κριτηρίων και προτείνει συγκεκριμένα ζεύγη προς αναθεώρηση, μειώνοντας το γνωστικό φορτίο διόρθωσης. Μετά την παραγωγή συστάσεων, διατίθεται προαιρετική λειτουργία what-if analysis, η οποία επιτρέπει στον χρήστη να ενισχύσει προσωρινά (έως +60%) το βάρος του κόστους και να παρατηρήσει πώς μεταβάλλεται η κατάταξη, χωρίς αποθήκευση νέων προτιμήσεων. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει τη διαφάνεια και την εξερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων, συμπληρώνοντας την επεξηγησιμότητα των αποτελεσμάτων (βλ. Ενότητα 7.2.4.1).

6.6 Παράδειγμα εκτέλεσης και αποτελέσματα

Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του πολυκριτήριου συστήματος συστάσεων, στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό παράδειγμα εκτέλεσης της διαδικασίας αξιολόγησης και κατάταξης ακινήτων. Το παράδειγμα αυτό αποσκοπεί στην απεικόνιση της πρακτικής εφαρμογής των μεθόδων AHP και TOPSIS στο πλαίσιο της εφαρμογής, καθώς και στην ερμηνεία των παραγόμενων αποτελεσμάτων.

Στο εξεταζόμενο σενάριο, ένας υποψήφιος ενοικιαστής αναζητά κατοικία σε αστικό περιβάλλον και αξιολογεί τέσσερα κριτήρια: το κόστος ενοικίασης, το εμβαδόν, τον τύπο του ακινήτου και την ποιότητα της περιοχής. Δίνει ιδιαίτερη έμφαση στο κόστος και στην ποιότητα της περιοχής, θεωρεί τον τύπο του ακινήτου ενδιάμεσης σημασίας και αποδίδει τη μικρότερη βαρύτητα στο εμβαδόν. Για την αποτύπωση των προτιμήσεων αυτών, ο

χρήστης πραγματοποιεί συγκρίσεις κατά ζεύγη μεταξύ των τεσσάρων κριτηρίων, οι οποίες συμπληρώνουν έναν αμοιβαία αντίστροφο πίνακα 4×4.

	Κόστος	Εμβαδόν	Τύπος	Περιοχή
Κόστος	1	5	3	2
Εμβαδόν	0,20	1	0,5	0,33
Τύπος	0,33	2	1	0,5
Περιοχή	0,5	3	2	1

Πίνακας 6.2 Συγκρίσεις κατά ζεύγη

Με βάση τις παραπάνω συγκρίσεις, εφαρμόζεται η μέθοδος του γεωμετρικού μέσου των γραμμών του πίνακα και τα αποτελέσματα κανονικοποιούνται ώστε να αθροίζονται στη μονάδα. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.3, το κόστος ενοικίασης συγκεντρώνει το μεγαλύτερο βάρος (περίπου 48%), ακολουθούμενο από την ποιότητα της περιοχής (περίπου 27%), τον τύπο του ακινήτου (περίπου 16%) και, τέλος, το εμβαδόν (περίπου 9%). Η κατανομή αυτή αντικατοπτρίζει πιστά τις προτιμήσεις που δήλωσε ο χρήστης. Ο έλεγχος συνέπειας δίνει μέγιστη ιδιοτιμή $\lambda_{\max} \approx 4,01$ και δείκτη συνέπειας $CR \approx 0,005$, τιμή σαφώς μικρότερη από το όριο 0,10, γεγονός που επιβεβαιώνει τη συνοχή των συγκρίσεων και επιτρέπει τη συνέχιση της διαδικασίας.

Κριτήριο	Τύπος	Βάρος	Ποσοστό
Κόστος Ενοικίασης	cost	0,4832	~48%
Ποιότητα Περιοχής (area score)	benefit	0,2717	~27%
Τύπος Ακινήτου	benefit (ordinal)	0,1569	~16%
Εμβαδόν	benefit	0,0882	~9%
Σύνολο	-	1,0000	100%

Πίνακας 6.3 Βάρη κριτηρίων (AHP) και έλεγχος συνέπειας

$\lambda_{\max} \approx 4,0145$, $CI \approx 0,0048$, $RI = 0,90$, $CR \approx 0,0054$ ($< 0,10 \rightarrow$ αποδεκτό)

Στη συνέχεια, το σύστημα ανακτά από τη βάση δεδομένων τα διαθέσιμα ακίνητα και συγκροτεί τον πίνακα απόφασης της μεθόδου TOPSIS, στον οποίο κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε ένα ακίνητο και κάθε στήλη σε ένα από τα τέσσερα κριτήρια. Οι αριθμητικές τιμές του κόστους, του εμβαδού και της ποιότητας περιοχής (area score) λαμβάνονται απευθείας από τα δεδομένα του ακινήτου, ενώ ο κατηγορικός τύπος του ακινήτου μετατρέπεται σε αριθμητική τιμή μέσω της προκαθορισμένης αντιστοίχισης STUDIO=1, APARTMENT=2, MAISONETTE=3, DETACHED_HOUSE=4 και αντιμετωπίζεται ως κριτήριο μεγιστοποίησης (benefit). Για λόγους παρουσίασης, στο παράδειγμα εξετάζονται τέσσερα ενδεικτικά ακίνητα (Πίνακας 6.4).

Ακίνητο	Κόστος (€/μήνα)	Εμβαδόν (τ.μ.)	Τύπος (κωδ.)	Περιοχή (area score)
A1 — Διαμέρισμα, Καλλιθέα	650	60	APARTMENT (2)	7,8
A2 — Μεζονέτα, Γλυφάδα	950	95	MAISONETTE (3)	8,3
A3 — Studio, Αθήνα	480	42	STUDIO (1)	7,2
A4 — Διαμέρισμα, Μαρούσι	780	82	APARTMENT (2)	7,5
Κατεύθυνση	cost (min)	benefit (max)	benefit (max)	benefit (max)

Πίνακας 6.4 Πίνακας απόφασης

Η μέθοδος TOPSIS εφαρμόζεται στον παραπάνω πίνακα σε πέντε βήματα:

1. Διανυσματική κανονικοποίηση κάθε στήλης (διαίρεση με τη ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων της στήλης).
2. Στάθμιση των κανονικοποιημένων τιμών με τα βάρη AHP του Πίνακα 6.3.
3. Προσδιορισμός της ιδανικής (ideal best) και της αντι-ιδανικής (ideal worst) λύσης ανά κριτήριο, λαμβάνοντας τη βέλτιστη τιμή για τα benefit κριτήρια και την ελάχιστη για το κόστος.

4. Υπολογισμός των ευκλείδειων αποστάσεων κάθε ακινήτου από την ιδανική (d^+) και την αντι-ιδανική (d^-) λύση.
5. Υπολογισμός του συντελεστή εγγύτητας $C = d^- / (d^+ + d^-)$ και ταξινόμηση των ακινήτων κατά φθίνουσα τιμή του C .

Η εφαρμογή των παραπάνω βημάτων οδηγεί στην τελική κατάταξη των ακινήτων, η οποία παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.5. Στην πρώτη θέση κατατάσσεται το Studio στην Αθήνα (A3), με συντελεστή εγγύτητας $C \approx 0,65$, καθώς συνδυάζει το χαμηλότερο κόστος ενοικίασης με ικανοποιητική ποιότητα περιοχής, παρότι διαθέτει το μικρότερο εμβαδόν και τον χαμηλότερο τύπο ακινήτου. Ακολουθεί το διαμέρισμα στην Καλλιθέα (A1, $C \approx 0,60$), ενώ το διαμέρισμα στο Μαρούσι (A4) και η μεζονέτα στη Γλυφάδα (A2) κατατάσσονται χαμηλότερα ($C \approx 0,40$ και $0,35$ αντίστοιχα). Είναι χαρακτηριστικό ότι η μεζονέτα, παρά το μεγαλύτερο εμβαδόν και τον υψηλότερο τύπο ακινήτου, υποχωρεί στην τελευταία θέση εξαιτίας του σημαντικά υψηλότερου ενοικίου της — αποτέλεσμα που αντικατοπτρίζει με συνέπεια τη βαρύτητα που απέδωσε ο χρήστης στο κόστος.

Θέση	Ακίνητο	d^+	d^-	Συντελεστής εγγύτητας C
1	A3 — Studio, Αθήνα	0,083	0,154	0,650
2	A1 — Διαμέρισμα, Καλλιθέα	0,071	0,106	0,600
3	A4 — Διαμέρισμα, Μαρούσι	0,107	0,071	0,402
4	A2 — Μεζονέτα, Γλυφάδα	0,154	0,083	0,350

Πίνακας 6.5 Τελική κατάταξη ακινήτων (TOPSIS)

Προτάσεις

Προτεινόμενα ακίνητα βάσει των προτιμήσεών σου.

Γρήγορος οδηγός

- Οι προτάσεις παράγονται από τις **Προτιμήσεις** σου (AHP) και την κατάταξη TOPSIS.
- Χρησιμοποίησε τα **Φίλτρα** για να περιορίσεις τη λίστα χωρίς να αλλάξεις τις προτιμήσεις σου.
- Το **What-if** δείχνει πώς θα άλλαζε η κατάταξη αν δώσεις λίγο παραπάνω βάρος στην τιμή (μόνο στο UI).
- Αν θες διαφορετικά αποτελέσματα, γύρνα στις [Προτιμήσεις](#) και αναθεώρησε τα βάρη σου.

Φίλτρα προτάσεων

Περιοχή: Όλες οι περιοχές
Τύπος: Όλοι οι τύποι
Τιμή / μήνα: -
Εμβαδόν (τ.μ.): -
[Επαναφορά φίλτρων](#)

Κατάταξη ακινήτων



#1 Διαμέρισμα Διαθέσιμο Σκορ 74

E2E Seed Property

Λ. Κηφισίας 10, Μαρούσι
Μαρούσι

650 € / μήνα 55 τ.μ.

[Σύγκριση](#) [Αποθήκευση](#)

[Προβολή](#)

Γιατί είναι #1

Ανταγωνιστική τιμή (650 €) - βάρος 53%
Καλή περιοχή (score 7.5) - βάρος 9%

Επεξήγηση (UC-04)

CR threshold: 0.1
Available total: 19
Ranked count: 19
Missing area_score fallback: 0

AHP CR: 0.086124

Τα βάρη σου (AHP)

Price (€/month)	53%
Size (sqm)	17%
Property type	20%
Area score	9%

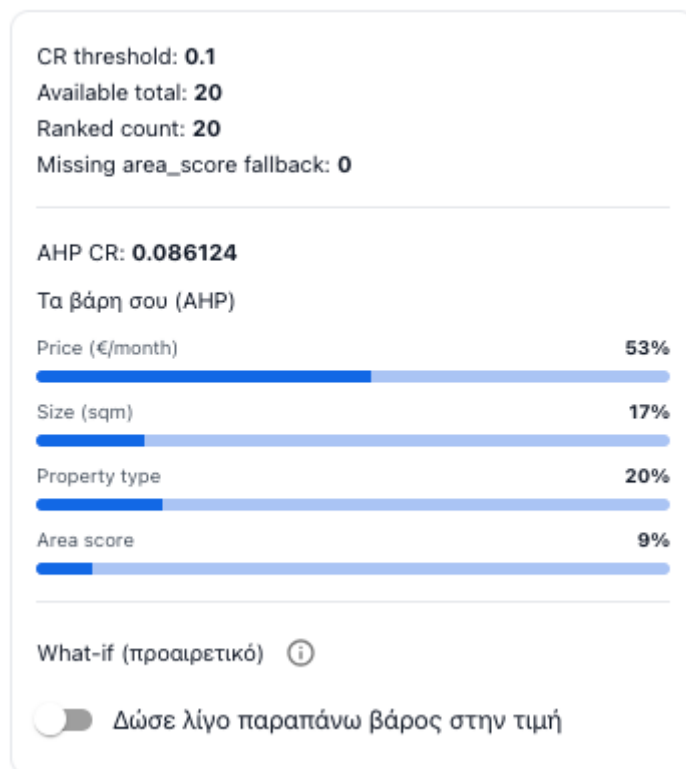
What-if (προαιρετικό)

☐ Δώσε λίγο παραπάνω βάρος στην τιμή

Σχήμα 6.14 Προτεινόμενα ακίνητα βάσει πολυκριτήριας αξιολόγησης

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων του πολυκριτηρίου συστήματος συστάσεων με μία απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση αναδεικνύει τα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης προσέγγισης. Ενώ η απλή αναζήτηση θα μπορούσε να επιστρέψει ένα σύνολο ακινήτων που πληρούν βασικά όρια τιμών ή χαρακτηριστικών, η πολυκριτήρια κατάταξη παρέχει μία σαφή ιεράρχηση των επιλογών, διευκολύνοντας τον χρήστη στη λήψη τεκμηριωμένης και συγκρίσιμης απόφασης.

