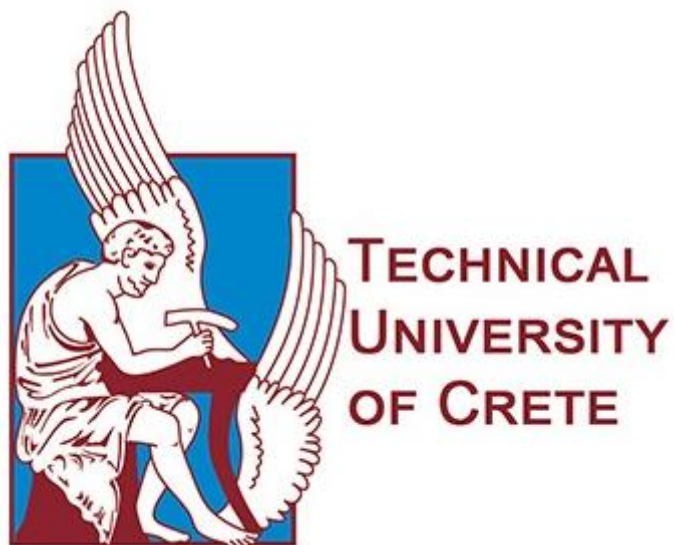


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**Ανάπτυξη συστήματος Συστάσεων Πολυκριτήριας Ανάλυσης για την
αγορά ή ενοικίαση ακινήτων**

**Development of a Multi-Criteria Recommendation System for the
purchase or rental of real estate**

Καλογριδάκης Στυλιανός

Επιβλέπων : Ματσατσίνης Νικόλαος, Καθηγητής

Χανιά 2019

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Νικόλαο Μανταλαίδη για τη συνεχή καθοδήγηση που μου παρείχε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας καθώς και το διδακτορικό φοιτητή Αλκαίο Σακελλάρη για την πολύτιμη βοήθεια του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου καθώς και το φίλο και συνάδελφο Δημήτρη Χελιουδάκη για τη βοήθεια που μου πρόσφερε για την επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Περίληψη

Με τη συνεχή αύξηση της διαθέσιμης πληροφορίας για την αγορά ή την ενοικίαση ακινήτων στο διαδίκτυο, την ποικιλομορφία των χρηστών του διαδικτύου και την πολυπλοκότητα των διαδικτυακών εφαρμογών, δημιουργείται έντονη αμφισβήτηση για την γενική προσέγγιση του ηλεκτρονικού εμπορίου. Έχει νόημα μία εφαρμογή ηλεκτρονικού εμπορίου, για την αγορά ή την ενοικίαση ακινήτων, η οποία θα παρουσιάζει τα ίδια ακίνητα σε χρήστες με διαφορετικές προτιμήσεις;

Για την αντιμετώπιση αυτού του είδους των ερωτημάτων, θα ήταν προτιμότερο να αναπτυχθεί ένα Σύστημα Συστάσεων Πολυκριτήριας Ανάλυσης για την αγορά ή την ενοικίαση ακινήτων, το οποίο θα δημιουργεί μία προσωποποιημένη αναζήτηση σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη.

Το σύστημα αυτό έχει ως σκοπό την κατάλληλη πρόταση ακινήτων στο χρήστη, σύμφωνα με τις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί να περιλαμβάνουν τα ακίνητα. Πιο συγκεκριμένα, ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να εισάγει στο σύστημα τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί και στη συνέχεια το σύστημα, μέσω μίας μεθόδου πολυκριτήριας ανάλυσης και μίας εφαρμογής συλλογής δεδομένων από Web (web-crawler), θα προτείνει μία σειρά από κατάλληλα ακίνητα στο χρήστη σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που έχει ορίσει ως επιθυμητά.

Το Σύστημα Συστάσεων Πολυκριτήριας Ανάλυσης για την αγορά ακινήτων θα λειτουργεί σε διαδικτυακό περιβάλλον και θα αναπτυχθεί σε γλώσσα προγραμματισμού Python και JavaScript ενώ τα δεδομένα θα αντληθούν από ειδικές ιστοσελίδες, οι οποίες θα περιέχουν αγγελίες πώλησης ακινήτων.

Abstract

With the constant increase in the availability of information on the purchase or rental of real estate on the Internet, the diversity of Internet users and the complexity of web applications, there is a strong challenge to the general e-commerce approach. Does it make sense for an ecommerce application to buy real estate to display the same properties to users with different preferences?

To address these kinds of questions, it would be preferable to develop a Multi-criteria Analysis Recommendation System for the purchase or rental of real estate, which will create a personalized search according to user preferences.

The Multi-criteria Analysis Recommendation System for the purchase of real estate is a system that aims to provide an appropriate property proposal to the user, according to the needs and characteristics that the user wants to include. In particular, the user will enter the desired attributes into the system and then the system, through a multi-criteria analysis method and a web-crawler application, will propose the appropriate property to the user according to the features that user desires to include the property.

The Multi-criteria Analysis Recommendation System for the purchase of real estate will operate in an online environment and will be deployed in Python and JavaScript programming language while data will be retrieved from special websites containing property ads.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	7
1.1 Σκοπός της εργασίας	7
1.2 Δομή της εργασίας	8
2. Συστήματα Συστάσεων/Recommendation Systems	9
2.1 Εισαγωγή στα Συστήματα Συστάσεων(Recommendation Systems).....	9
2.2 Βασικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις στα Συστήματα Συστάσεων	11
2.2.1 Φιλτράρισμα με βάση το περιεχόμενο (Content-based Filtering).....	11
2.2.2 Συνεργατικό φιλτράρισμα (Collaborative Filtering)	14
2.2.3 Δημογραφικό φιλτράρισμα (Demographic Filtering).....	16
2.2.4 Φιλτράρισμα με βάση τη γνώση (Knowledge-base Filtering).....	17
2.2.5 Υβριδικά συστήματα συστάσεων (Hybrid Recommendation Systems).....	18
2.2.6 Πολυκριτήρια συστήματα συστάσεων (Multi-criteria Recommendation Systems)	20
2.3 Περιορισμοί των υφιστάμενων προσεγγίσεων	20
2.3.1 Περιορισμοί προσεγγίσεων βασισμένων στο φιλτράρισμα με βάση το περιεχόμενο	20
2.3.2 Περιορισμοί προσεγγίσεων βασισμένων στο συνεργατικό φιλτράρισμα.....	21
2.4 Οφέλη των ηλεκτρονικών επιχειρήσεων από την χρησιμοποίηση συστημάτων σύστασης.....	23
3. Θεωρητικό Υπόβαθρο	24
3.1 Εισαγωγή	24
3.2 Εισαγωγή στα Πληροφορικά Συστήματα	24
3.3 Εισαγωγή στη Θεωρία Αποφάσεων	25
3.4 Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων	27
3.4.1 Εισαγωγή	27
3.4.2 Κριτήρια Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων.....	28
3.4.3 Μεθοδολογία μοντελοποίησης Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων	29
3.5 Πολυκριτήριες Μεθοδολογίες Ανάλυσης Αποφάσεων	34
3.5.1 Μέθοδος UTA	36
3.5.2 Μέθοδος UTASTAR.....	41
4. Προτεινόμενη μεθοδολογία.....	44
5. Παρουσίαση του Συστήματος Συστάσεων.....	52
Βιβλιογραφία	65

Κεφάλαιο 1

1. Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία και συνεχώς αυξανόμενη χρήση του διαδικτύου η οποία αποδίδεται κυρίως στην ταχύτατη τεχνολογική ανάπτυξη, ιδιαίτερα στον τομέα των τηλεπικοινωνιών και δικτύων, η οποία πλέον μας παρέχει εύκολη και άμεση προσβασιμότητα σε αυτό. Ως αποτέλεσμα, όλο και περισσότερα άτομα (ανεξαρτήτου ηλικιακής ομάδας, κοινωνικού υποβάθρου, κτλ.) χρησιμοποιούν το διαδίκτυο. Καθένα από αυτά τα άτομα ή διαφορετικά κάθε χρήστης του διαδικτύου, έχει στο μυαλό του έναν στόχο. Για παράδειγμα, την κράτηση μίας αεροπορικής πτήσης, την αναζήτηση πληροφοριών σχετικά με ένα ερευνητικό θέμα, την έρευνα αγοράς ακινήτου κ.α.. Διαφορετικοί χρήστες με διαφορετικές γνώσεις, ενδιαφέροντα, ικανότητες και προτιμήσεις σχετικά με την παρουσίαση πληροφοριών. Στα πρώτα χρόνια της ανάπτυξης του διαδικτύου, η παρουσίαση των πληροφοριών ήταν ουσιαστικά παρόμοια με ένα απλό αποτέλεσμα. Οι ιστότοποι παρουσίαζαν τις ίδιες πληροφορίες και τους ίδιους συνδέσμους σε όλους τους επισκέπτες ανεξάρτητα με τις προτιμήσεις τους. Με την αύξηση των διαθέσιμων πληροφοριών στο διαδίκτυο, την ποικιλομορφία των χρηστών και την πολυπλοκότητα των εφαρμογών που παρέχονται, οι ερευνητές άρχισαν να αμφισβητούν αυτή τη γενική προσέγγιση. Για να αντιμετωπιστούν τέτοιου είδους δυσκολίες, άρχισαν να αναπτύσσουν συστήματα συστάσεων διαδικτυακής μορφής που προσαρμόζουν την εμφάνιση και τη συμπεριφορά τους σε κάθε μεμονωμένο χρήστη ή ομάδα χρηστών ανάλογα με τα δικά τους προσωπικά ενδιαφέροντα.