Επεξήγηση (UC-04)



Σχήμα 6.15 Panel επεξήγησης συστάσεων

Το παράδειγμα αυτό καταδεικνύει ότι το πολυκριτήριο σύστημα συστάσεων αξιοποιεί αποτελεσματικά τόσο τα αντικειμενικά δεδομένα των ακινήτων όσο και τις υποκειμενικές προτιμήσεις των χρηστών, οδηγώντας σε αποτελέσματα που είναι συνεπή, ερμηνεύσιμα και ευθυγραμμισμένα με τις πραγματικές ανάγκες αναζήτησης κατοικίας. Με τον τρόπο αυτό επιβεβαιώνεται η πρακτική χρησιμότητα και η λειτουργική ορθότητα της συνδυαστικής εφαρμογής των μεθόδων AHP και TOPSIS στο πλαίσιο της παρούσας εφαρμογής.

7. Παρουσίαση και αξιολόγηση συστήματος

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει την εφαρμογή όπως την βλέπει ο χρήστης: διεπαφή, βασικές ροές και αποτελέσματα των περιπτώσεων χρήσης (UC-01–UC-06) που ορίστηκαν στο Κεφ. 3. Η περιγραφή συμπληρώνει την υλοποίηση του backend (Κεφ. 5) και του μηχανισμού AHP/TOPSIS (Κεφ. 6), δείχνοντας πώς μεταφράζονται οι απαιτήσεις σε οθόνες και αλληλεπιδράσεις.

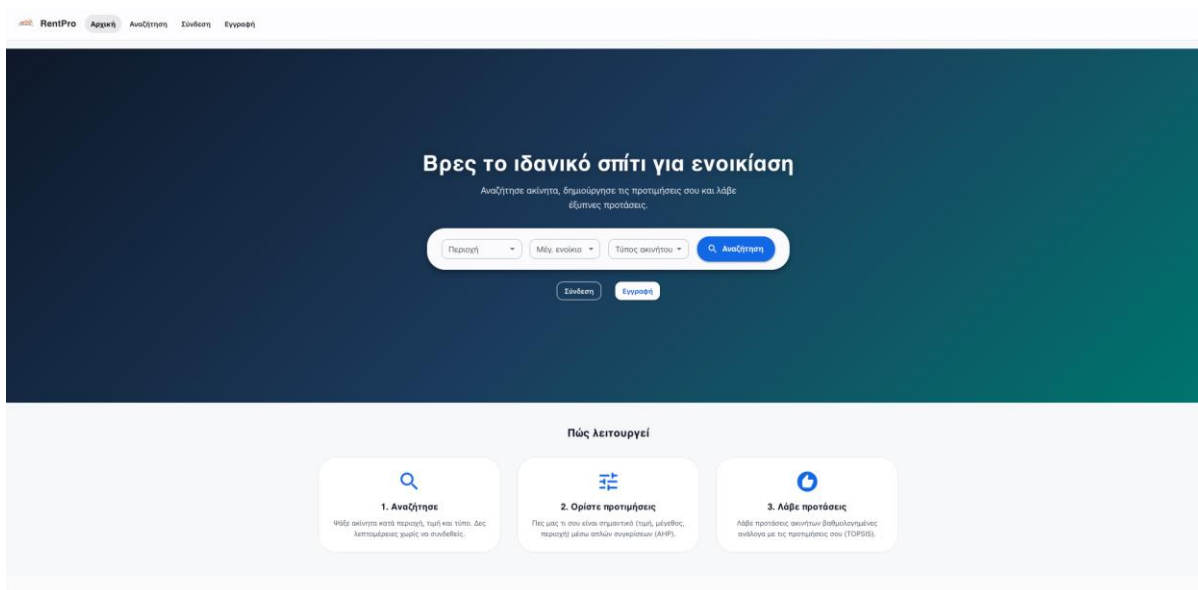
Η δομή είναι η εξής: στην ενότητα 7.1 δίνεται μια σύντομη εικόνα της διεπαφής και της πλοήγησης, στο 7.2 εξετάζονται ανά UC τα κύρια σενάρια (αυθεντικοποίηση, ακίνητα, αναζήτηση, προτάσεις, μισθώσεις, διαχείριση), στο 7.3 συγκρίνεται απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση με πολυκριτήρια προτάσεις, στο 7.4 συνοψίζονται περιορισμοί και παρατηρήσεις της υλοποίησης.

Τα στιγμιότυπα οθόνης (Σχ. 7.1–7.18) οργανώνονται ανά ενότητα και, όπου χρειάζεται, αντιστοιχούν ρητά σε UC. Η πλοήγηση και τα δικαιώματα διαφέρουν ανά ρόλο (ADMIN, OWNER, TENANT), γεγονός που φαίνεται τόσο στις κοινές οθόνες όσο και στις εξειδικευμένες λειτουργίες κάθε ρόλου.

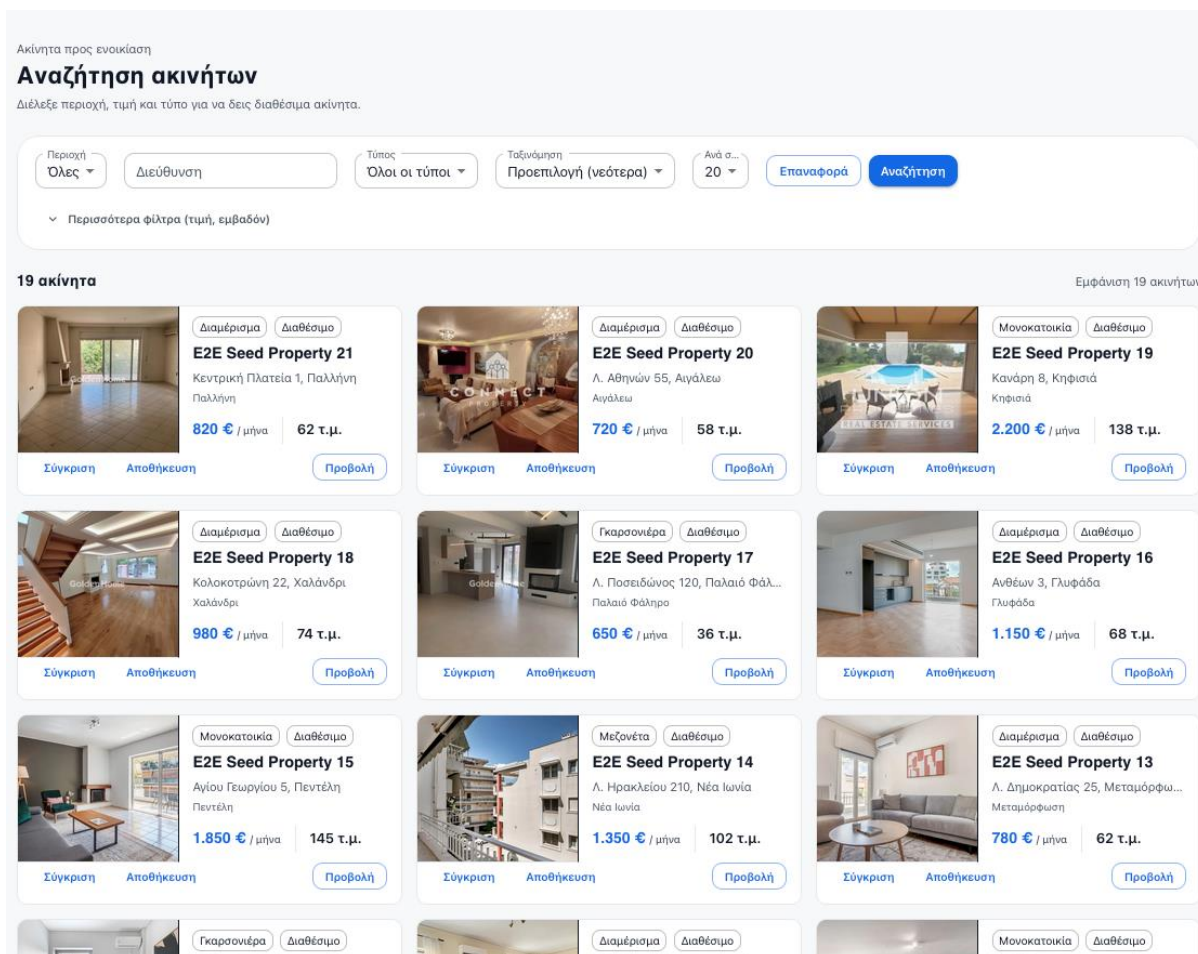
7.1 Παρουσίαση διεπαφής χρήστη (screenshots)

Η ενότητα 7.1 δίνει μια γρήγορη εικόνα της διεπαφής πριν την ανάλυση ανά UC. Εστιάζει σε τρεις καταστάσεις: ανώνυμη πρόσβαση (αναζήτηση/πλοήγηση), βασική αρχική οθόνη και προβολή μετά τη σύνδεση, όπου εμφανίζονται επιπλέον επιλογές ανά ρόλο (OWNER, TENANT, ADMIN).

Στα Σχήματα 7.1–7.3 φαίνεται η αρχική σελίδα και η κύρια πλοήγηση της εφαρμογής, καθώς και η διαφοροποίηση της διεπαφής για αυθεντικοποιημένο χρήστη. Οι λεπτομέρειες κάθε ροής (σύνδεση, ακίνητα, αναζήτηση, προτάσεις κ.λπ.) αναλύονται στο 7.2, εδώ παρέχεται μόνο το κοινό πλαίσιο πλοήγησης.



Σχήμα 7.1 Αρχική σελίδα



Σχήμα 7.2 Αρχική σελίδα της εφαρμογής

Ο πίνακας σου
Γρήγορες ενέργειες για αναζήτηση και προτάσεις ακινήτων.

ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΑ 0 Αποθηκευμένα ακίνητα Αναζήτηση	ΣΥΓΚΡΙΣΗ 0 Προς σύγκριση (max 3) Ανοίξε αναζήτηση	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ — Δεν είναι διαθέσιμες ακόμα. Προτάσεις Προτιμήσεις
--	--	---

Τιπ: Αν δεν βγαίνουν προτάσεις, ξεκίνα από τις Προτιμήσεις και έλεγξε τη συνέπεια.

Σχήμα 7.3 Αυθεντικοποιημένος χρήστης

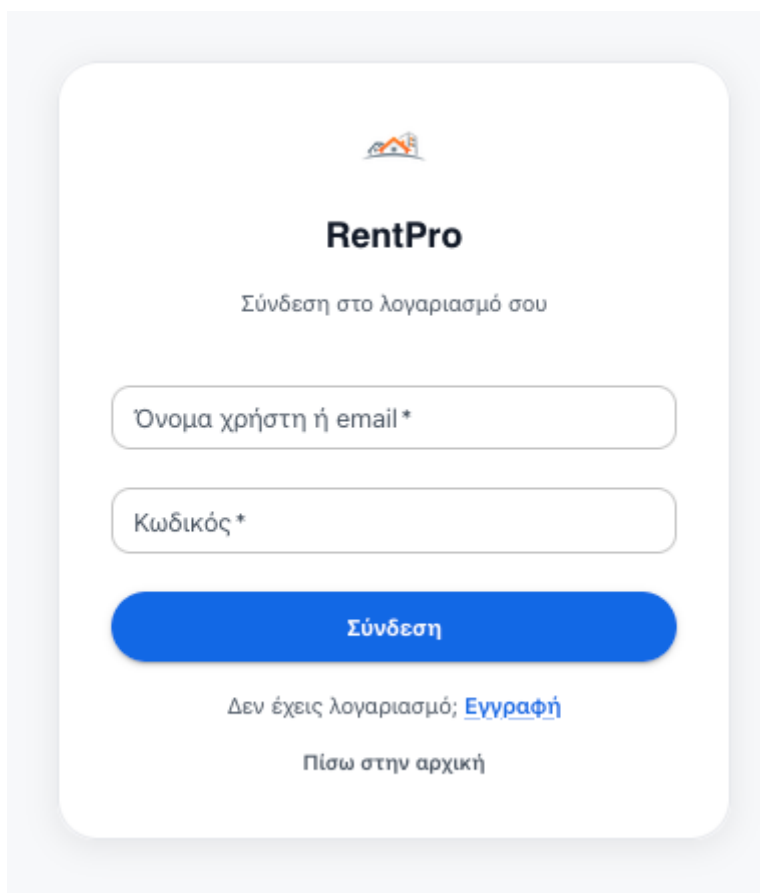
Με αυτό το πλαίσιο, το 7.2 παρουσιάζει συστηματικά τις έξι περιπτώσεις χρήσης UC-01 έως UC-06, με τα αντίστοιχα στιγμιότυπα οθόνης.

7.2 Σενάρια χρήσης της εφαρμογής

7.2.1 UC-01 - Αυθεντικοποίηση χρήστη

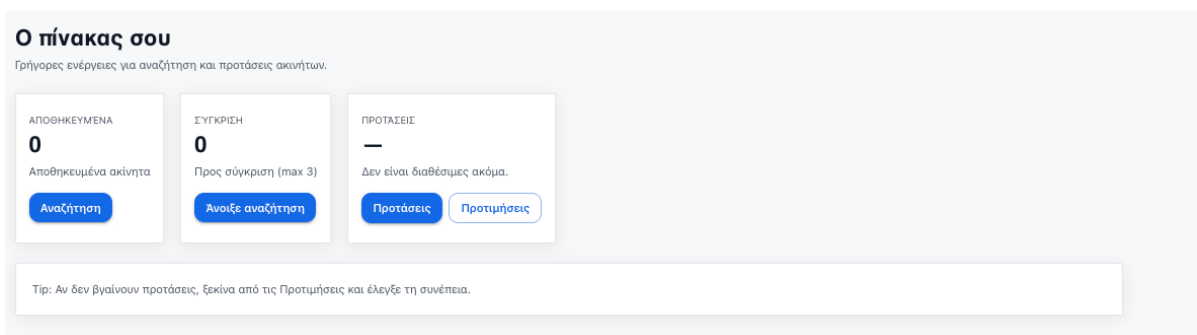
Η UC-01 είναι η πύλη πρόσβασης στις προστατευμένες λειτουργίες: μετά τη σύνδεση ο χρήστης λαμβάνει JWT (access token) και, όπου εφαρμόζεται, refresh token, ενώ η εξουσιοδότηση διακρίνεται ανά ρόλο (ADMIN, OWNER, TENANT). Οι κωδικοί αποθηκεύονται κρυπτογραφημένοι, για τα endpoints `/login` και `/auth/refresh` προβλέπεται προαιρετικός περιορισμός ρυθμού αιτημάτων (βλ. Κεφ. 5.4).

Στα Σχήματα 7.4–7.6 φαίνεται η ροή από την οθόνη σύνδεσης μέχρι την επιτυχή ή αποτυχημένη έκβαση. Σε επιτυχία, η διεπαφή προσαρμόζεται στον ρόλο (π.χ. διαχείριση ακινήτων για OWNER, προτιμήσεις/προτάσεις για TENANT), σε αποτυχία, εμφανίζεται σαφές μήνυμα σφάλματος χωρίς αποκάλυψη ευαίσθητων λεπτομερειών.



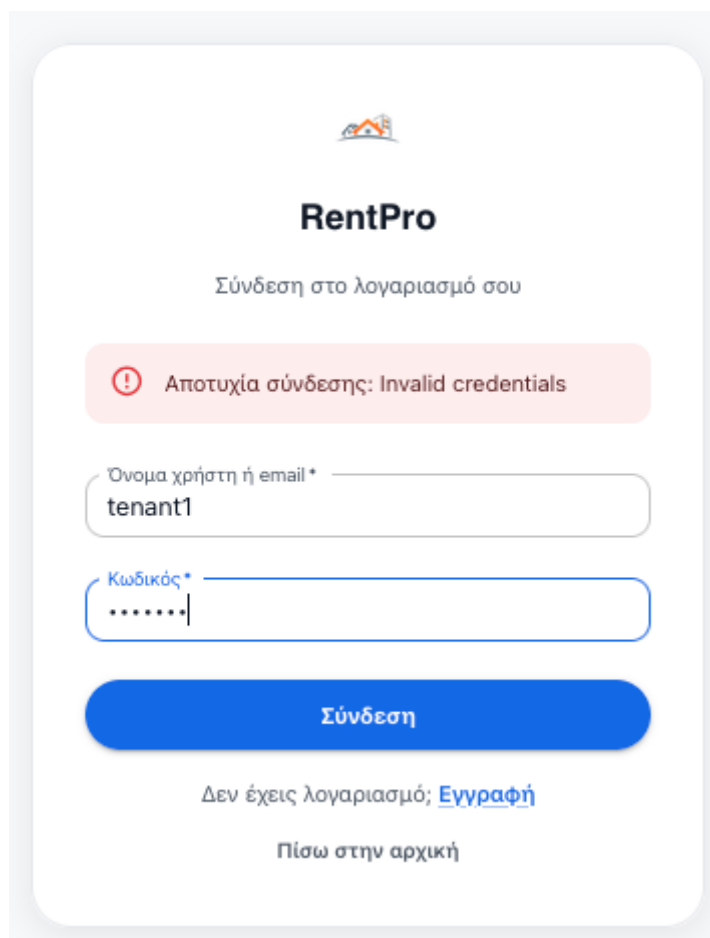
The image shows a login screen for 'RentPro'. At the top is a small icon of a house with a roof. Below it, the text 'RentPro' is displayed in a bold, black font. Underneath, the text 'Σύνδεση στο λογαριασμό σου' (Login to your account) is centered. There are two input fields: the first is labeled 'Όνομα χρήστη ή email *' (Username or email *) and the second is labeled 'Κωδικός *' (Password *). Below these fields is a large blue button with the text 'Σύνδεση' (Login). Under the button, there is a link that says 'Δεν έχεις λογαριασμό; [Εγγραφή](#)' (Don't have an account? [Sign up](#)). At the bottom, there is a link that says 'Πίσω στην αρχική' (Back to the home page).

Σχήμα 7.4 Οθόνη σύνδεσης χρήστη



The image shows a user dashboard after a successful login. The title is 'Ο πίνακας σου' (Your dashboard). Below the title, there is a subtitle: 'Γρήγορες ενέργειες για αναζήτηση και προτάσεις ακινήτων.' (Quick actions for searching and property suggestions). There are three main sections: 1. 'ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΑ' (Saved) with a large '0' and the text 'Αποθηκευμένα ακίνητα' (Saved properties), with a blue button 'Αναζήτηση' (Search). 2. 'ΣΥΓΚΡΙΣΗ' (Comparison) with a large '0' and the text 'Προς σύγκριση (max 3)' (For comparison (max 3)), with a blue button 'Άνοιξε αναζήτηση' (Open search). 3. 'ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ' (Suggestions) with a large '-' and the text 'Δεν είναι διαθέσιμες ακόμα.' (Not available yet), with two buttons: 'Προτάσεις' (Suggestions) and 'Προτιμήσεις' (Preferences). At the bottom, there is a tip: 'Tip: Αν δεν βγαίνουν προτάσεις, ξεκίνα από τις Προτιμήσεις και έλεγξε τη συνέπεια.' (Tip: If no suggestions appear, start from the Preferences and check the consistency.)

Σχήμα 7.5 Επιτυχής σύνδεση



The screenshot shows the RentPro login interface. At the top is the RentPro logo and the text 'Σύνδεση στο λογαριασμό σου'. Below this is a red error message box with a warning icon and the text 'Αποτυχία σύνδεσης: Invalid credentials'. There are two input fields: the first is labeled 'Όνομα χρήστη ή email*' and contains the text 'tenant1'; the second is labeled 'Κωδικός*' and contains seven dots. Below the input fields is a blue button labeled 'Σύνδεση'. At the bottom, there is a link 'Δεν έχεις λογαριασμό; Εγγραφή' and a link 'Πίσω στην αρχική'.

Σχήμα 7.6 Αποτυχημένη σύνδεση

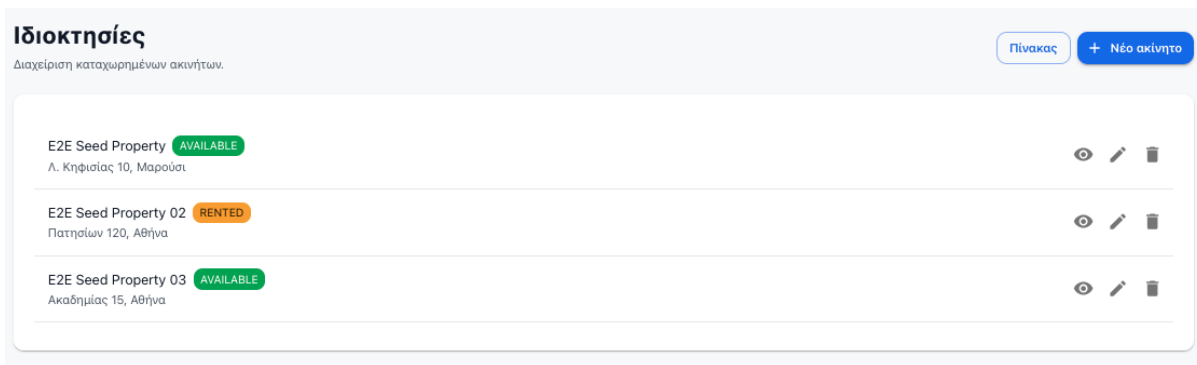
Χωρίς έγκυρη αυθεντικοποίηση, οι λειτουργίες UC-02 (διαχείριση ακινήτων), UC-04 (πολυκριτήρια προτάσεις) και UC-05/UC-06 παραμένουν απρόσβατες, η δημόσια αναζήτηση (UC-03) εξακολουθεί να είναι διαθέσιμη ανώνυμα για διαθέσιμα ακίνητα.

7.2.2 UC-02 - Διαχείριση ακινήτων

Η UC-02 αφορά τον ρόλο OWNER: ο ιδιοκτήτης καταχωρεί, ενημερώνει και παρακολουθεί τα δικά του ακίνητα. Κάθε εγγραφή περιλαμβάνει βασικά πεδία (τιμή, εμβαδόν, τύπος, περιοχή) και κατάσταση διαθεσιμότητας, μόνο τα διαθέσιμα (AVAILABLE) εμφανίζονται στη δημόσια αναζήτηση (UC-03).

Η πρόσβαση στους πόρους είναι owner-scored: ο ιδιοκτήτης βλέπει και τροποποιεί μόνο τα δικά του ακίνητα (βλ. Κεφ. 5.4). Στα Σχήματα 7.7–7.9 φαίνεται η ροή διαχείρισης: λίστα

καταχωρίσεων, φόρμα νέας εγγραφής με επιλογή περιοχής (`area\_id` από τον πίνακα areas) και επεξεργασία υφιστάμενου ακινήτου, συμπεριλαμβανομένης της ενημέρωσης κατάστασης διαθεσιμότητας.