Όσον αφορά τον τομέα των ακινήτων, τη τελευταία δεκαετία έχουν πολλαπλασιαστεί τα websites, τα οποία περιλαμβάνουν αγγελίες αγοράς ή ενοικίασης ακινήτων, με αποτέλεσμα ο όγκος της διαθέσιμης πληροφορίας να είναι διαρκώς αυξανόμενος. Σε συνδυασμό, με την πολυπλοκότητα των web εφαρμογών και την ποικιλομορφία των χρηστών-επισκεπτών των συγκεκριμένων ιστοσελίδων, έχει παρατηρηθεί η μη έγκυρη σύσταση ακινήτων σε υποψήφιους αγοραστές, σύμφωνα με τις προτιμήσεις τους. Έτσι δημιουργείται ένα εύλογο ερώτημα. Κατά πόσο εξυπηρετεί τους χρήστες μία τέτοια εφαρμογή, η οποία τους παρουσιάζει μη εξατομικευμένα αποτελέσματα, τα οποία δεν συμφωνούν πάντα με τις προτιμήσεις τους;

Για την αντιμετώπιση αυτού του είδους των ερωτημάτων, θα ήταν προτιμότερο να αναπτυχθεί ένα Σύστημα Συστάσεων Πολυκριτήριας Ανάλυσης διαδικτυακής

μορφής για την αγορά ακινήτων, το οποίο θα δημιουργεί μία προσωποποιημένη αναζήτηση σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη.

Συμπερασματικά, ο σκοπός της εργασίας είναι η δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος, το οποίο θα παρουσιάζεται σε διαδικτυακή μορφή και θα έχει ως στόχο την καταλληλότερη πρόταση-σύσταση αγοράς ακινήτου σε κάθε μεμονωμένο χρήστη του συστήματος.

1.2 Δομή της εργασίας

Το Σύστημα Συστάσεων Πολυκριτήριας Ανάλυσης για την αγορά ακινήτων είναι ένα σύστημα, το οποίο έχει ως σκοπό την κατάλληλη πρόταση ακινήτων στο χρήστη, σύμφωνα με τις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί να περιλαμβάνουν τα ακίνητα. Πιο συγκεκριμένα, ο χρήστης θα εισάγει στο σύστημα τα χαρακτηριστικά που θεωρεί επιθυμητά για ένα ακίνητο και στη συνέχεια το σύστημα, μέσω μίας μεθόδου πολυκριτήριας ανάλυσης και μίας εφαρμογής συλλογής δεδομένων από το διαδίκτυο (web-crawler), θα προτείνει τα κατάλληλα ακίνητα στο χρήστη σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί να περιλαμβάνουν τα ακίνητα.

Το Σύστημα Συστάσεων Πολυκριτήριας Ανάλυσης για την αγορά ακινήτων θα λειτουργεί σε διαδικτυακό περιβάλλον και θα αναπτυχθεί σε γλώσσα προγραμματισμού Python και JavaScript ενώ τα δεδομένα θα αντληθούν από ειδικές ιστοσελίδες, οι οποίες θα περιέχουν αγγελίες πώλησης ακινήτων.

Κεφάλαιο 2

2. Συστήματα Συστάσεων/Recommendation Systems

2.1 Εισαγωγή στα Συστήματα Συστάσεων (Recommendation Systems)

Τα τελευταία χρόνια, λόγω της εξάπλωσης του διαδικτύου, έχει παρατηρηθεί μεγάλη αύξηση διαθέσιμων πληροφοριών στο διαδίκτυο, οι οποίες αφορούν διάφορα προϊόντα ή υπηρεσίες του εμπορίου. Αυτή η εξάπλωση του διαδικτύου έχει προκαλέσει υπέρπληροφόρηση στους καταναλωτές-πελάτες με αποτέλεσμα, να φαντάζει αναγκαία η ανάπτυξη συστημάτων συστάσεων για τα διάφορα προϊόντα και τις υπηρεσίες. Τα συστήματα συστάσεων, μέσω αυτοματοποιημένων μεθόδων, θα εντοπίζουν και θα ανακτούν πληροφορίες σχετικά με τις ατομικές προτιμήσεις και ενδιαφέροντα των καταναλωτών.

Με την ανάπτυξη συστημάτων συστάσεων μπορούν εύκολα να απαντηθούν ερωτήματα όπως:

- Πώς οι χρήστες-πελάτες θα επιλέξουν το αγαθό εκείνο που τους ενδιαφέρει και ταιριάζει στις προτιμήσεις τους.
- Πώς η επιχείρηση μπορεί να γνωρίζει ποιος από τους πελάτες της ενδιαφέρεται για κάθε αγαθό της και πώς θα γνωρίζει πόσο ευχαριστημένος είναι από τις επιλογές του.
- Πώς θα μπορεί μία επιχείρηση να προβλέψει τις ανάγκες ενός πελάτη χωρίς να γνωρίζει τίποτα γι' αυτόν.

Την τελευταία εικοσαετία, τα συστήματα συστάσεων έχουν αποτελέσει ενεργό θέμα έρευνας και ανάπτυξης από πολλούς ερευνητές του τομέα των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems). Πολλοί ερευνητές έχουν δημοσιεύσει αρκετά έγγραφα, τα οποία έχουν να κάνουν με την πτυχή των συστημάτων συστάσεων. Σε πολλά επιστημονικά άρθρα εμφανίζονται διάφοροι ορισμοί των συστημάτων συστάσεων.

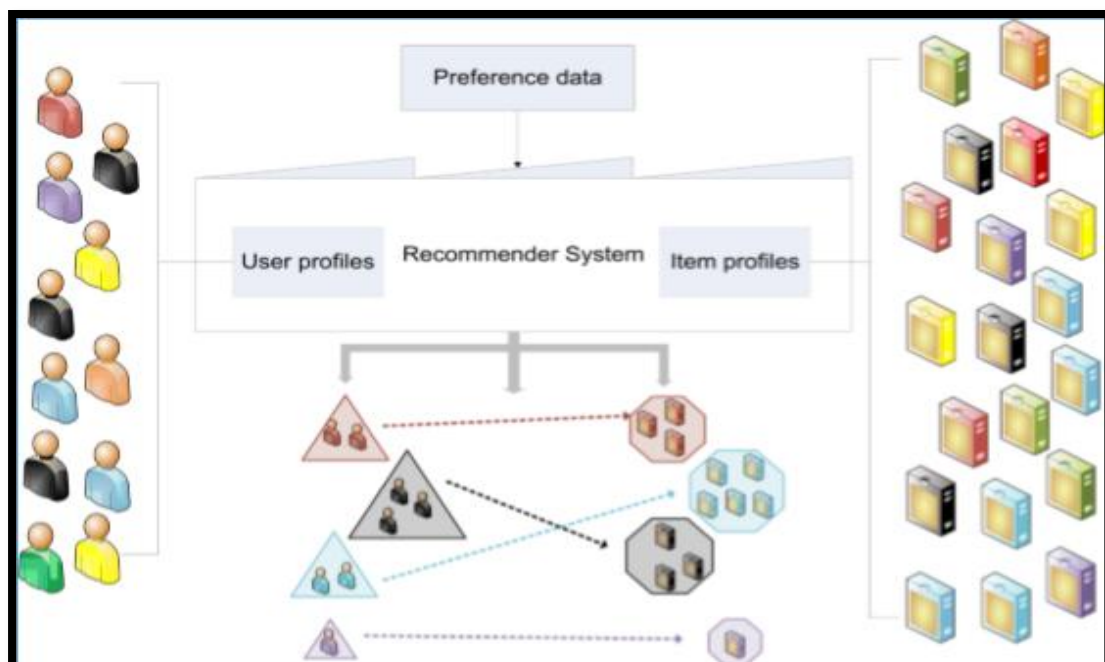
Ορισμένοι ορισμοί των συστημάτων συστάσεων φαίνονται παρακάτω:

- Κάθε σύστημα που παράγει εξατομικευμένες συστάσεις ως έξοδος ή έχει ως αποτέλεσμα την καθοδήγηση του χρήστη με εξατομικευμένο τρόπο σε ενδιαφέροντα ή χρήσιμα αντικείμενα σε ένα μεγάλο χώρο πιθανών επιλογών (Burke 2002) [1].

- Σύστημα συστημένων παρέχει στους χρήστες μια ταξινομημένη λίστα των συνιστώμενων αντικειμένων (Herlocker et al., 2004) [1].
- [...] οι άνθρωποι παρέχουν συστάσεις ως εισροές, τις οποίες το σύστημα συγκεντρώνει και κατευθύνει τα κατάλληλα (Resnick, Varian 1997) [1].
- Τα συστήματα συστάσεων σχηματίζουν συγκεκριμένο τύπο πληροφοριών με την τεχνική του φιλτραρίσματος (Information Filtering) που προσπαθεί να παρουσιάσει τα στοιχεία πληροφοριών που ενδέχεται να ενδιαφέρουν τον χρήστη [1].

Εν κατακλείδι, τα συστήματα συστάσεων (recommendation systems) είναι ουσιαστικά πληροφοριακά συστήματα που βασίζονται σε αλγορίθμους και στόχο έχουν να προτείνουν τα πιο κατάλληλα προϊόντα ή υπηρεσίες σε άτομα, ομάδες ή επιχειρήσεις.

Στη **Εικόνα 1**, παρουσιάζεται η γενική ιδέα ενός Συστήματος Συστάσεων. Η είσοδος ενός Συστήματος Συστάσεων είναι πληροφορίες που αφορούν τους χρήστες και τα υπό εξέταση αντικείμενα. Αυτές οι πληροφορίες επεξεργάζονται μαζί με άλλα είδη πληροφοριών που μπορούν να αποθηκευτούν υπό τη μορφή προφίλ χρηστών ή αντικειμένων και σύμφωνα με τον αλγόριθμο συστάσεων, το αποτέλεσμα ενός Συστήματος Συστάσεων θα είναι η αντιστοίχιση των αντικειμένων με τους χρήστες. Είτε μεμονωμένα στοιχεία σε μεμονωμένους χρήστες είτε συνδυασμούς ομάδας στοιχείων και ομάδων χρηστών.