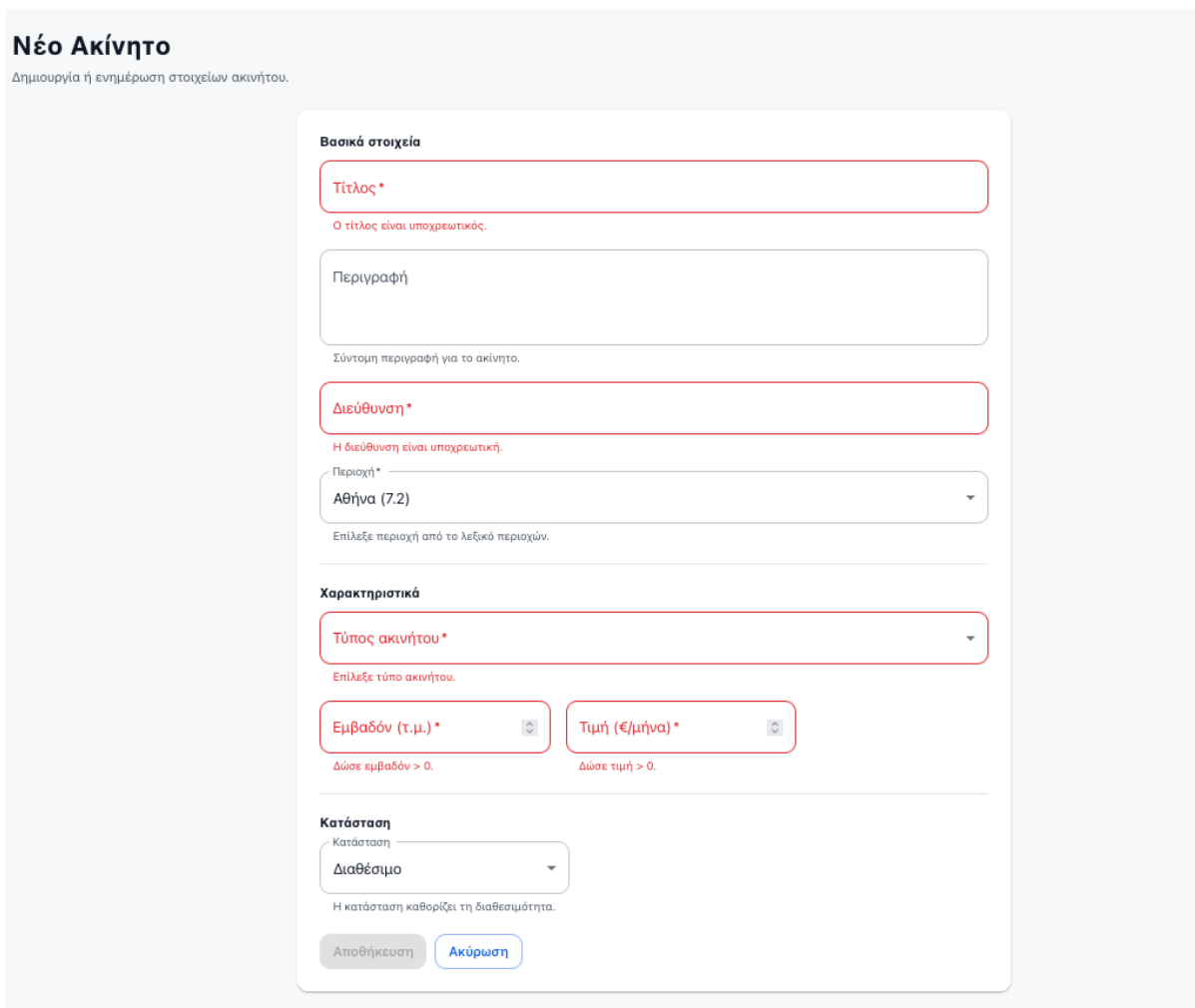


Ιδιοκτησίες
Διαχείριση καταχωρημένων ακινήτων.

Πίνακας + Νέο ακίνητο

EZE Seed Property	AVAILABLE	Λ. Κηφισίας 10, Μαρούσι	👁️ ✎️ 🗑️
EZE Seed Property 02	RENTED	Πατησίων 120, Αθήνα	👁️ ✎️ 🗑️
EZE Seed Property 03	AVAILABLE	Ακαδημίας 15, Αθήνα	👁️ ✎️ 🗑️

Σχήμα 7.7 Λίστα ακινήτων ιδιοκτήτη



Νέο Ακίνητο
Δημιουργία ή ενημέρωση στοιχείων ακινήτου.

Βασικά στοιχεία

Τίτλος *

Ο τίτλος είναι υποχρεωτικός.

Περιγραφή

Σύντομη περιγραφή για το ακίνητο.

Διεύθυνση *

Η διεύθυνση είναι υποχρεωτική.

Περιοχή *

Αθήνα (7.2)

Επίλεξε περιοχή από το λεξικό περιοχών.

Χαρακτηριστικά

Τύπος ακινήτου *

Επίλεξε τύπο ακινήτου.

Εμβαδόν (τ.μ.) *

Δώσε εμβαδόν > 0.

Τιμή (€/μήνα) *

Δώσε τιμή > 0.

Κατάσταση

Κατάσταση

Διαθέσιμο

Η κατάσταση καθορίζει τη διαθεσιμότητα.

Αποθήκευση Ακύρωση

Σχήμα 7.8 Φόρμα καταχώρησης νέου ακινήτου

Επεξεργασία Ακινήτου

Δημιουργία ή ενημέρωση στοιχείων ακινήτου.

Βασικά στοιχεία

Τίτλος *

Π.χ. "Διαμέρισμα 2Υδ στο κέντρο".

Περιγραφή

Σύντομη περιγραφή για το ακίνητο.

Διεύθυνση *

Περιοχή / οδός / στοιχεία τοποθεσίας.

Περιοχή *

Επίλεξε περιοχή από το λεξικό περιοχών.

Χαρακτηριστικά

Τύπος ακινήτου *

Επίλεξε τον τύπο που ταιριάζει καλύτερα.

Εμβαδόν (τ.μ.) *

π.χ. 75

Τιμή (€(μήνα)) *

π.χ. 850

Κατάσταση

Κατάσταση

Η κατάσταση καθορίζει τη διαθεσιμότητα.

Σχήμα 7.9 Επεξεργασία στοιχείων ακινήτου

Έτσι, τα δεδομένα που εισάγει ο ιδιοκτήτης τροφοδοτούν τόσο την απλή αναζήτηση (7.2.3 / Κεφ. 7.3.1) όσο και την πολυκριτήρια αξιολόγηση (UC-04), με συνεπή σύνδεση περιοχής και βαθμολογίας περιοχής (`area\_score` από τον πίνακα areas).

7.2.3 UC-03 - Αναζήτηση και προβολή ακινήτων

Η UC-03 είναι το σημείο εισόδου για τον υποψήφιο ενοικιαστή: αναζήτηση διαθέσιμων ακινήτων με φίλτρα (περιοχή, εύρος τιμής κ.λπ.) και προβολή λεπτομερειών. Η λειτουργία είναι προσβάσιμη και σε ανώνυμους χρήστες, ώστε να μπορούν να εξερευνήσουν την αγορά χωρίς εγγραφή, για μη διαθέσιμα ακίνητα ισχύουν αυστηρότεροι κανόνες πρόσβασης (βλ. Κεφ. 5.4).

Η αναζήτηση εκτελείται μέσω δημόσιου endpoint (`/properties/search`) και επιστρέφει μόνο ακίνητα με κατάσταση AVAILABLE, ώστε τα αποτελέσματα να ταιριάζουν με την

πραγματική διαθεσιμότητα. Στα Σχήματα 7.10 και 7.11 φαίνεται η φόρμα φίλτρων και η λίστα αποτελεσμάτων αντίστοιχα, κάθε εγγραφή συνοψίζει βασικά χαρακτηριστικά (τιμή, εμβαδόν, περιοχή, τύπος) για γρήγορη σύγκριση πριν την αναλυτική προβολή.

Ακίνητα προς ενοίκιαση

Αναζήτηση ακινήτων

Διέλεξε περιοχή, τιμή και τύπο για να δεις διαθέσιμα ακίνητα.

Περιοχή Όλες ▾

Διεύθυνση

Τύπος Όλοι οι τύποι ▾

Ταξινόμηση Προεπιλογή (νεότερα) ▾

Ανά σ... 20 ▾

Επαναφορά

Αναζήτηση

▼ Περισσότερα φίλτρα (τιμή, εμβαδόν)

19 ακίνητα Εμφάνιση 19 ακινήτων

 E2E Seed Property 21 Κεντρική Πλατεία 1, Παλλήνη 820 € / μήνα 62 τ.μ. Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή	 E2E Seed Property 20 Λ. Αθηνών 55, Αιγάλεω 720 € / μήνα 58 τ.μ. Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή	 E2E Seed Property 19 Κανάρη 8, Κηφισιά Κηφισιά 2.200 € / μήνα 138 τ.μ. Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή
 E2E Seed Property 18 Κολοκοτρώνη 22, Χαλάνδρι Χαλάνδρι 980 € / μήνα 74 τ.μ. Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή	 E2E Seed Property 17 Λ. Ποσειδώνος 120, Παλαιό Φάληρο Παλαιό Φάληρο 650 € / μήνα 36 τ.μ. Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή	 E2E Seed Property 16 Ανθέων 3, Γλυφάδα Γλυφάδα 1.150 € / μήνα 68 τ.μ. Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή
 E2E Seed Property 15 Αγίου Γεωργίου 5, Πεντέλη Πεντέλη 1.850 € / μήνα 145 τ.μ. Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή	 E2E Seed Property 14 Λ. Ηρακλείου 210, Νέα Ιωνία Νέα Ιωνία 1.350 € / μήνα 102 τ.μ. Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή	 E2E Seed Property 13 Λ. Δημοκρατίας 25, Μεταμόρφωση Μεταμόρφωση 780 € / μήνα 62 τ.μ. Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή
 Γκαρσονιέρα Διαθέσιμο	 Διαμέρισμα Διαθέσιμο	 Μονοκατοικία Διαθέσιμο

Σχήμα 7.10 Οθόνη αναζήτησης ακινήτου

Ακίνητα προς ενοικίαση

Αναζήτηση ακινήτων

Διέλεξε περιοχή, τιμή και τύπο για να δεις διαθέσιμα ακίνητα.

Περιοχή: Όλες Διεύθυνση: Τύπος: Όλοι οι τύποι Ταξινόμηση: Προεπιλογή (νεότερα) Ανά σ.: 20 Επαναφορά Αναζήτηση Λιγότερα φίλτρα

Τιμή / μήνα: Από 0 € Έως 750 € Εμβαδόν (τ.μ.): Από 0 τ.μ. Έως 135 τ.μ.

Ενεργά: Τιμή: — – 750 € Εμβαδόν: — – 135 τ.μ. Καθαρισμός

6 ακίνητα Εμφάνιση 6 ακινήτων

Διαμέρισμα Διαθέσιμο

E2E Seed Property 20

Λ. Αθηνών 55, Αιγάλεω

720 € / μήνα 58 τ.μ.

Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή

Γκαρσονιέρα Διαθέσιμο

E2E Seed Property 17

Λ. Ποσειδώνος 120, Παλαιό Φάληρο

650 € / μήνα 36 τ.μ.

Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή

Γκαρσονιέρα Διαθέσιμο

E2E Seed Property 12

Λ. Ηρακλείου 88, Νέο Ηράκλειο

590 € / μήνα 38 τ.μ.

Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή

Γκαρσονιέρα Διαθέσιμο

E2E Seed Property 08

Ιπποκράτους 90, Αθήνα

610 € / μήνα 40 τ.μ.

Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή

Διαμέρισμα Διαθέσιμο

E2E Seed Property 03

Ακαδημίας 15, Αθήνα

740 € / μήνα 48 τ.μ.

Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή

Διαμέρισμα Διαθέσιμο

E2E Seed Property

Λ. Κηφισίας 10, Μαρούσι

650 € / μήνα 55 τ.μ.

Σύγκριση Αποθήκευση Προβολή

δ

Σχήμα 7.11 Αποτελέσματα αναζήτησης (λίστα ακινήτων)

Ακίνητα προς ενοικίαση < Πίσω στην Αναζήτηση

E2E Seed Property 20

Λ. Αθηνών 55, Αιγάλεω

Διαμέρισμα AVAILABLE

720 € / μήνα Επικοινωνήστε

Εμβαδόν Τύπος
58 τ.μ. Διαμέρισμα

Περιγραφή
Seeded fixture (west suburbs)

Σχήμα 7.12 Αναλυτική προβολή ακινήτου

Η αναλυτική προβολή (Σχήμα 7.12) παρουσιάζει τα πλήρη στοιχεία ενός διαθέσιμου ακινήτου. Για ανώνυμη πρόσβαση επιτρέπεται μόνο η προβολή AVAILABLE ακινήτων, σε μη διαθέσιμα, το middleware απαιτεί αυθεντικοποίηση και έλεγχο δικαιωμάτων, ώστε να μην αποκαλύπτεται η ύπαρξη ακινήτου σε μη εξουσιοδοτημένους χρήστες.

Με αυτόν τον τρόπο, η αναζήτηση λειτουργεί ως απλή, φιλτραρισμένη προσέγγιση (βλ. Κεφ. 7.3.1) και προετοιμάζει τον χρήστη για την πολυκριτήρια ροή συστάσεων της UC-04 (7.2.4).