Εικόνα 1: Γενική αναπαράσταση ενός Συστήματος Συστάσεων (Recommendation System)

2.2 Βασικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις στα Συστήματα Συστάσεων

Τα συστήματα συστάσεων που εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούν κυρίως δύο ειδών μεθοδολογικές προσεγγίσεις:

- Φιλτράρισμα βάσει περιεχομένου (content-based filtering)
- Συνεργατικό φιλτραρίσματος (collaborative filtering)

Ωστόσο, τα συστήματα συστάσεων ταξινομούνται κατάλληλα σε πρόσθετες κατηγορίες, ανάλογα με τον τομέα εφαρμογής τους και την προοπτική αλληλεπίδρασης χρήστη-συστήματος. Πολλοί ερευνητές έχουν ταξινομήσει τα συστήματα συστάσεων με βάση δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Η πρώτη ταξινόμηση γίνεται με βάση τον τομέα εφαρμογής, ενώ η δεύτερη με βάση τις διαφορετικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στο σύστημα.

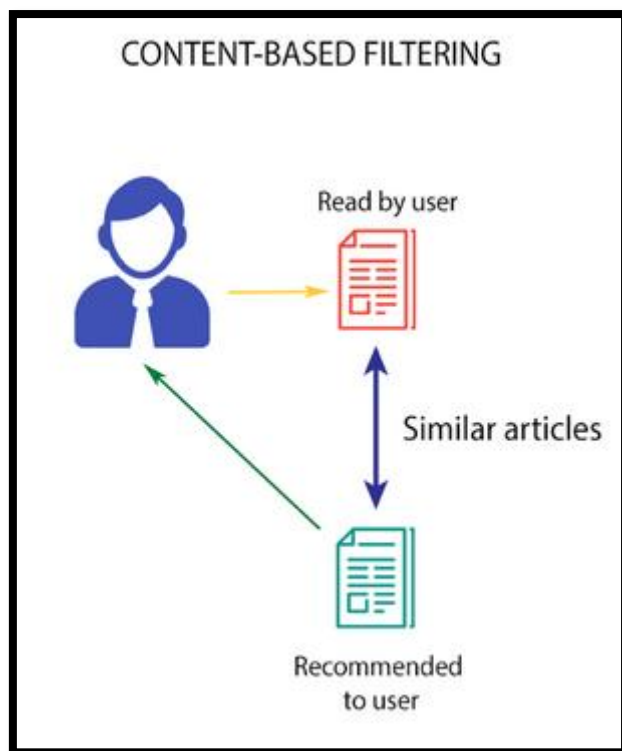
Στις επόμενες ενότητες, θα γίνει αναφορά σε βασικές κατηγορίες προσεγγίσεων, οι οποίες θα δίνουν έμφαση στους δύο σημαντικότερους και παγκοσμίως αποδεκτούς τύπους μεθοδολογικών προσεγγίσεων (content-based filtering (CBF) και collaborative filtering (CF)).

2.2.1 Φιλτράρισμα με βάση το περιεχόμενο (Content-based Filtering)

Ένα σύστημα συστάσεων φιλτραρίσματος με βάση το περιεχόμενο επιλέγει στοιχεία με βάση τη συσχέτιση μεταξύ του περιεχομένου των αντικειμένων και των πληροφοριών που σχετίζονται με τις προτιμήσεις του χρήστη.

Σε αυτά τα συστήματα, η διαδικασία της σύστασης σε πρώτο στάδιο αρχίζει με την συλλογή δεδομένων περιεχομένου για τα αντικείμενα. Τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν τεχνικές εξαγωγής χαρακτηριστικών και εύρεσης πληροφοριών για την εξαγωγή δεδομένων περιεχομένου. Τα συστήματα συστάσεων φιλτραρίσματος βάσει περιεχομένου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ποικίλους τομείς, όπως για παράδειγμα, σε ιστοσελίδες, ειδησεογραφικά άρθρα, εστιατόρια, ταινίες καθώς και σε αντικείμενα προς πώληση. Τα συστήματα βάσει περιεχομένου προτείνουν ένα στοιχείο σε ένα χρήστη με βάση μίας περιγραφής στοιχείου και ενός προφίλ των ενδιαφερόντων του χρήστη. Ένα προφίλ χρήστη μπορεί να περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τις προτιμήσεις του, την παρελθούσα συμπεριφορά του ή και τα δύο. Μια εγγραφή στο ιστορικό του χρήστη, μπορεί να είναι οποιουδήποτε είδους παρελθούσας ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φίλτρο για την παραγωγή σύστασης ή ως δεδομένο επεξεργασίας και ανάλυσης για έναν αλγόριθμο μηχανικής μάθησης, ο οποίος

δημιουργεί ένα μοντέλο χρήστη ή διαφορετικά ένα προφίλ (π.χ. Machine Learning). Επομένως, οι αλγόριθμοι των συστημάτων συστάσεων φιλτραρίσματος με βάση το περιεχόμενο προσπαθούν να προτείνουν αντικείμενα που είναι παρόμοια με αυτά που προτιμούσε ένας χρήστης στο παρελθόν (ή εξετάζει στο παρόν), όπως φαίνεται στο διάγραμμα της **Εικόνας 2**.



Εικόνα 2: Απεικόνιση ενός συστήματος συστάσεων φιλτραρίσματος με βάση το περιεχόμενο

Συγκεκριμένα, τα διάφορα υποψήφια στοιχεία συγκρίνονται με αντικείμενα που έχουν προηγουμένως βαθμολογηθεί από το χρήστη και του συνιστώνται τα αντικείμενα εκείνα που ταιριάζουν καλύτερα στη περιγραφή των στοιχείων που του ήταν αρεστά. Αυτή η προσέγγιση έχει τις ρίζες της στην ανάκτηση πληροφοριών και την έρευνα φιλτραρίσματος πληροφοριών.

Τα συστήματα συστάσεων φιλτραρίσματος με βάση το περιεχόμενο έχουν πολλά πλεονεκτήματα:

- Δεν απαιτούν δεδομένα για άλλους χρήστες και δεν έχουν προβλήματα ψυχρής εκκίνησης και προβλημάτων νέου χρήστη, καθώς δεν απαιτούν υπολογισμό ομοιότητας μεταξύ χρηστών.
- Αυτά τα συστήματα είναι σε θέση να συστήνουν αντικείμενα σε χρήστες με μοναδικά ενδιαφέροντα. Δεν υποφέρουν από το πρόβλημα πρώτης

βαθμολόγησης. Δηλαδή είναι σε θέση να συστήσουν νέα και μη δημοφιλή αντικείμενα σε κάθε χρήστη.

- Μπορούν να παρέχουν επεξηγήσεις για τα συνιστώμενα αντικείμενα μέσω της ρητής αναφοράς χαρακτηριστικών ή περιγραφών περιεχομένου που προκάλεσαν την προσθήκη ενός στοιχείου στη λίστα των συστάσεων.

2.2.2 Συνεργατικό φιλτράρισμα (Collaborative Filtering)

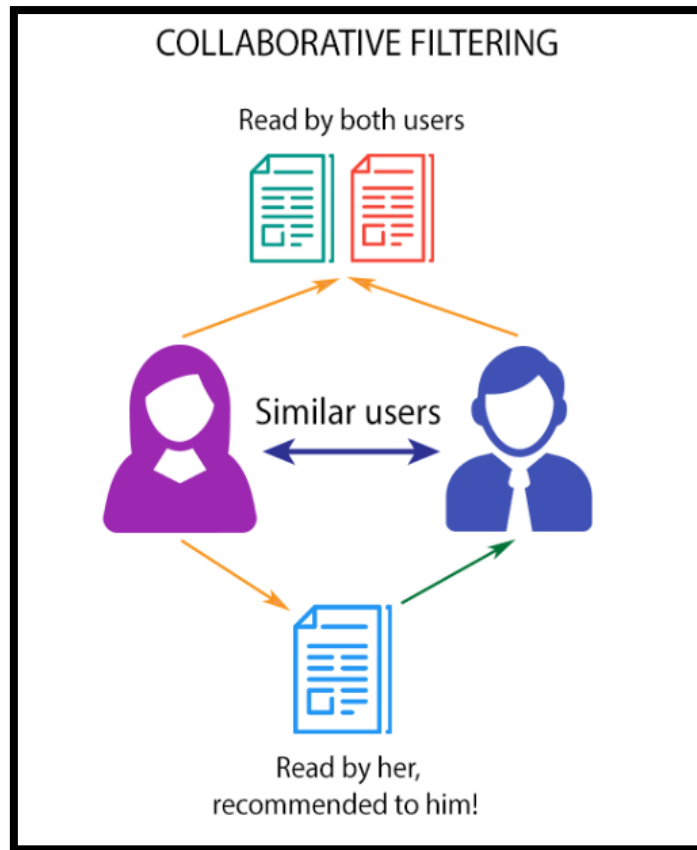
Τα συστήματα συστάσεων συνεργατικού φιλτραρίσματος (Collaborative Filtering) χρησιμοποιούν τις απόψεις των χρηστών-ατόμων για τα αντικείμενα ενός τομέα για να δημιουργήσουν συστάσεις, υποθέτοντας ότι τα άτομα με παρόμοια συμπεριφορά τείνουν σε παρόμοιες επιλογές αντικειμένων. Ουσιαστικά, οι μέθοδοι συνεργατικού φιλτραρίσματος βασίζονται στη συλλογή και ανάλυση μίας μεγάλης ποσότητας πληροφοριών σχετικά με τις συμπεριφορές, τις δραστηριότητες ή τις προτιμήσεις των χρηστών και την πρόβλεψη των προτιμήσεων των χρηστών με βάση την ομοιότητα τους.

Συνήθως, τα συστήματα συστάσεων συνεργατικού φιλτραρίσματος ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες τους αλγόριθμους που βασίζονται στη μνήμη (**memory-based**) και τους αλγόριθμους με βάση το μοντέλο (**model-based**). Τα συστήματα που ανήκουν στη πρώτη κατηγορία, εμπεριέχουν αλγόριθμους που πραγματοποιούν προβλέψεις αξιολόγησης πάνω σε ολόκληρη τη συλλογή αντικειμένων, η οποία έχει βαθμολογηθεί προηγουμένως από τους χρήστες. Ενώ, η κατηγορία model-based συστημάτων χρησιμοποιεί αλγόριθμους, οι οποίοι χρησιμοποιούν τη συλλογή αξιολογήσεων για να δημιουργήσουν ένα μοντέλο πρόβλεψης αξιολόγησης, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια.