7.2.4 UC-04 - Πολυκριτήρια αξιολόγηση και προτάσεις

Η περίπτωση χρήσης UC-04 αφορά τον πυρήνα της υποστήριξης απόφασης: ο ενοικιαστής δηλώνει πώς «ζυγίζει» τα κριτήρια (τιμή, εμβαδόν, τύπος ακινήτου, περιοχή) και λαμβάνει εξατομικευμένη κατάταξη διαθέσιμων ακινήτων. Η ροή ξεκινά από τη σελίδα προτιμήσεων και καταλήγει στη λίστα προτάσεων, χωρίς να απαιτείται χειροκίνητη αναζήτηση με αυστηρά φίλτρα.

Στο backend, τα βάρη προκύπτουν με AHP (με έλεγχο συνέπειας CR) και η τελική κατάταξη με TOPSIS, στο frontend προσφέρονται δύο ισοδύναμοι τρόποι εισαγωγής προτιμήσεων. Η διεπαφή συλλογής προτιμήσεων (pairwise και sliders) παρουσιάζεται στην Ενότητα 6.2 (Σχήματα 6.2 και 6.3), όπου εξηγείται ότι οι τιμές των sliders μετατρέπονται σε λόγους σχετικής σημασίας ανά ζεύγος κριτηρίων και τροφοδοτούν την ίδια διαδικασία AHP με τη φόρμα ζευγών. Έτσι, και οι δύο διεπαφές οδηγούν στον ίδιο μηχανισμό υπολογισμού και κατάταξης.

Μετά την αποδοχή των προτιμήσεων, η εφαρμογή εμφανίζει τα προτεινόμενα ακίνητα ταξινομημένα κατά φθίνουσα καταλληλότητα (βλ. Ενότητα 6.6, Σχήμα 6.14). Η σειρά αντανακλά το αποτέλεσμα TOPSIS ως προς τα κριτήρια και τα βάρη που όρισε ο χρήστης, συμπληρωματικά, η ίδια σελίδα επιτρέπει what-if ανάλυση (π.χ. προσωρινή ενίσχυση βάρους τιμής) και ζωντανή προεπισκόπηση CR κατά τη συμπλήρωση προτιμήσεων (βλ. Ενότητα 6.5).

Συνολικά, η UC-04 συνδέει τη δήλωση προτιμήσεων (δύο UI, ένας αλγόριθμος) με την παραγωγή τεκμηριωμένων προτάσεων. Η λεπτομερής επεξήγηση των αποτελεσμάτων περιγράφεται στην επόμενη υποενότητα (7.2.4.1).

7.2.4.1 Επεξήγηση των προτάσεων

Πέρα από την παραγωγή της τελικής κατάταξης, η εφαρμογή παρέχει στον χρήστη αναλυτική επεξήγηση των αποτελεσμάτων της πολυκριτήριας αξιολόγησης, ώστε οι

προτάσεις να μην εμφανίζονται ως «μαύρο κουτί» αλλά να συνοδεύονται από σαφή αιτιολόγηση. Η δυνατότητα αυτή υλοποιείται σε δύο επίπεδα: σε επίπεδο συνολικής απόφασης και σε επίπεδο μεμονωμένου ακινήτου.

Σε επίπεδο συνολικής απόφασης, ειδικό τμήμα της διεπαφής («Επεξήγηση») παρουσιάζει τα βάρη των κριτηρίων όπως προέκυψαν από τη μέθοδο AHP, εκφρασμένα ως ποσοστά, καθώς και τον δείκτη συνέπειας (CR) των συγκρίσεων του χρήστη. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης αντιλαμβάνεται ποια κριτήρια βάρυναν περισσότερο στη διαμόρφωση των προτάσεων και κατά πόσο οι προτιμήσεις που δήλωσε ήταν συνεπείς (βλ. Σχήμα 6.15).

Σε επίπεδο μεμονωμένου ακινήτου, για κάθε προτεινόμενο ακίνητο παρατίθεται σύντομη αιτιολόγηση της θέσης του στην κατάταξη, υπό τη μορφή των βασικών παραγόντων που το ευνοούν (για παράδειγμα, ανταγωνιστική τιμή, καλό εμβαδόν ή υψηλή ποιότητα περιοχής), συνοδευόμενων από την τιμή του αντίστοιχου κριτηρίου και το ποσοστιαίο του βάρος. Η αιτιολόγηση αυτή προκύπτει από τη συμβολή κάθε κριτηρίου στην απόσταση του ακινήτου από την ιδανική και τη μη ιδανική λύση, όπως υπολογίζονται από τη μέθοδο TOPSIS. Επιπλέον, το σύστημα παρέχει συνοδευτικά πληροφοριακά στοιχεία για τη διαφάνεια της διαδικασίας, όπως το συνολικό πλήθος των διαθέσιμων ακινήτων, το πλήθος των ακινήτων που τελικά κατατάχθηκαν και το πλήθος εκείνων για τα οποία δεν υπήρχε διαθέσιμη βαθμολογία περιοχής. Τα στοιχεία αυτά, σε συνδυασμό με τα βάρη και τον δείκτη συνέπειας, καθιστούν τη διαδικασία λήψης απόφασης πλήρως διαφανή και ερμηνεύσιμη από τον τελικό χρήστη.

7.2.5 UC-05 - Διαχείριση μίσθωσης

Η UC-05 αφορά τον OWNER και τη διαχείριση συμβολαίων μίσθωσης: σύνδεση ακινήτου με ενοικιαστή, ορισμός χρονικής διάρκειας και παρακολούθηση ενεργών ή ληγμένων μισθώσεων. Η δημιουργία ή ενεργοποίηση συμβολαίου επηρεάζει άμεσα την κατάσταση διαθεσιμότητας του ακινήτου, ώστε τα αποτελέσματα αναζήτησης (UC-03) να ανταποκρίνονται στην πραγματική κατάσταση μίσθωσης.

Η πρόσβαση στα συμβόλαια είναι owner-scored (βλ. Κεφ. 5.4): ο ιδιοκτήτης διαχειρίζεται μόνο μισθώσεις που αφορούν τα δικά του ακίνητα. Στα Σχήματα 7.13–7.15 φαίνεται η ροή από τη λίστα συμβολαίων και τη δημιουργία νέου συμβολαίου μέχρι την ενημέρωση

κατάστασης ακινήτου όταν η μίσθωση είναι ενεργή. Όπου προβλέπεται, υποστηρίζεται και αποθήκευση PDF συμβολαίου με ελέγχους τύπου αρχείου και μεγέθους (βλ. Κεφ. 5.4).

Συμβόλαιο
Καταχώριση, προβολή και διαχείριση συμβολαίων.

[Νέο Συμβόλαιο](#)

Κατάσταση ▼
Κωδικός ακινήτου (Property ...)
Κωδικός ενοικιαστή (Tenant ...)
☐ Ενεργό σήμερα
[Αναζήτηση](#)

ID	Ακίνητο (Διεύθυνση)	Ενοικιαστής	Ενεργό	Κατάσταση	Έναρξη	Λήξη	Μίσθωμα	PDF	Ενέργειες
1	Πατησίων 120, Αθήνα	E2E Seed Tenant	Ενεργό	ACTIVE	2026-05-25	2027-05-25	650	PDF	Προβολή Τερματισμός Διαγραφή Επεξεργασία

Σχήμα 7.13 Λίστα συμβολαίων μίσθωσης ιδιοκτήτη

Νέο Συμβόλαιο
Δημιουργία νέου συμβολαίου μίσθωσης.

⚠ Δεν μπορείς να δημιουργήσεις νέο συμβόλαιο όταν το ακίνητο δεν είναι διαθέσιμο.

Στοιχεία ακινήτου

Επιλογή ακινήτου *
Επίλεξε ακίνητο.

Ενοικιαστής

Επιλογή ενοικιαστή *
Επίλεξε ενοικιαστή.

Ημερομηνίες

Έναρξη * 06 / 24 / 2026

Λήξη * 06 / 24 / 2027

Οικονομικά

Μίσθωμα (€/μήνα) *
Δώσε ποσό > 0.

PDF (προαιρετικό)

[Browse...](#) No file selected.
Μόνο PDF έως 5MB.

[Δημιουργία](#) [Ακύρωση](#)

Σχήμα 7.14 Δημιουργία νέου συμβολαίου μίσθωσης

Συμβόλαιο #1

Λεπτομέρειες συμβολαίου μίσθωσης.

Πίσω

Επεξεργασία

Κατάσταση	ACTIVE
Ακίνητο (Διεύθυνση)	Πατησίων 120, Αθήνα
Κατάσταση ακινήτου	Μη διαθέσιμο (RENTED)
Ενοικιαστής	E2E Seed Tenant
Έναρξη	2026-05-25
Λήξη	2027-05-25
Μίσθωμα	650
Δημιουργήθηκε	2026-06-24T06:12:30.388267Z
Ενημερώθηκε	2026-06-24T06:12:30.388267Z
Τερματίστηκε	-

Προβολή PDF

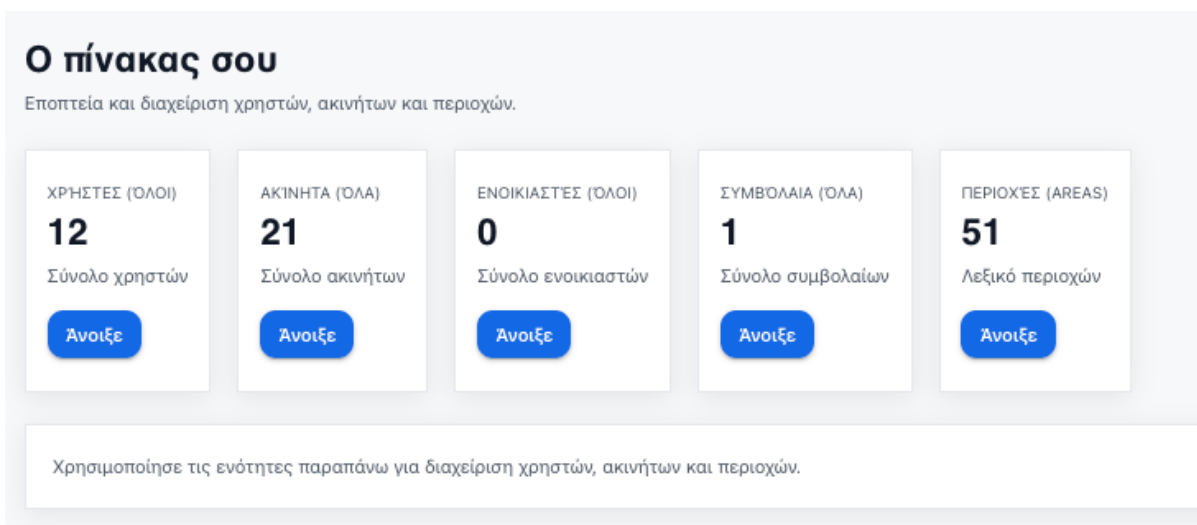
Σχήμα 7.15 Ενεργό συμβόλαιο και ενημέρωση κατάστασης ακινήτου

Έτσι, η UC-05 κλείνει τον κύκλο «ακίνητο → ενοικιαστής → μίσθωση» που ξεκινά από την καταχώριση ακινήτου (UC-02) και συμπληρώνεται από τη διαχείριση ενοικιαστών στο ίδιο πλαίσιο ρόλου OWNER, χωρίς αποκλίσεις μεταξύ διαθεσιμότητας, αναζήτησης και πολυκριτήριας αξιολόγησης.