Οι πιο επιτυχημένες προσεγγίσεις για τα συστήματα συστάσεων συνεργατικού φιλτραρίσματος είναι τα **μοντέλα λανθανόντων παραγόντων**, τα οποία προβάλλουν άμεσα τους χρήστες και τα προϊόντα, και τα **μοντέλα γειτνίασης**, τα οποία αναλύουν ομοιότητες μεταξύ προϊόντων ή χρηστών. Οι μέθοδοι γειτνίασης βασίζονται στον υπολογισμό των σχέσεων μεταξύ αντικειμένων ή εναλλακτικά μεταξύ χρηστών. Μια προσέγγιση προσανατολισμένη προς τα αντικείμενα αξιολογεί την προτίμηση ενός χρήστη σε ένα στοιχείο που βασίζεται σε αξιολογήσεις παρόμοιων αντικειμένων από τον ίδιο χρήστη.

Το συνεργατικό φιλτράρισμα βασίζεται στην υπόθεση ότι οι άνθρωποι που συμφώνησαν στο παρελθόν, θα συμφωνήσουν και στο μέλλον και ότι θα τους προσελκύσουν παρόμοια είδη που τους είχαν τραβήξει το ενδιαφέρον στο παρελθόν.

Στο διάγραμμα της **Εικόνας 3** φαίνεται καθαρά αυτή η διαδικασία και ο τρόπος με τον οποίο το σύστημα χρησιμοποιεί τις προτιμήσεις του ενός χρήστη για να προτείνει το στοιχείο που εκείνος έκρινε ως ενδιαφέρον, σε κάποιον άλλο όμοιο χρήστη με τον οποίο είχαν συμφωνήσει στο παρελθόν για κάποιο άλλο αντικείμενο.



Εικόνα 3: Απεικόνιση συστήματος συστάσεων συνεργατικού φιλτραρίσματος

Τα συστήματα συστάσεων συνεργατικού φιλτραρίσματος περιλαμβάνουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

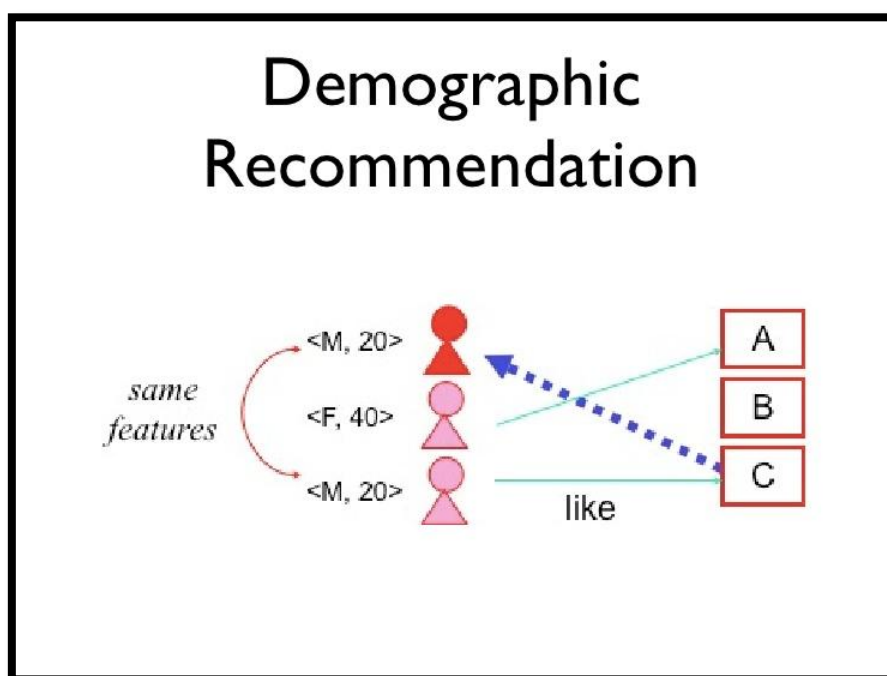
- Δεν είναι απαραίτητη η αναπαράσταση των αντικειμένων με βάση τα χαρακτηριστικά τους αλλά απαιτούνται μόνο οι αξιολογήσεις που έχουν γίνει για τα αντικείμενα από χρήστες του συστήματος. Επομένως, το συνεργατικό φιλτράρισμα μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε είδος αντικειμένου (π.χ. εφημερίδες, άρθρα, τραγούδια, ταινίες, βιβλία, κ.α.).
- Οι τεχνικές των αλγορίθμων του συνεργατικού φιλτραρίσματος μπορούν να πραγματοποιηθούν σε μεγάλο όγκο δεδομένων, διότι δεν απαιτείται η ανθρώπινη παρέμβαση για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των αντικειμένων.
- Μπορούν να γίνουν συστάσεις εντελώς διαφορετικών αντικειμένων σε έναν χρήστη που δεν έχει αξιολογήσει τέτοια στοιχεία στο παρελθόν.
- Δεν απαιτούν συγκεκριμένη γνώση για τη σύνδεση των χαρακτηριστικών με τα αντικείμενα.
- Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα βελτιωμένων συστάσεων με την πάροδο του χρόνου.

2.2.3 Δημογραφικό φιλτράρισμα (Demographic Filtering)

Τα συστήματα συστάσεων δημογραφικού φιλτραρίσματος είναι συστήματα που χρησιμοποιούν πληροφορίες όπως για παράδειγμα φύλο, την ηλικία, την εκπαίδευση των ατόμων ή διαφορετικά των χρηστών, προκειμένου να αναγνωρίσουν τα προφίλ των χρηστών και να κάνουν της κατάλληλες συστάσεις.

Το δημογραφικό φιλτράρισμα (Demographic Filtering) έχει παρόμοια λειτουργία με αυτή του συνεργατικού φιλτραρίσματος. Αυτό συμβαίνει διότι αναμένεται πολλοί χρήστες να μοιράζονται τα ίδια ενδιαφέροντα. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση προσπαθεί να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της σύστασης από μία διαφορετική και κάπως γενικότερη προοπτική.

Τα συστήματα συστάσεων με δημογραφικό φιλτράρισμα, αντί να χρησιμοποιούν τις αξιολογήσεις που παρέχονται από τους χρήστες για την διαμόρφωση των προφίλ των χρηστών, καλούν τους χρήστες να παρέχουν δημογραφικές πληροφορίες που τους αφορούν, όπως για παράδειγμα την ηλικία τους, τα ενδιαφέροντα τους, το ιστορικό αγορών τους, μεταξύ άλλων. Στη συνέχεια, τα συστήματα συγκρίνουν τις καταχωρίσεις των χρηστών με τα αντίστοιχα δημογραφικά στοιχεία του γενικού πληθυσμού και καταχωρούν τους χρήστες σε κατάλληλες ομάδες. Μόλις τελειώσει η καταχώρηση συνιστώνται στα μέλη των αντίστοιχων ομάδων χρηστών, τα κατάλληλα αντικείμενα-προϊόντα που συνδέονται ρητά με αυτά.



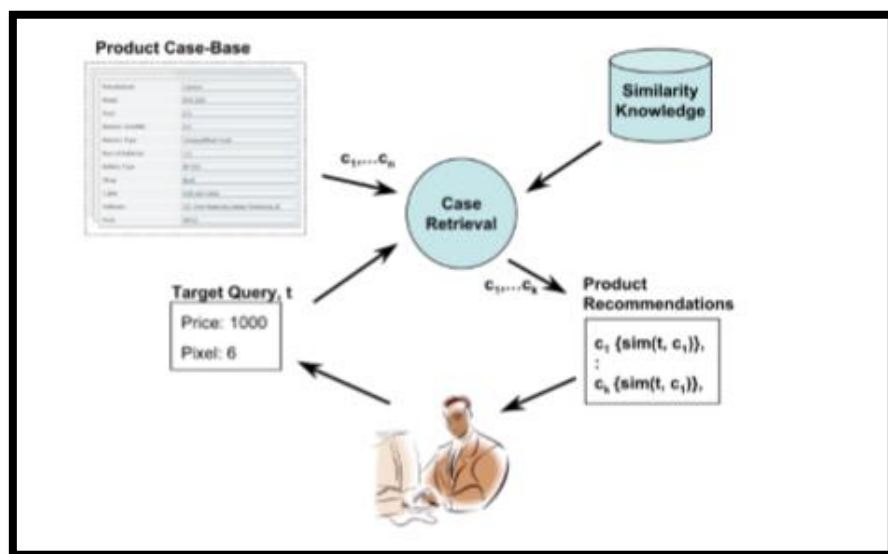
Εικόνα 4: Απεικόνιση ενός συστήματος συστάσεων δημογραφικού φιλτραρίσματος

Στην **Εικόνα 4** φαίνεται η διαδικασία με την οποία λειτουργεί ένα σύστημα δημογραφικού φιλτραρίσματος. Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία των χρηστών (φύλο και ηλικία), το σύστημα κατηγοριοποιεί τους χρήστες προτείνοντας αντικείμενα που ενδιαφέρουν ένα χρήστη σε κάποιον άλλο, ο οποίος έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με τον προηγούμενο. Στην προκειμένη περίπτωση, εμφανίζονται τρεις χρήστες, οι οποίοι είναι δύο άνδρες είκοσι ετών και μία γυναίκα σαράντα ετών. Η γυναίκα διαλέγει το αντικείμενο Α. Ένας εκ των δύο ανδρών, διαλέγει το αντικείμενο C. Οι άνδρες είναι συνομήλικοι, οπότε έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό το οποίο λαμβάνει υπόψη το σύστημα. Ως αποτέλεσμα, το σύστημα παρουσιάζει το αντικείμενο C ως το κατάλληλο για τον άλλο χρήστη.