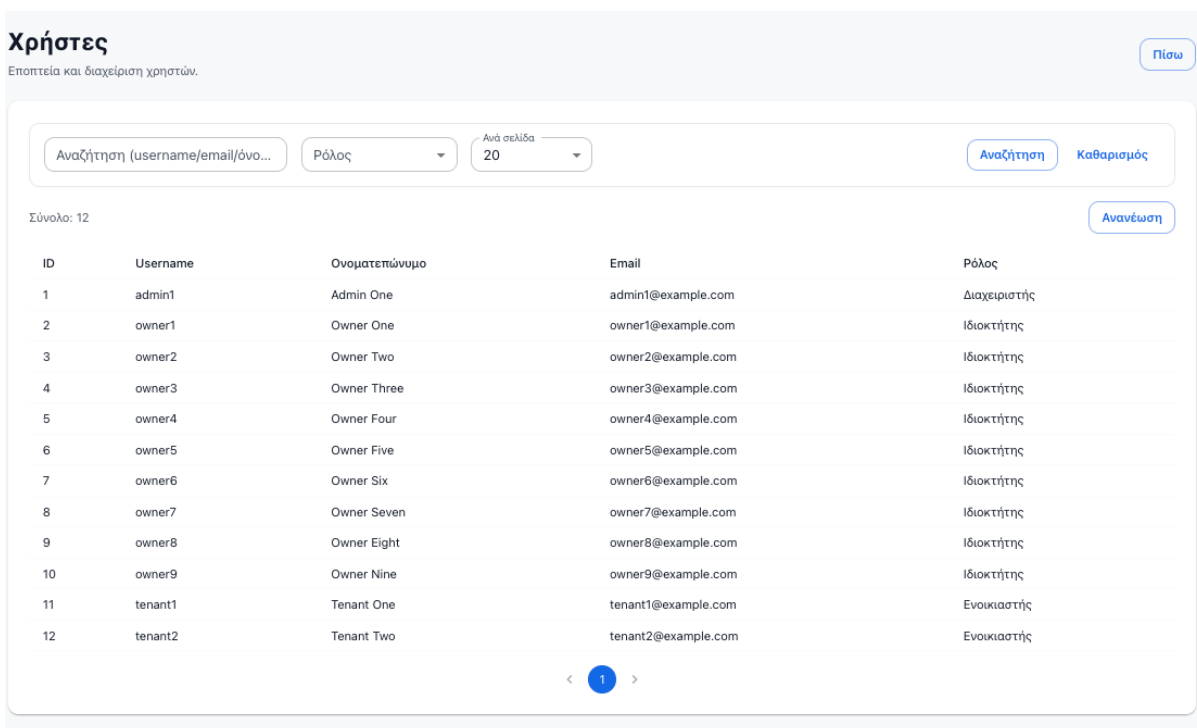
7.2.6 UC-06 - Εποπτεία και διαχείριση συστήματος

Η UC-06 αφορά τον ρόλο ADMIN: εποπτεία χρηστών και διαχείριση καταχωρίσεων σε επίπεδο συστήματος, χωρίς τον περιορισμό owner-scored που ισχύει για τον OWNER. Ο διαχειριστής έχει πρόσβαση σε κεντρικές λειτουργίες που υποστηρίζουν την ασφαλή και συνεπή λειτουργία της εφαρμογής (βλ. Κεφ. 5.4).

Στα Σχήματα 7.16–7.18 φαίνεται η ροή από τον πίνακα διαχείρισης και την εποπτεία χρηστών μέχρι τη διαχείριση περιοχών (Areas) ως δεδομένων αναφοράς. Οι περιοχές συνδέονται με τα ακίνητα ('area_id' στην UC-02) και τροφοδοτούν το κριτήριο ποιότητας περιοχής ('area_score') στην πολυκριτήρια αξιολόγηση (UC-04), η κεντρική τους συντήρηση από ADMIN διασφαλίζει συνέπεια σε όλο το σύστημα.



Σχήμα 7.16 Πίνακας διαχείρισης συστήματος (Admin dashboard)



Σχήμα 7.17 Εποπτεία χρηστών από διαχειριστή

Περιοχές (Areas)
Διαχείριση του κεντρικού λεξικού περιοχών και του area score.

Ανανέωση Πίσω

Νέα περιοχή

Code (unique)
π.χ. MAROUSI

Όνομα

Area score

Active

Δημιουργία

Σύνολο: 51

ID	Code	Όνομα	Area score	Active	Ενέργειες
1	UNKNOWN	Unknown / Other	0	☒	Αποθήκευση
34	ALIMOS	Άλιμος	7.8	☒	Αποθήκευση
40	ILION	Ίλιον	5.7	☒	Αποθήκευση
25	AGIA_PARASKEVI	Αγία Παρασκευή	7.4	☒	Αποθήκευση
11	ATHENS	Αθήνα	7.2	☒	Αποθήκευση
39	AIGALEO	Αιγάλεω	5.9	☒	Αποθήκευση
58	ARGYROUPOLI	Αργυρούπολη	7.2	☒	Αποθήκευση
57	VARI_VOULA_VOULIAGMENI	Βάρη-Βούλα-Βουλιαγμένη	8.4	☒	Αποθήκευση
18	VRILISSIA	Βριλήσσια	7.7	☒	Αποθήκευση
30	VYRONAS	Βύρωνας	6.9	☒	Αποθήκευση
52	GERAKAS	Γέρακας	7	☒	Αποθήκευση
29	GALATSI	Γαλάτσι	6.9	☒	Αποθήκευση
35	GLYFADA	Γλυφάδα	8.3	☒	Αποθήκευση
59	DAFNI_YMITTOS	Δάφνη-Υμηττός	6.9	☒	Αποθήκευση

Σχήμα 7.18 Διαχείριση περιοχών (Areas) ως δεδομένα αναφοράς

Με την UC-06 ολοκληρώνεται το πλέγμα ρόλων (ADMIN / OWNER / TENANT) που περιγράφηκε στην αρχή του Κεφ. 7: ο ADMIN διατηρεί το σύστημα και τα δεδομένα αναφοράς, ο OWNER τα ακίνητα και τις μισθώσεις, ο TENANT την αναζήτηση και τις προτάσεις.

7.3 Σύγκριση απλής αναζήτησης και πολυκριτήριας προσέγγισης

Το 7.3 συγκρίνει δύο τρόπους εύρεσης ακινήτου στην εφαρμογή: απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση (UC-03 / 7.3.1) και πολυκριτήρια προτάσεις με AHP-TOPSIS (UC-04 / 7.3.2). Η σύγκριση εστιάζει στην εμπειρία χρήσης και στα πρακτικά αποτελέσματα, όχι στην επανάληψη της θεωρίας των Κεφ. 2 και 6.

Η σύγκριση βασίζεται στην εμπειρία χρήσης της εφαρμογής και στα αποτελέσματα που παράγονται από τις δύο προσεγγίσεις, χωρίς να επαναλαμβάνεται η θεωρητική ανάλυση των μεθόδων, η οποία έχει παρουσιαστεί αναλυτικά στα προηγούμενα κεφάλαια.

7.3.1 Απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση

Η απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση αποτελεί τη βασική λειτουργία εντοπισμού ακινήτων, κατά την οποία ο χρήστης ορίζει συγκεκριμένα κριτήρια αποδοχής, όπως εύρος τιμής, περιοχή ή βασικά χαρακτηριστικά. Το σύστημα επιστρέφει το σύνολο των ακινήτων που πληρούν τα συγκεκριμένα φίλτρα, χωρίς περαιτέρω αξιολόγηση ή ιεράρχηση.

Η προσέγγιση αυτή είναι εύχρηστη και άμεση, ωστόσο παρουσιάζει περιορισμούς όταν το πλήθος των αποτελεσμάτων είναι μεγάλο ή όταν τα κριτήρια του χρήστη βρίσκονται σε σχέση αντιστάθμισης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο χρήστης καλείται να συγκρίνει χειροκίνητα τις εναλλακτικές λύσεις, χωρίς σαφή ένδειξη συνολικής καταλληλότητας.

7.3.2 Πολυκριτήρια προσέγγιση συστάσεων

Αντίθετα, η πολυκριτήρια προσέγγιση συστάσεων αξιοποιεί τις δηλωμένες προτιμήσεις του χρήστη ως προς τη σχετική σημασία των κριτηρίων αξιολόγησης και εφαρμόζει συστηματική διαδικασία κατάταξης των διαθέσιμων ακινήτων. Μέσω της μεθόδου AHP υπολογίζονται τα βάρη των κριτηρίων, ενώ η μέθοδος TOPSIS χρησιμοποιείται για τη συνολική αξιολόγηση και ιεράρχηση των εναλλακτικών λύσεων.

Το αποτέλεσμα της πολυκριτήριας διαδικασίας είναι μία διατεταγμένη λίστα ακινήτων, η οποία αντικατοπτρίζει τη συνολική καταλληλότητα κάθε επιλογής σε σχέση με τις προτιμήσεις του χρήστη. Η προσέγγιση αυτή μειώνει το γνωστικό φορτίο του χρήστη και υποστηρίζει τεκμηριωμένη λήψη απόφασης, ιδίως σε περιπτώσεις όπου τα κριτήρια αξιολόγησης είναι αντικρουόμενα.

7.3.3 Συγκριτική αποτίμηση των δύο προσεγγίσεων

Χαρακτηριστικό	Απλή αναζήτηση	Πολυκριτήρια προσέγγιση
Τρόπος αξιολόγησης	Φίλτρα αποδοχής	Στάθμιση και κατάταξη
Ιεράρχηση αποτελεσμάτων	Όχι	Ναι
Υποστήριξη αντικρουόμενων κριτηρίων	Περιορισμένη	Πλήρης

Εξατομίκευση	Χαμηλή	Υψηλή
Γνωστικό φορτίο χρήστη	Υψηλό σε πολλά αποτελέσματα	Μειωμένο
Υποστήριξη λήψης απόφασης	Έμμεση	Άμεση

Πίνακας 7.1 Σύγκριση απλής αναζήτησης και πολυκριτήριας προσέγγισης

7.3.4 Συμπερασματική σύγκριση

Από τη συγκριτική αποτίμηση προκύπτει ότι η απλή αναζήτηση αποτελεί κατάλληλο εργαλείο αρχικού φιλτραρίσματος, αλλά δεν επαρκεί για την υποστήριξη σύνθετων αποφάσεων επιλογής κατοικίας. Αντίθετα, η πολυκριτήρια προσέγγιση ενισχύει ουσιαστικά τη διαδικασία λήψης απόφασης, καθώς συνδυάζει αντικειμενικά δεδομένα ακινήτων με τις υποκειμενικές προτιμήσεις του χρήστη.

Η συνδυαστική αξιοποίηση των δύο προσεγγίσεων εντός της εφαρμογής επιτρέπει την ευέλικτη και προσαρμοστική αναζήτηση ακινήτων, προσφέροντας τόσο απλότητα όσο και βάθος αξιολόγησης, ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη.

7.4 Περιορισμοί και παρατηρήσεις

Το 7.4 συνοψίζει περιορισμούς και παρατηρήσεις της υλοποίησης — σχεδιαστικές επιλογές, δεδομένα, διεπαφή και εύρος λειτουργιών — χωρίς να αμφισβητεί η λειτουργικότητα του συστήματος. Οι υποενότητες 7.4.1–7.4.5 οργανώνουν τα θέματα αυτά (δεδομένα, AHP/CR, UI/explainability, αρχιτεκτονική, μελλοντικές κατευθύνσεις).

Η καταγραφή τους αποσκοπεί στην αποτύπωση των ορίων της παρούσας υλοποίησης και στη διατύπωση κατευθύνσεων για μελλοντική επέκταση και βελτίωση της εφαρμογής.

7.4.1 Περιορισμοί δεδομένων

Η ποιότητα των αποτελεσμάτων του πολυκριτήριου συστήματος συστάσεων εξαρτάται άμεσα από την πληρότητα και την ακρίβεια των διαθέσιμων δεδομένων. Στην παρούσα υλοποίηση, ορισμένα χαρακτηριστικά των ακινήτων αποτυπώνονται με απλουστευμένο

τρόπο, ώστε να διατηρηθεί ο έλεγχος της πολυπλοκότητας του συστήματος εντός του πλαισίου της διπλωματικής εργασίας.

Ειδικότερα, η ποιότητα της περιοχής αποτυπώνεται μέσω προκαθορισμένων τιμών (area score), οι οποίες ορίζονται κεντρικά από τον διαχειριστή ως δεδομένα αναφοράς. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει συνεπή και ελεγχόμενη αξιολόγηση, ωστόσο δεν λαμβάνει υπόψη δυναμικούς ή εξωτερικούς παράγοντες, όπως πραγματικά στατιστικά εγκληματικότητα ή πρόσβαση σε υποδομές σε πραγματικό χρόνο.

Επιπλέον, όταν η βαθμολογία περιοχής δεν είναι διαθέσιμη, η εφαρμογή αντικαθιστά αυτόματα την τιμή με 0. Επειδή το κριτήριο αντιμετωπίζεται ως μεγιστοποίησης, τα ακίνητα αυτά υποβαθμίζονται τεχνητά στην κατάταξη TOPSIS, ακόμη κι αν τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους είναι ανταγωνιστικά. Η επιλογή αυτή εξυπηρετεί τη συνέχεια του αλγορίθμου χωρίς αποκλεισμό εγγραφών, αλλά εισάγει πιθανή μεροληψία (bias) που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

7.4.2 Εξάρτηση από προτιμήσεις & συνέπεια (AHP/CR)

Η εφαρμογή υλοποιεί συνδυαστικά τις μεθόδους AHP και TOPSIS για τη στάθμιση και κατάταξη των ακινήτων, ωστόσο η πολυκριτήρια διαδικασία βασίζεται στις δηλωμένες προτιμήσεις του χρήστη. Σε περιπτώσεις όπου οι συγκρίσεις κατά ζεύγη είναι ασυνεπείς, η παραγωγή προτάσεων αποτρέπεται, απαιτώντας αναθεώρηση των προτιμήσεων.

Επιπλέον, ο αριθμός των κριτηρίων αξιολόγησης έχει διατηρηθεί σε ελεγχόμενο επίπεδο, ώστε να περιορίζεται το γνωστικό φορτίο του χρήστη και να διασφαλίζεται η πρακτική εφαρμοσιμότητα της μεθόδου AHP. Η επιλογή αυτή ενδέχεται να περιορίζει την εκφραστικότητα του μοντέλου σε πολύ εξειδικευμένα σενάρια αναζήτησης.

7.4.3 Διεπαφή χρήστη & επεξήγηση αποτελεσμάτων

Η διεπαφή χρήστη της εφαρμογής έχει σχεδιαστεί με έμφαση στη λειτουργικότητα και τη σαφήνεια, χωρίς εκτενή παραμετροποίηση ή προσαρμογή εμφάνισης. Ορισμένες λειτουργίες, όπως η εναλλακτική δήλωση προτιμήσεων μέσω sliders, προσφέρουν βελτιωμένη ευχρηστία, ωστόσο δεν αντικαθιστούν πλήρως τη λεπτομερή εκφραστικότητα των συγκρίσεων κατά ζεύγη.

Αντίθετα με την αρχική απλουστευμένη προσέγγιση, η εφαρμογή παρέχει αναλυτική επεξήγηση των αποτελεσμάτων της πολυκριτήριας κατάταξης (βλ. Ενότητα 7.2.4.1), τόσο σε επίπεδο συνολικών βαρών των κριτηρίων όσο και σε επίπεδο αιτιολόγησης της θέσης κάθε ακινήτου στην κατάταξη.

7.4.4 Αρχιτεκτονική & εύρος υλοποίησης

Κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής δόθηκε προτεραιότητα στον σαφή διαχωρισμό αρμοδιοτήτων μεταξύ των επιπέδων της αρχιτεκτονικής (παρουσίαση, επιχειρησιακή λογική, δεδομένα), γεγονός που διευκολύνει τη συντήρηση και τη μελλοντική επέκταση του συστήματος. Ορισμένες προηγμένες λειτουργίες, όπως η αυτοματοποιημένη άντληση εξωτερικών δεδομένων ή η δυναμική προσαρμογή των κριτηρίων αξιολόγησης, δεν υλοποιήθηκαν, καθώς θα διεύρυναν σημαντικά το score της εργασίας.

Επιπλέον, ο τύπος του ακινήτου ενσωματώνεται ως διατακτικό κριτήριο μεγιστοποίησης, υπό την υπόθεση ότι ο μεγαλύτερος τύπος κατοικίας είναι γενικά προτιμότερος. Η παραδοχή αυτή αποτελεί απλοποίηση και ενέχει περιορισμούς: αφενός η επιλογή τύπου είναι συχνά ζήτημα προσωπικής προτίμησης (έναν χρήστη ενδέχεται να επιθυμεί ρητά ένα στούντιο), αφετέρου η αριθμητική κλίμακα 1–4 επηρεάζει την κανονικοποίηση και τις αποστάσεις της TOPSIS χωρίς ισχυρή θεωρητική βάση. Μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση θα αντιμετώπιζε τον τύπο ως κριτήριο «ταιριάσματος» με τη δηλωμένη προτίμηση του χρήστη ή ως φίλτρο, κάτι που προτείνεται ως μελλοντική βελτίωση.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, η εφαρμογή επιτυγχάνει τη βασική της στόχευση, δηλαδή την πρακτική εφαρμογή πολυκριτήριων μεθόδων λήψης απόφασης σε ένα ρεαλιστικό σενάριο αναζήτησης κατοικίας, με συνεπή σύνδεση μεταξύ θεωρίας και υλοποίησης.

7.4.5 Μελλοντικές κατευθύνσεις

Μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση δυναμικών χωρικών δεδομένων, την προσθήκη επιπλέον κριτηρίων αξιολόγησης ή την υποστήριξη εναλλακτικών πολυκριτήριων μεθόδων. Επίσης, η ήδη υλοποιημένη επεξήγηση των συστάσεων (βλ. Ενότητα 7.2.4.1) θα μπορούσε να εμπλουτιστεί με πιο εξελιγμένες διεπαφές οπτικοποίησης, όπως γραφήματα συμβολής ανά κριτήριο ή αναλυτικό breakdown

αποστάσεων TOPSIS, ενισχύοντας περαιτέρω τη διαφάνεια και την εμπιστοσύνη των χρηστών.

Οι κατευθύνσεις αυτές επιβεβαιώνουν ότι η παρούσα εργασία μπορεί να αποτελέσει βάση για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα των ευφυών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στον χώρο των ακινήτων.

8. Συμπεράσματα και μελλοντική εργασία

8.1 Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία σχεδίασε και ανέπτυξε μια διαδικτυακή εφαρμογή διαχείρισης μισθώσεων ακινήτων με ενσωματωμένο πολυκριτήριο σύστημα συστάσεων για την υποστήριξη της αναζήτησης και επιλογής κατοικίας προς ενοικίαση. Ο κεντρικός στόχος ήταν να συνδυαστούν επιστημονικά τεκμηριωμένες μέθοδοι πολυκριτηρίας λήψης απόφασης με πλήρως λειτουργική υλοποίηση, ώστε να προκύπτουν εξατομικευμένες και επεξηγήσιμες προτάσεις αντί για απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση. Η εργασία καλύπτει ολόκληρο τον κύκλο ανάπτυξης — από την ανάλυση απαιτήσεων και τη σχεδίαση με UML έως την υλοποίηση (React, FastAPI, σχεσιακή βάση δεδομένων), τον ορισμό του αλγορίθμου AHP/TOPSIS και την αξιολόγηση μέσω ενδεικτικών σεναρίων και αυτοματοποιημένων ελέγχων.

Σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα της Ενότητας 2.8, τα αποτελέσματα της εργασίας επιβεβαιώνουν ότι οι μέθοδοι AHP και TOPSIS μπορούν να ενσωματωθούν σε διαδικτυακή εφαρμογή διαχείρισης μισθώσεων, με συνεχή ροή από τη συλλογή προτιμήσεων έως την παραγωγή κατάταξης ακινήτων. Παράλληλα, η βιβλιογραφική ανασκόπηση οδήγησε στη συμπύκνωση τεσσάρων κριτηρίων (κόστος ενοικίασης, ποιότητα περιοχής, τύπος ακινήτου, εμβαδόν), τα οποία αποτυπώθηκαν σε ενιαίο πολυκριτήριο μοντέλο με σαφή διάκριση κριτηρίων κόστους και οφέλους (Πίνακας 6.1).

Η μετατροπή των προτιμήσεων των χρηστών σε βάρη κριτηρίων — τόσο με συγκρίσεις κατά ζεύγη όσο και μέσω ισοδύναμων sliders — οδήγησε σε αποδεκτή συνέπεια ($CR \approx 0,005$, δηλαδή σαφώς κάτω από το όριο 0,10), με ταυτόχρονη εμφάνιση των βαρών και του δείκτη CR στη διεπαφή. Η συγκριτική αξιολόγηση (Ενότητα 7.3) έδειξε ότι η απλή φιλτραρισμένη αναζήτηση επαρκεί για αρχικό περιορισμό, αλλά η πολυκριτήρια προσέγγιση προσφέρει πλουσιότερη υποστήριξη όταν οι προτεραιότητες του χρήστη δεν αντιστοιχούν σε αυστηρά φίλτρα. Η προαιρετική what-if ανάλυση (έως +60% στο βάρος του κόστους) επιτρέπει την παρατήρηση της μεταβολής της κατάταξης χωρίς αποθήκευση νέων προτιμήσεων. Στο ενδεικτικό σενάριο του Πίνακα 6.5, το Studio στην Αθήνα κατέλαβε την πρώτη θέση με συντελεστή εγγύτητας $C \approx 0,65$, ευθυγραμμισμένο με την έμφαση του χρήστη στο κόστος (~48%).

Η κύρια συνεισφορά της εργασίας δεν έγκειται στην εφαρμογή των AHP και TOPSIS ως αυτοτελών μεθόδων, αλλά στην ενσωμάτωσή τους σε ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα που συνδυάζει διαχείριση ακινήτων και μισθώσεων με τεκμηριωμένες συστάσεις. Σε αντίθεση με τις κυρίαρχες πλατφόρμες αναζήτησης, οι οποίες περιορίζονται κυρίως σε φιλτράρισμα, το προτεινόμενο σύστημα ενσωματώνει υποκειμενικές προτιμήσεις, έλεγχο συνέπειας και επεξήγηση αποτελεσμάτων (βάρη κριτηρίων, CR, κατάταξη με συντελεστή C). Παράλληλα, η αρχιτεκτονική διαχωρισμού frontend/backend, η τεκμηρίωση μέσω UML και η αυτοματοποιημένη επαλήθευση με 132 unit tests σε 14 αρχεία ενισχύουν την αξιοπιστία και την επαναληψιμότητα της υλοποίησης. Η εργασία έτσι γεφυρώνει τη θεωρητική βιβλιογραφία πολυκριτήριας ανάλυσης στον τομέα των ακινήτων με πρακτική, λειτουργική εφαρμογή.

Ωστόσο, η αποτίμηση της συνεισφοράς πρέπει να λαμβάνει υπόψη και τους περιορισμούς της παρούσας υλοποίησης. Η αξιολόγηση βασίστηκε σε ενδεικτικά σενάρια και όχι σε πεδιοβολική μελέτη με πραγματικούς χρήστες, γεγονός που περιορίζει τη γενίκευση των συμπερασμάτων ως προς την αποδοχή και τη χρηστικότητα. Επιπλέον, σχεδιαστικές απλοποιήσεις — όπως η ordinal αποτύπωση του τύπου ακινήτου, η χρήση στατικού area score για την ποιότητα περιοχής και η απουσία μοντέλου multi-tenant για μεσιτικά γραφεία — ορίζουν το εύρος εφαρμογής του συστήματος (Ενότητα 7.4). Συνολικά, η εργασία επιβεβαιώνει ότι η ενσωμάτωση πολυκριτήριας ανάλυσης σε διαδικτυακά συστήματα αναζήτησης ακινήτων μπορεί να ενισχύσει ουσιαστικά τη διαδικασία λήψης απόφασης, υπό την προϋπόθεση διαφάνειας, ελέγχου συνέπειας και ρητής τεκμηρίωσης των περιορισμών.

8.2 Μελλοντικές επεκτάσεις και βελτιώσεις

Παρότι η παρούσα εργασία καλύπτει πλήρως τους αρχικούς της στόχους, υπάρχουν αρκετές κατευθύνσεις στις οποίες το σύστημα θα μπορούσε να επεκταθεί ή να βελτιωθεί στο μέλλον. Οι επεκτάσεις αυτές αφορούν τόσο το επίπεδο της πολυκριτήριας ανάλυσης όσο και τη συνολική λειτουργικότητα και εμπειρία χρήσης της εφαρμογής.

Μία προφανής κατεύθυνση μελλοντικής εργασίας αφορά την ενσωμάτωση πρόσθετων κριτηρίων αξιολόγησης ακινήτων, όπως περιβαλλοντικοί παράγοντες, ενεργειακή απόδοση ή δείκτες ποιότητας ζωής της περιοχής. Η εμπλουτισμένη αυτή πληροφορία θα μπορούσε

να βελτιώσει περαιτέρω την ακρίβεια και την εξατομίκευση των προτεινόμενων αποτελεσμάτων.

Επιπλέον, θα μπορούσε να εξεταστεί η υποστήριξη ιεραρχικών δομών κριτηρίων, με τη χρήση υποκριτηρίων στη μέθοδο AHP. Η προσέγγιση αυτή θα επέτρεπε πιο λεπτομερή αποτύπωση σύνθετων προτιμήσεων και θα καθιστούσε το σύστημα καταλληλότερο για πιο απαιτητικά σενάρια λήψης απόφασης.