Ένα σύστημα συστάσεων δημογραφικού φιλτραρίσματος πλήττεται κυρίως από την υπερβολική γενίκευση των συμφερόντων των χρηστών και χρησιμοποιείται συνήθως ως ένα από τα πολλά συστατικά των υβριδικών συστημένων συστάσεων.

2.2.4 Φιλτράρισμα με βάση τη γνώση (Knowledge-base Filtering)

Τα συστήματα συστάσεων φιλτραρίσματος με βάση τη γνώση, χρησιμοποιούν κανόνες, μοτίβα ή συνδέσεις μεταξύ των αντικειμένων για τη δημιουργία συστάσεων. Για παράδειγμα, όταν ένας πελάτης αγοράσει ένα κινητό τηλέφωνο, το σύστημα θα του προτείνει να αγοράσει μια θήκη τηλεφώνου. Με άλλα λόγια, τέτοια συστήματα χρησιμοποιούν τη λειτουργική γνώση για να δημιουργούν συστάσεις, δηλαδή γνώσεις σχετικά με το πώς ένα συγκεκριμένο στοιχείο ικανοποιεί μια συγκεκριμένη ανάγκη του χρήστη και μπορεί να αιτιολογήσει τη σχέση μεταξύ μιας ανάγκης και ενός προϊόντος.

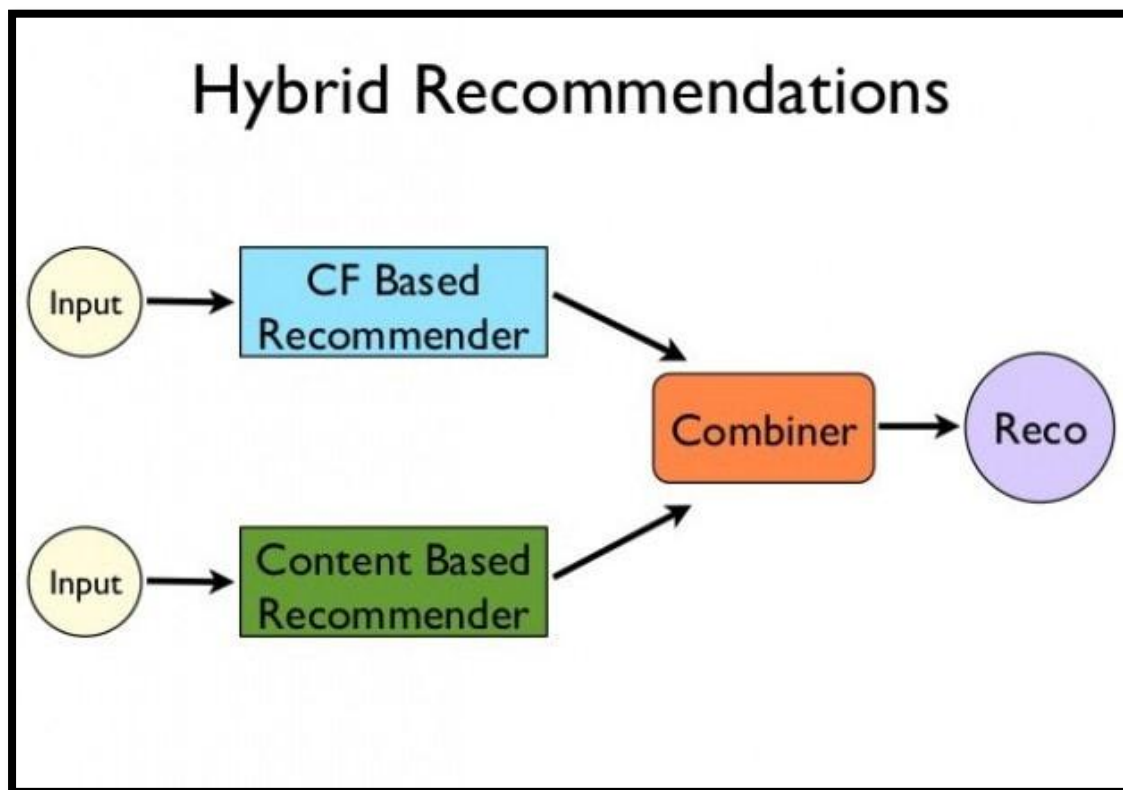


Εικόνα 5: Απλή απεικόνιση ενός συστήματος συστάσεων φιλτραρίσματος με βάση τη γνώση

Τα συστήματα συστάσεων φιλτραρίσματος με βάση τη γνώση βασίζονται είτε σε σαφή γνώση του τομέα των αντικειμένων είτε στη γνώση σχετικά με τους χρήστες. Η χρήση των συστημάτων συστάσεων φιλτραρίσματος με βάση τη γνώση προορίζεται κυρίως όταν τα δύο κύρια συστήματα συστάσεων (φιλτράρισμα βάσει περιεχομένου και συνεργατικό φιλτράρισμα) δεν έχουν τη δυνατότητα να εξάγουν ικανοποιητικές συστάσεις.

2.2.5 Υβριδικά συστήματα συστάσεων (Hybrid Recommendation Systems)

Τα υβριδικά συστήματα συστάσεων συνδυάζουν δύο ή περισσότερες κατηγορίες συστημάτων συστάσεων με σκοπό να ξεπεραστούν ορισμένοι περιορισμοί των επιμέρους κατηγοριών συστημάτων συστάσεων. Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι μία υβριδική προσέγγιση, η οποία συνδυάζει το **συνεργατικό φιλτράρισμα (CF)** και το **φιλτράρισμα βάσει περιεχομένου (CBF)**, είναι αποτελεσματικότερη σε ορισμένες περιπτώσεις.



Εικόνα 6: Απεικόνιση ενός υβριδικού συστήματος συστάσεων

Αρκετές μελέτες συγκρίνουν εμπειρικά τη συμπεριφορά του υβριδικού συστήματος με τις μεθόδους προσέγγισης του συνεργατικού φιλτραρίσματος και του φιλτραρίσματος βάσει περιεχομένου. Το αποτέλεσμα των μελετών αποδεικνύει ότι τα υβριδικά συστήματα συστάσεων μπορούν να παρέχουν ακριβέστερες συστάσεις από άλλες μεθόδους προσέγγισης.

Ένα υβριδικό σύστημα συστάσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μία τεχνική σύστασης στο πλαίσιο ενός ηλεκτρονικού καταστήματος. Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα αναλύει τις προτιμήσεις των χρηστών σε κάθε κατηγορία προϊόντων ξεχωριστά και παρέχει τις πιο εξατομικευμένες συστάσεις μέσω της ταξινόμησης των προϊόντων και του συνδυασμού συνεργατικού φιλτραρίσματος και του φιλτραρίσματος βάσει περιεχομένου. Το προφίλ του χρήστη δημιουργείται από τις έμμεσες αξιολογήσεις των ιδιοτήτων των προϊόντων. Ουσιαστικά, το προφίλ του πελάτη δημιουργείται από την προσέγγιση βάσει περιεχομένου (CBF) και στη συνέχεια εφαρμόζεται το συνεργατικό φιλτράρισμα (CF) για τη βελτίωση της ακρίβειας των συστάσεων. Με τη χρήση του διαδικτύου και των υβριδικών συστημάτων αναλύονται οι αγορές των πελατών στο διαδίκτυο και συλλέγονται αξιολογήσεις για τα χαρακτηριστικά διάφορων προϊόντων. Ένα καλό παράδειγμα χρήσης υβριδικών συστημάτων συστάσεων είναι ο ιστότοπος της εταιρείας διαδικτυακής ενοικίασης ταινιών, Netflix. Το Netflix κάνει συστάσεις συγκρίνοντας τις συνήθειες παρακολουθήσεις και αναζητήσεις παρόμοιων χρηστών (δηλ. Συνεργατικό φιλτράρισμα). Επίσης, το Netflix προτείνει ταινίες με χαρακτηριστικά που ο χρήστης έχει αξιολογήσει (δηλ. Φιλτράρισμα βάσει περιεχομένου).

Σύμφωνα με τον Burke (2007), υπάρχουν επτά τρόποι σύμφωνα με τους οποίους μπορούν να συνδυαστούν συστήματα συστάσεων σε ένα υβριδικό πλαίσιο:

- Εφαρμόζοντας ξεχωριστά τα διαφορετικά συστήματα και παρουσιάζοντας τα αποτελέσματά τους είτε μαζί, είτε σε ξεχωριστές λίστες.
- Σταθμίζοντας τα αποτελέσματα των επιμέρους συστημάτων για να εξάγουμε ένα ενιαίο αποτέλεσμα.
- Επιλέγοντας με βάση κάποιο κριτήριο να χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα από ένα μόνο σύστημα.
- Βελτιστοποιώντας τις εξαγόμενες συστάσεις του ενός συστήματος με χρήση των άλλων.
- Συνδυάζοντας δεδομένα από διαφορετικές πηγές και αναλύοντάς τα από ένα σύστημα συστάσεων.
- Χρησιμοποιώντας σαν είσοδο του ενός συστήματος τις εξαγόμενες συστάσεις του άλλου.
- Δημιουργώντας ένα μοντέλο βασισμένο σε ένα σύστημα, το οποίο μετά χρησιμοποιείται σαν είσοδο στο δεύτερο.

2.2.6 Πολυκριτήρια συστήματα συστάσεων (Multi-criteria Recommendation Systems)

Τα συστήματα συστάσεων πολλαπλών κριτηρίων (Multi-Criteria Recommendation Systems) μπορούν να οριστούν ως συστήματα συστάσεων που ενσωματώνουν πληροφορίες προτιμήσεων των χρηστών σε πολλαπλά κριτήρια. Αντί να αναπτύξουν τεχνικές συστάσεων βασισμένες σε τιμές ενός μόνο κριτηρίου, τα συστήματα αυτά προσπαθούν να προβλέψουν μια βαθμολογία για ανεξερεύνητα στοιχεία του χρήστη, εκμεταλλευόμενα τις πληροφορίες προτίμησης σε πολλαπλά κριτήρια που επηρεάζουν αυτή τη συνολική τιμή προτίμησης. Πολλοί ερευνητές προσεγγίζουν ένα σύστημα πολλαπλών κριτηρίων (MCRS) ως πρόβλημα πολλαπλών κριτηρίων λήψης αποφάσεων και εφαρμόζουν μεθόδους και τεχνικές, που προέρχονται από τον τομέα της Επιστήμης Αποφάσεων, για την εφαρμογή συστημάτων πολλαπλών κριτηρίων (MCRS). Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα συστήματα συστάσεων πολλαπλών κριτηρίων συνδυάζονται με τις παραδοσιακές τεχνικές που αναφέρθηκαν παραπάνω.

2.3 Περιορισμοί των υφιστάμενων προσεγγίσεων

Οι αλγόριθμοι που εφαρμόζονται στα συστήματα συστάσεων συχνά αντιμετωπίζουν αρκετά προβλήματα τα οποία επιδρούν αρνητικά στην λειτουργικότητα και αποδοτικότητα των συστημάτων συστάσεων. Στις παρακάτω παραγράφους, θα γίνει αναφορά στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι βασικές προσεγγίσεις των συστημάτων συστάσεων.

2.3.1 Περιορισμοί προσεγγίσεων βασισμένων στο φιλτράρισμα με βάση το περιεχόμενο

- **Περιορισμοί που αφορούν την ανάλυση του περιεχομένου:**

Τα συστήματα συστάσεων, τα οποία εφαρμόζουν φιλτράρισμα βάσει περιεχομένου, έχουν την ικανότητα να παρουσιάζουν και να αναλύουν επιτυχώς τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των αντικειμένων υπό την προϋπόθεση της ύπαρξης ενός επαρκούς συνόλου χαρακτηριστικών, το οποίο θα πρέπει να βρίσκεται σε κατάλληλη μορφή, έτσι ώστε να μπορεί να παραμετροποιηθεί και να αναλυθεί αυτόματα από το σύστημα. Η εξαγωγή και η αναπαράσταση των χαρακτηριστικών μπορεί να επιτευχθεί αυτόματα για τα παραμετροποιημένα αντικείμενα αλλά υπάρχουν περιπτώσεις όπου η ανθρώπινη παρέμβαση είναι αναγκαία και αφορά την εισαγωγή των

αντικειμένων, τα όποια δεν είναι ανιχνεύσιμα από το σύστημα. Για παράδειγμα, η ανάλυση του περιεχομένου των ειδήσεων και ενημερώσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτόματα από το σύστημα με μικρή παρέμβαση από το χρήστη. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα αυτές των πολυμέσων (τραγούδια, ταινίες κ.α.), όπου οι τεχνικές εξαγωγής των χαρακτηριστικών δύσκολα εφαρμόζονται επιτυχώς και οι αλγόριθμοι των συστημάτων αδυνατούν να αναλύσουν το περιεχόμενο.

- **Περιορισμοί που αφορούν το χρήστη του συστήματος:**

Ένα σύστημα συστάσεων φιλτραρίσματος με βάση το περιεχόμενο, προτείνει στο χρήστη αντικείμενα παρόμοια με αυτά που έχει εξετάσει στο παρελθόν. Οι αλγόριθμοι φιλτραρίσματος βάσει περιεχομένου προτείνουν αντικείμενα παρόμοιου περιεχομένου και δεν έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν συστάσεις για αντικείμενα που ενδέχεται να έχουν διαφορετικό αλλά σχετικό περιεχόμενο. Πιο συγκεκριμένα, όταν, για παράδειγμα, ένας νέος χρήστης δεν έχει δηλώσει την προτίμηση του σε ορισμένα αντικείμενα, τότε οι αλγόριθμοι φιλτραρίσματος βάσει περιεχομένου αδυνατούν να προτείνουν αντικείμενα τα οποία συνάδουν με τις προτιμήσεις του χρήστη.

2.3.2 Περιορισμοί προσεγγίσεων βασισμένων στο συνεργατικό φιλτράρισμα

Οι αλγόριθμοι των συστημάτων συστάσεων συνεργατικού φιλτραρίσματος δεν εκτελούν ανάλυση περιεχομένου των αντικειμένων του προς εξέταση τομέα από το χρήστη. Αντιθέτως, οι αλγόριθμοι λαμβάνουν υπόψη τις γνώμες των χρηστών για τα αντικείμενα με σκοπό τη δημιουργία συστάσεων. Βέβαια, έχουν γίνει αντιληπτές ορισμένες ελλείψεις στους αλγορίθμους του συνεργατικού φιλτραρίσματος.

- **Περιορισμοί που αφορούν τα νέα αντικείμενα:**

Τα συστήματα συστάσεων συνεργατικού φιλτραρίσματος δεν πραγματοποιούν ανάλυση περιεχομένου των αντικειμένων, αλλά στηρίζονται στις αξιολογήσεις των χρηστών για τα αντικείμενα προκειμένου να δημιουργήσουν συστάσεις. Επομένως, το σύστημα δεν μπορεί να

αντλήσει συμπεράσματα για αντικείμενα για τα οποία δεν έχει ακόμα συγκεντρώσει επαρκείς πληροφορίες. Ως εκ τούτου, όταν ένα νέο στοιχείο προστίθεται στη βάση δεδομένων, δεν μπορεί να γίνει σύσταση σε κανένα χρήστη, έως ότου το στοιχείο αξιολογηθεί είτε από άλλον χρήστη είτε συσχετιστεί με άλλα παρόμοια στοιχεία της βάσης δεδομένων. Όταν δημιουργείται ένα σύστημα συστάσεων συνεργατικού φιλτραρίσματος, υπάρχουν πολλά στοιχεία στο σύστημα, λίγοι χρήστες και καμία αξιολόγηση. Επομένως, το σύστημα δεν μπορεί να δημιουργήσει συστάσεις και οι υπάρχοντες χρήστες δεν ωφελούνται από το σύστημα.

- **Περιορισμοί που αφορούν τον νέο χρήστη:**

Με την εισαγωγή ενός νέου χρήστη σε ένα σύστημα συστάσεων συνεργατικού φιλτραρίσματος, το σύστημα δεν γνωρίζει τίποτα σχετικά με τις προτιμήσεις του, με αποτέλεσμα, να μην είναι σε θέση να του παρουσιάσει κατάλληλες εξατομικευμένες συστάσεις. Επομένως, για να μπορέσει ένας νέος χρήστης του συστήματος να επωφεληθεί από το ίδιο το σύστημα, θα πρέπει να δώσει πρώτα ορισμένες πληροφορίες για τις προτιμήσεις του σχετικά με τα αντικείμενα του τομέα που τον ενδιαφέρει. Αυτός ο περιορισμός είναι κοινός σε όλα τα είδη των συστημάτων συστάσεων, αλλά πιο ορατός είναι στα συστήματα συνεργατικού φιλτραρίσματος. Διότι τα συγκεκριμένα συστήματα δεν μπορούν να βασιστούν στο περιεχόμενο των στοιχείων και δεν μπορούν να κατατάξουν σε μία συγκεκριμένη ομάδα τον νέο χρήστη.

- **Πρόβλημα που αφορά την αδυναμία των δεδομένων του συστήματος:**

Λόγω της ανάπτυξης του ηλεκτρονικού εμπορίου, υπάρχουν εκατομμύρια προϊόντα, με αποτέλεσμα οι πελάτες ή διαφορετικά οι χρήστες των συστημάτων συστάσεων μπορούν μόνο να βαθμολογήσουν ένα μικρό μέρος αυτών των προϊόντων.

- **Περιορισμοί που αφορούν το αριθμό των χρηστών και των αντικειμένων:**

Για να είναι αξιόπιστες οι συστάσεις ενός συστήματος συνεργατικού φιλτραρίσματος, το σύστημα χρειάζεται ένα μεγάλο αριθμό χρηστών και ένα σχετικά μεγάλο αριθμό αντικειμένων. Όμως, η ανάπτυξη μίας τέτοιας βάσης δεδομένων για την επίτευξη της σωστής λειτουργίας του συστήματος είναι δαπανηρή και χρονοβόρα, διότι οι χρήστες δεν έχουν κίνητρα ώστε να εκφράσουν τις προτιμήσεις τους στα αρχικά στάδια του συστήματος.

- **Περιορισμοί που αφορούν το «δύσκολο» χρήστη:**

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου τα συστήματα συστάσεων έχουν να αντιμετωπίσουν τους «δύσκολους χρήστες». Με τον όρο «δύσκολοι χρήστες» αναφέρονται τα άτομα των οποίων οι απόψεις ή προτιμήσεις δεν είναι συνηθισμένες. Αυτό σημαίνει ότι ένα άτομο διαφωνεί σχεδόν πάντοτε με οποιαδήποτε ομάδα χρηστών του συστήματος. Επομένως, αυτά τα άτομα σπάνια θα λάβουν ακριβείς και κατάλληλες συστάσεις από τους αλγόριθμους των συστημάτων και το πιθανότερο σενάριο είναι να τους προταθούν τα δημοφιλέστερα αντικείμενα.

2.4 Οφέλη των ηλεκτρονικών επιχειρήσεων από την χρησιμοποίηση συστημάτων σύστασης

Τα τελευταία χρόνια έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες, οι οποίες έχουν δείξει ότι οι πελάτες εκτιμούν και εμπιστεύονται τα συστήματα συστάσεων όταν επισκέπτονται τον ιστότοπο μίας επιχείρησης που είναι προσαρμοσμένος στις ανάγκες τους. Πιο συγκεκριμένα, οι πελάτες νιώθουν περισσότερη εμπιστοσύνη προς την πωλήτρια επιχείρηση, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται περισσότερες πιθανότητες οι πελάτες να αγοράσουν ξανά προϊόντα από την συγκεκριμένη επιχείρηση.