Σε επίπεδο μεθοδολογίας, μία μελλοντική επέκταση θα μπορούσε να περιλαμβάνει τη σύγκριση ή τον συνδυασμό της προτεινόμενης προσέγγισης AHP–TOPSIS με άλλες πολυκριτήριες μεθόδους, όπως οι PROMETHEE, ELECTRE ή VIKOR. Η σύγκριση αυτή θα επέτρεπε την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του συστήματος υπό διαφορετικά μοντέλα κατάταξης και θα μπορούσε να οδηγήσει σε βελτιστοποιημένες ή υβριδικές λύσεις.

Από πλευράς συστήματος, ενδιαφέρουσα κατεύθυνση αποτελεί η ενσωμάτωση μηχανισμών μάθησης από τη συμπεριφορά των χρηστών, όπως η ανάλυση ιστορικού αναζητήσεων ή επιλογών. Η αξιοποίηση τεχνικών μηχανικής μάθησης σε συνδυασμό με πολυκριτήρια μοντέλα θα μπορούσε να οδηγήσει σε δυναμική προσαρμογή των βαρών και σε ακόμη πιο προσωποποιημένες συστάσεις.

Υποστήριξη μοντέλου πολλαπλών χρηστών ανά μεσιτικό γραφείο (multi-tenant): στην παρούσα έκδοση κάθε λογαριασμός ιδιοκτήτη διαχειρίζεται αυτοτελώς τα ακίνητά του. Δεν υποστηρίζεται ακόμη η οργάνωση πολλαπλών χρηστών κάτω από ένα κοινό μεσιτικό γραφείο, ούτε συναφείς λειτουργίες όπως η ανάθεση ακινήτων μεταξύ συνεργατών, η διαχείριση προμηθειών ή η παρακολούθηση υποψήφιων πελατών (leads). Η επέκταση προς ένα πλήρες multi-tenant μοντέλο αποτελεί φυσική μελλοντική κατεύθυνση, η οποία θα ενίσχυε την καταλληλότητα της εφαρμογής για μεγαλύτερους επαγγελματικούς φορείς διαχείρισης ακινήτων.

Τέλος, σε επίπεδο εμπειρίας χρήστη, η ήδη υλοποιημένη επεξήγηση των συστάσεων —η οποία παρουσιάζει τα βάρη των κριτηρίων, τον δείκτη συνέπειας (CR) και τους βασικούς παράγοντες κατάταξης ανά ακίνητο (βλ. Ενότητα 7.2.4.1)— θα μπορούσε να εμπλουτιστεί με πιο εξελιγμένες διεπαφές οπτικοποίησης, όπως γραφική ανάλυση της συμβολής κάθε κριτηρίου και της απόστασης κάθε ακινήτου από την ιδανική λύση. Η περαιτέρω ενίσχυση της διαφάνειας και της επεξηγησιμότητας των συστάσεων αποτελεί σημαντικό παράγοντα αποδοχής τέτοιων συστημάτων.

Οι παραπάνω προτάσεις καταδεικνύουν ότι το σύστημα που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας μπορεί να αποτελέσει τη βάση για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη. Η αρχιτεκτονική και η μεθοδολογική προσέγγιση που υιοθετήθηκαν επιτρέπουν τη σταδιακή εξέλιξη της εφαρμογής, καθιστώντας την κατάλληλη τόσο για ακαδημαϊκή μελέτη όσο και για μελλοντική πρακτική αξιοποίηση.

Βιβλιογραφία

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Εργασίας.

Adomavicius, G. and Tuzhilin, A. (2005) 'Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions', IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 17(6), pp. 734–749.

Alonso, J.A. and Lamata, M.T. (2006) 'Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A new approach', International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 14(4), pp. 445–459.

Behzadian, M., Otaghsara, S.K., Yazdani, M. and Ignatius, J. (2012) 'A state-of the-art survey of TOPSIS applications', Expert Systems with Applications, 39(17), pp. 13051–13069.

Belton, V. and Stewart, T.J. (2002) Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. Boston: Springer.

Burke, R. (2002) 'Hybrid recommender systems: Survey and experiments', User Modeling and User-Adapted Interaction, 12(4), pp. 331–370.

Crawford, G. and Williams, C. (1985) 'A note on the analysis of subjective judgment matrices', Journal of Mathematical Psychology, 29(4), pp. 387–405.

Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981) Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Berlin: Springer.

Ishizaka, A. and Labib, A. (2011) 'Review of the main developments in the Analytic Hierarchy Process', Expert Systems with Applications, 38(11), pp. 14336–14345.

Ishizaka, A. and Nemery, P. (2013) Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software. Chichester: John Wiley & Sons.

Kaklauskas, A., Zavadskas, E.K., Radzeviciene, A. and Ubarte, I. (2018) 'Intelligent decision support system for sustainable real estate', Journal of Civil Engineering and Management, 24(1), pp. 1–17.

Kauko, T. (2007) 'An analysis of housing location attributes in the inner city of Budapest, Hungary, using expert judgements', International Journal of Housing Policy, 7(3), pp. 259–279.

- Keeney, R.L. and Raiffa, H. (1993) *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pagourtzi, E., Assimakopoulos, V., Hatzichristos, T. and French, N. (2003) ‘Real estate appraisal: A review of valuation methods’, *Journal of Property Investment & Finance*, 21(4), pp. 383–401.
- Ricci, F., Rokach, L. and Shapira, B. (2015) *Recommender Systems Handbook*. 2nd edn. New York: Springer.
- Saaty, T.L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T.L. (2008) ‘Decision making with the Analytic Hierarchy Process’, *International Journal of Services Sciences*, 1(1), pp. 83–98.
- Sommerville, I. (2016) *Software Engineering*. 10th edn. Boston: Pearson.
- Triantaphyllou, E. (2000) *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Boston: Springer.
- Zavadskas, E.K., Turskis, Z. and Kildienė, S. (2015) ‘State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods’, *Technological and Economic Development of Economy*, 20(1), pp. 165–179.
- Zeleny, M. (1982) *Multiple Criteria Decision Making*. New York: McGraw-Hill.
- Zhang, J., Li, H., Zhou, Z. and Zhang, L. (2018) ‘Personalized real estate recommendation system based on multi-criteria decision making’, *Sustainability*, 10(3), pp. 1–18.

Παράρτημα Α: Κατάλογος REST API Endpoints

Α.1 Γενικά/Υποδομή

Μέθοδος	Endpoint	Ρόλος(οι)	Περιγραφή
GET	/	Δημόσιο	Βασικό health/welcome μήνυμα API
GET	/health	Δημόσιο	Έλεγχος διαθεσιμότητας υπηρεσίας
GET	/metrics	Δημόσιο	Snapshot μετρικών observability
GET	/uploads/{path}	Ανά περίπτωση	Στατικά αρχεία (π.χ. PDF συμβολαίων)

Α.2 Αυθεντικοποίηση

Μέθοδος	Endpoint	Ρόλος(οι)	Περιγραφή
POST	/login	Δημόσιο	Σύνδεση χρήστη, έκδοση JWT (access + refresh cookie)
POST	/auth/refresh	Δημόσιο (με refresh token)	Ανανέωση access token
POST	/logout	Authenticated	Αποσύνδεση, ακύρωση refresh cookie

Α.3 Χρήστες

Μέθοδος	Endpoint	Ρόλος(οι)	Περιγραφή
POST	/users/register	Δημόσιο	Εγγραφή νέου χρήστη (TENANT ή OWNER)
POST	/users/	Authenticated	Δημιουργία χρήστη (εσωτερικό/admin endpoint)
GET	/users/	ADMIN	Λίστα χρηστών (φίλτρα: q, role, pagination)
GET	/users/me	Authenticated	Ανάκτηση προφίλ τρέχοντος χρήστη

PUT	/users/me	Authenticated	Ενημέρωση προφίλ τρέχοντος χρήστη
GET	/users/{user_id}	Authenticated (ίδιος ή ADMIN)	Ανάκτηση συγκεκριμένου χρήστη
PUT	/users/{user_id}	Authenticated (ίδιος ή ADMIN)	Ενημέρωση email/ονόματος (όχι role/username)
DELETE	/users/{user_id}	Authenticated (ίδιος ή ADMIN)	Διαγραφή χρήστη

A.4 Περιοχές

Μέθοδος	Endpoint	Ρόλος(οι)	Περιγραφή
GET	/areas/	Δημόσιο	Ενεργές περιοχές για dropdown UI
GET	/areas/admin	ADMIN	Πλήρης λίστα περιοχών (admin view)
POST	/areas/	ADMIN	Δημιουργία περιοχής
PUT	/areas/{area_id}	ADMIN	Ενημέρωση περιοχής (name, area_score, is_active)

A.5 Ακίνητα

Μέθοδος	Endpoint	Ρόλος(οι)	Περιγραφή
POST	/properties/	OWNER, ADMIN	Δημιουργία ακινήτου
GET	/properties/	OWNER, ADMIN	Λίστα ακινήτων (owner-scoped / admin όλα)
GET	/properties/search	Δημόσιο	Φιλτραρισμένη αναζήτηση διαθέσιμων ακινήτων (UC-03)
GET	/properties/{property_id}	Δημόσιο* / OWNER / ADMIN	Λεπτομέρεια ακινήτου (*μόνο AVAILABLE ανώνυμα)
PUT	/properties/{property_id}	OWNER (ίδιο), ADMIN	Ενημέρωση ακινήτου
DELETE	/properties/{property_id}	OWNER (ίδιο), ADMIN	Διαγραφή ακινήτου

			(απαγορεύεται με ACTIVE contract)
--	--	--	-----------------------------------

A.6 Ενοικιαστές

Μέθοδος	Endpoint	Ρόλος(οι)	Περιγραφή
POST	/tenants/	OWNER, ADMIN	Δημιουργία ενοικιαστή
GET	/tenants/	OWNER, ADMIN	Λίστα ενοικιαστών (owner-scoped / admin όλα)
GET	/tenants/{tenant_id}	OWNER (ίδιο), ADMIN	Ανάκτηση ενοικιαστή
PUT	/tenants/{tenant_id}	OWNER (ίδιο), ADMIN	Ενημέρωση ενοικιαστή
DELETE	/tenants/{tenant_id}	OWNER (ίδιο), ADMIN	Διαγραφή (απαγορεύεται με ACTIVE contract)

A.7 Συμβόλαια μίσθωσης

Μέθοδος	Endpoint	Ρόλος(οι)	Περιγραφή
POST	/contracts/	OWNER, ADMIN	Δημιουργία συμβολαίου μίσθωσης
GET	/contracts/	OWNER, ADMIN	Λίστα συμβολαίων (φίλτρα: property, tenant, status)
GET	/contracts/{contract_id}	OWNER (ίδιο ακίνητο), ADMIN	Ανάκτηση συμβολαίου
PUT	/contracts/{contract_id}	OWNER (ίδιο), ADMIN	Ενημέρωση ενεργού συμβολαίου
POST	/contracts/{contract_id}/terminate	OWNER (ίδιο), ADMIN	Πρόωρη λήξη ενεργού συμβολαίου
POST	/contracts/{contract_id}/upload	OWNER (ίδιο), ADMIN	Ανέβασμα PDF συμβολαίου
GET	/contracts/{contract_id}/pdf	OWNER (ίδιο), ADMIN	Προβολή/λήψη PDF συμβολαίου

DELETE	/contracts/{contract_id}	OWNER (ίδιο), ADMIN	Διαγραφή συμβολαίου
--------	--------------------------	---------------------------	------------------------

Α.8 Προφίλ προτιμήσεων / AHP

Μέθοδος	Endpoint	Ρόλος(οι)	Περιγραφή
PUT	/preference-profiles/me	TENANT (authenticated)	Δημιουργία/ενημέρωση προφίλ προτιμήσεων
POST	/preference-profiles/me/pairwise-comparisons	TENANT	Αποθήκευση συγκρίσεων κατά ζεύγη (είσοδος AHP)

Α.9 Συστάσεις / TOPSIS

Μέθοδος	Endpoint	Ρόλος(οι)	Περιγραφή
GET	/recommendations	TENANT	Πολυκριτήρια προτάσεις ακινήτων (AHP + TOPSIS + explainability)

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.