Οι έρευνες έχουν δείξει ότι μία ηλεκτρονική επιχείρηση που εφαρμόζει εξατομικευμένα συστήματα σύστασης προϊόντων αποκτάει μεγάλο πλεονέκτημα, κυρίως οικονομικό, σε σχέση με επιχειρήσεις, οι οποίες εφαρμόζουν μη-εξατομικευμένες μεθόδους σύστασης. Επομένως, διαπιστώνεται ότι οι ηλεκτρονικές επιχειρήσεις, εφαρμόζοντας τα συστήματα συστάσεων, γίνονται περισσότερο κερδοφόρες και το σημαντικότερο είναι ότι διευρύνουν το αγοραστικό κοινό τους (Hinz & Eckert, 2010). Χαρακτηριστικό παράδειγμα, σύμφωνα με το άρθρο του CNN (Mangalindan, 2012), είναι η Amazon, μία από τις σημαντικότερες επιχειρήσεις στον κόσμο. Σύμφωνα με το άρθρο, η Amazon, χρησιμοποιώντας συστήματα συστάσεων, είχε καταφέρει το 2011 να αυξήσει τις συνολικές της πωλήσεις κατά 29%.

Επομένως, οι ηλεκτρονικές επιχειρήσεις, χρησιμοποιώντας συστήματα συστάσεων, όπως διαπιστώθηκε και από τις μελέτες (Fleder και Hosanager (2009)), έχουν την δυνατότητα να αυξήσουν τις πωλήσεις των νέων προϊόντων και να διευρύνουν το ποσοστό τους στην αντίστοιχη αγορά.

Κεφάλαιο 3

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

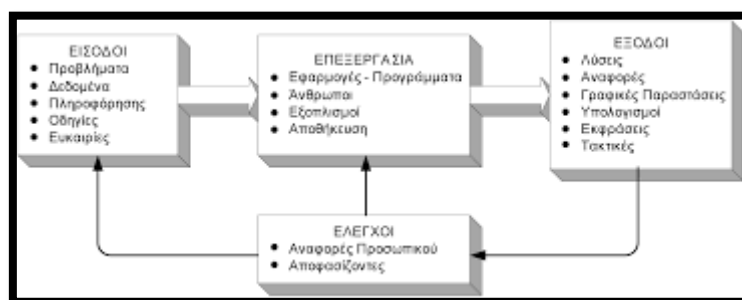
Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μία μικρή εισαγωγή στα **Πληροφοριακά Συστήματα**, στη **Θεωρία Αποφάσεων**, στην **Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων** καθώς και στις **Πολυκριτήριες Μεθοδολογίες Ανάλυσης Αποφάσεων**.

3.2 Εισαγωγή στα Πληροφορικά Συστήματα

«Ως **σύστημα** ορίζεται ένα σύνολο από μέσα συλλογής, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και διάχυσης της πληροφόρησης με στόχο την επίτευξη ενός συγκεκριμένου σκοπού.» [3]

«Ως **πληροφορικά συστήματα** που βασίζονται στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή ορίζουμε τα πληροφοριακά συστήματα που χρησιμοποιούν την τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών (*hardware and software*), για την υλοποίηση των εργασιών και των στόχων των χρηστών του.»[3]

Στην παρακάτω εικόνα, γίνεται απεικόνιση ενός πληροφοριακού συστήματος, το οποίο έχει ως εισόδους τα προβλήματα, τα δεδομένα, τις οδηγίες, τις ευκαιρίες. Στη συνέχεια, τα στοιχεία των εισόδων επεξεργάζονται μέσω διαφόρων εφαρμογών-προγραμμάτων. Σε επόμενο στάδιο, παρουσιάζονται λύσεις, αναφορές, γραφικές παραστάσεις κ.α. ως έξοδοι του πληροφοριακού συστήματος και στο τελικό στάδιο, γίνονται έλεγχοι από τους αποφασίζοντες.



Εικόνα 7: Πληροφοριακό σύστημα (πηγή: Turban et al., 1996)

Τα τελευταία χρόνια, στον επιχειρηματικό τομέα επικρατεί μεγάλη αβεβαιότητα, με αποτέλεσμα μία επιχείρηση, για να μπορέσει να ανταπεξέλθει στο ισχυρό ανταγωνιστικό περιβάλλον και στη ταχύτατη αλλαγή των δεδομένων, θα πρέπει να

χρησιμοποιήσει πληροφοριακά συστήματα. Μία επιχείρηση, εφαρμόζοντας ένα πληροφοριακό σύστημα, έχει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι του ανταγωνισμού. Κάποια από αυτά τα πλεονεκτήματα φαίνονται παρακάτω:

- Αύξηση της παραγωγικότητας με συνακόλουθη μείωση του κόστους και αύξηση της αποτελεσματικότητας.
- Βελτίωση της ποιότητας των προσφερόμενων υπηρεσιών ή προϊόντων.
- Δημιουργία πλεονεκτημάτων σε διάφορους τομείς έναντι των ανταγωνιστών.
- Διαμόρφωση στρατηγικών μεθόδων.
- Αναδιοργάνωση και επανασχεδίαση των επιχειρηματικών τους διαδικασιών.
- Καλύτερη και ταχύτερη ανταπόκριση στις απαιτήσεις των πελατών και στις αλλαγές της επιχείρησης ή του περιβάλλοντος της.
- Καλύτερη διαχείριση τεράστιου όγκου δεδομένων-πληροφοριών.
- Βελτίωση της δημιουργικότητας και προώθηση καινοτομιών κ.α.

Εν κατακλείδι, τα κυριότερα πλεονεκτήματα της εφαρμογής και χρησιμοποίησης πληροφοριακών συστημάτων από μία επιχείρηση συνδέονται με την παραγωγικότητα, την ποιότητα των προσφερόμενων προϊόντων ή υπηρεσιών και την ανταγωνιστική θέση της ως προς τον ανταγωνιστικό περιβάλλον της.

3.3 Εισαγωγή στη Θεωρία Αποφάσεων

*«Η λήψη αποφάσεων (**decision making**) είναι αποτέλεσμα σύνθετων διαδικασιών, που έχουν ως στόχο, αρχικά μεν να μελετήσουν και να αναλύσουν διεξοδικά τις επιπτώσεις όλων των εναλλακτικών αποφάσεων, στη συνέχεια δε να προχωρήσουν σε μία προσπάθεια σύνθεσης και σύγκλισης των απαιτήσεων όλων των εμπλεκομένων στη διαδικασία απόφασης, μερών, ώστε να καταλήξουν τελικά στην εύρεση της πλέον κοινά αποδεκτής λύσης» [3].*

*«Η **ανάλυση αποφάσεων (decision analysis)** είναι μία ορθολογική προσέγγιση στη λήψη αποφάσεων η οποία χρησιμοποιεί υποδείγματα (*models*), για να αναπαραστήσει εναλλακτικά σχέδια δράσης, πιθανές καταστάσεις σχετικές με το πρόβλημα που αναλύεται, κατανομές πιθανοτήτων των καταστάσεων αυτών, καθώς και τα αναμενόμενα αποτελέσματα-πληρωμές (*payoffs*) με σκοπό μία βέλτιστη στρατηγική απόφασης» [3].*

Η λήψη αποφάσεων θεωρείται μία δραστηριότητα επίλυσης προβλημάτων που τερματίζεται με την παρουσίαση μίας βέλτιστης λύσης ή τουλάχιστον ικανοποιητικής.

Οι προσεγγίσεις, οι οποίες επηρεάζουν στη λήψη αποφάσεων είναι οι εξής:

- **Κανονιστική (normative)** : Η υποβοήθηση της απόφασης παρέχεται επί τη βάσει μίας εξωτερικής αρχής της ορθολογικότητας (π.χ. οικονομικής) [3].
- **Περιγραφική (descriptive)** : Η υποβοήθηση της απόφασης παρέχεται επί τη βάσει μίας εξωτερικής αρχής, η οποία προκύπτει παρατηρώντας τη συμπεριφορά των αποφασίζων [3].
- **Εντεταλμένη ή προκαθορισμένη ή ρυθμιστική (prescriptive)** : Η υποβοήθηση της απόφασης παρέχεται προσπαθώντας να παραμείνουμε συνεπής στις απαιτήσεις της διαδικασίας απόφασης [3].
- **Κατασκευασμένη ή συμπερασματική (constructive)** : Η υποβοήθηση της απόφασης παρέχεται πάλι σε μία συνεπή βάση εμπλουτισμένη με μία διάσταση μάθησης τόσο για τον πελάτη-αποφασίζοντα όσο και για τον αναλυτή [3].

Η σειρά των βημάτων όπου πραγματοποιείται η διαδικασία λήψης μίας ορθολογικής απόφασης είναι η εξής [3]:

1. Καθορισμός προβλήματος
2. Καθορισμός των κριτηρίων απόφασης
3. Απόδοση βαρών των κριτηρίων
4. Δημιουργία εναλλακτικών επιλογών
5. Εκτίμηση κάθε εναλλακτικής επιλογής για κάθε κριτήριο
6. Υπολογισμός της βέλτιστης απόφασης

Οι προϋποθέσεις που θα πρέπει να υπάρχουν για μία ορθή διαδικασία λήψης απόφασης είναι:

- Το πρόβλημα θα πρέπει να είναι σαφές.
- Ο αποφασίζων θα πρέπει να έχει την ικανότητα να καθορίσει τα σχετικά κριτήρια και τις σημαντικές εναλλακτικές επιλογές της διαδικασίας λήψης απόφασης.
- Τα βάρη που θα αποδοθούν στα κριτήρια θα πρέπει να είναι ορθά.
- Τα βάρη των κριτηρίων και τα ίδια τα κριτήρια πρέπει να είναι σταθερά και μην μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας λήψης απόφασης.
- Η επιλογή της βέλτιστης εναλλακτικής επιλογής θα πρέπει να γίνεται με βάση την μέγιστη αντιλαμβανόμενη αξία. Ουσιαστικά, η τελική απόφαση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων θα είναι η εναλλακτική με την μεγαλύτερη αξία.

Ένα σημαντικό κομμάτι της διαδικασίας λήψης αποφάσεων περιλαμβάνει την ανάλυση ενός πεπερασμένου συνόλου εναλλακτικών επιλογών που περιγράφονται με κριτήρια αξιολόγησης. Η διαδικασία συνεχίζεται με την ταξινόμηση των εναλλακτικών επιλογών από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια αξιολόγησης. Με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων μπορεί να βρεθεί η καλύτερη εναλλακτική ανάμεσα σε ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών μέσω της ταυτόχρονης εξέτασης κριτηρίων. Η επίλυση τέτοιων προβλημάτων είναι το επίκεντρο της ανάλυσης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (Multi Criteria Decision Analysis-MCDA). Ο τομέας της επιστήμης λήψης αποφάσεων, αν και πολύ παλαιός, έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών και επαγγελματιών και εξακολουθεί να συζητείται, καθώς υπάρχουν πολλές μέθοδοι MCDA, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να αποφέρουν πολύ διαφορετικά αποτελέσματα όταν εφαρμόζονται σε ακριβώς τα ίδια δεδομένα.

3.4 Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων

3.4.1 Εισαγωγή

Η ύπαρξη πολυκριτήριων προβλημάτων οδήγησε στην ανάπτυξη του τομέα της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων. Η έννοια των πολυκριτήριων προβλημάτων συνδέεται στενά με ύπαρξη μεγάλου πλήθους κριτηρίων, των οποίων οι μεταξύ τους σχέσεις χαρακτηρίζονται από την έννοια της πολυπλοκότητας. Με την ύπαρξη μεγάλου πλήθους κριτηρίων και την παρουσία της πολυπλοκότητας στις μεταξύ τους σχέσεις έχει σαν αποτέλεσμα την δυσκολία του αποφασίζοντα να καταλήξει στη τελική κατάλληλη επιλογή. Αύτη η δυσκολία, που δημιουργείται λόγω της φύσης των πολυκριτήριων προβλημάτων, έγινε η αιτία για την ανάπτυξη κατάλληλων πολυκριτήριων μοντέλων λήψης αποφάσεων με σκοπό την υποστήριξη του αποφασίζοντα στη λήψη της τελικής απόφασης.

Η πολυκριτήρια λήψη αποφάσεων (MultiCriteria Decision Making-MCDM) συνδέεται με την ύπαρξη ενός συστήματος αξιών που αντιπροσωπεύει τις προτιμήσεις των αποφασιζόντων. Μέσω του συστήματος αξιών, διαμορφώνεται μία συνάρτηση χρησιμότητας και τα σχετικά βάρη των κριτηρίων. Με τη χρησιμοποίηση της συνάρτησης χρησιμότητας, υπάρχει η δυνατότητα αξιολόγησης ολόκληρου του συνόλου των εναλλακτικών επιλογών και μέσω της αξιολόγησης αυτής, ο χρήστης θα μπορεί να καταλήξει στην καταλληλότερη επιλογή και στη σωστότερη απόφαση.

Οι βασικότεροι στόχοι της πολυκριτήριας λήψης αποφάσεων είναι :

- ο καθορισμός των κατάλληλων συνθηκών, έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα σύστημα αξιών και
- η παροχή βοήθειας στον αποφασίζοντα, έτσι ώστε να πάρει την σωστότερη απόφαση.

«Ο ρόλος της πολυκριτήριας ανάλυσης υποστήριξης της λήψης αποφάσεων δεν είναι να υποδείξει αποφάσεις στον αποφασίζοντα καλύτερες από αυτές που αντιλαμβάνεται, αλλά να τον οδηγήσει στην επιλογή της μέσα από τη σταδιακή κατανόηση και βελτίωση των ικανοτήτων και γνώσεων του» [3].

3.4.2 Κριτήρια Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων διακρίνονται στις εξής κατηγορίες [3]:

- **Ποσοτικά ή μετρικά κριτήρια (measurable criteria)**
Η κλίμακα προτίμησης των ποσοτικών ή διαφορετικά των μετρικών κριτηρίων είναι μία κλίμακα μέτρου. Ένα ποσοτικό κριτήριο επιτρέπει τη σύγκριση διαστημάτων στο εσωτερικό της κλίμακας [4].
- **Κριτήρια ποιοτικά ή διάταξης (ordinal criteria)**
Η κλίμακα προτίμησης των ποιοτικών κριτηρίων ή διαφορετικά των κριτηρίων διάταξης είναι μία κλίμακα διάταξης, η οποία ορίζει την διάταξη των εναλλακτικών επιλογών.
- **Κριτήρια στοχαστικά (stochastic criteria)**
Τα κριτήρια αυτού του είδους καλύπτουν την περίπτωση της αβεβαιότητας στην βαθμολόγηση των εναλλακτικών επιλογών [3].
- **Κριτήρια ασαφή (fuzzy criteria)**
Αφορά την περίπτωση που η εκτίμηση μίας εναλλακτικής επιλογής ορίζεται από μία συνάρτηση δυνατότητας [3].

3.4.3 Μεθοδολογία μοντελοποίησης Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων

Στα μέσα της δεκαετίας του 1970, ο Bernard Roy πρότεινε ένα γενικό πλαίσιο, το οποίο αφορούσε τη **γενική μεθοδολογία μοντελοποίησης της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων**. Το γενικό αυτό μεθοδολογικό πλαίσιο από την στιγμή που δημιουργήθηκε μέχρι και σήμερα έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές περιπτώσεις ως λύση αντιμετώπισης προβλημάτων management απλής μορφής ή ακόμα και σύνθετης.

Το γενικό πλαίσιο μοντελοποίησης περιλαμβάνει εξής διαδοχικά και αλληλεπιδρώντα μεταξύ τους στάδια [4]:

- Το αντικείμενο της απόφασης
- Τη συνεπής οικογένεια κριτηρίων
- Το μοντέλο ολικής προτίμησης
- Την υποστήριξη της απόφασης



Εικόνα 8: Τετρασταδιακή διαδικασία μοντελοποίησης προβλημάτων απόφασης

(Πηγή: Σίσκος Ι. (2008). ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ, Μεθοδολογία Επιχειρησιακής Έρευνας, Θεωρία Πολυκριτήριας Ανάλυσης, Εφαρμογές σε Επιχειρήσεις & Οργανισμούς, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, σελ. 66)

Στάδιο Ι : Αντικείμενο απόφασης

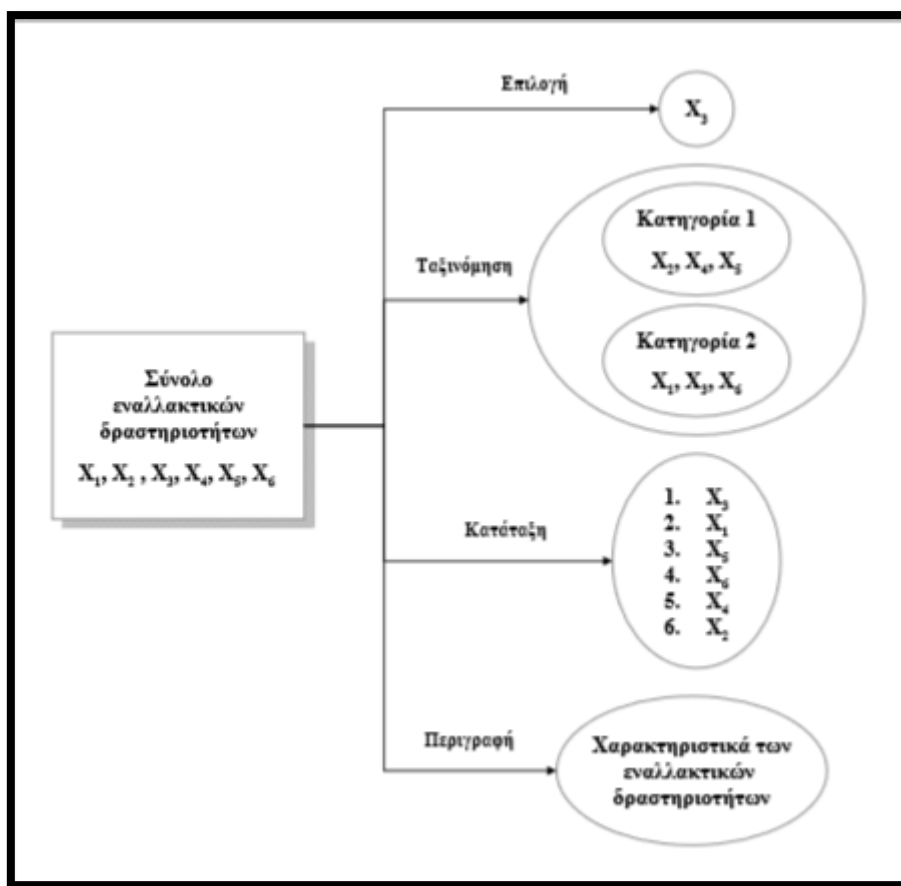
Το αντικείμενο της απόφασης αναλύεται σε ένα διακριτό ή συνεχές σύνολο εναλλακτικών επιλογών, το οποίο παίρνει το όνομα «Σύνολο Α». Στο σύνολο αυτό, ορίζεται από τον αποφασίζοντα μία προβληματική, η οποία μπορεί να μεταβληθεί κατά την διάρκεια της απόφασης. Ο ορισμός της προβληματικής έχει ως στόχο να δώσει επιχειρησιακό ρόλο στο έργο του αναλυτή. Μία προβληματική συνδέεται με τα ερωτήματα «πώς θα διαχειριστούμε τις δράσεις;» και «τι θέλουμε να επιτύχουμε;» [3],[4].

Υπάρχουν τέσσερα είδη προβληματικών τα οποία είναι τα εξής [3],[4]:

- **Προβληματική α:**
Η προβληματική τύπου α είναι ουσιαστικά η επιλογή μίας και μόνης δράσης από το σύνολο Α.
- **Προβληματική β:**
Η προβληματική τύπου β συνδέεται με την ταξινόμηση όλων των εναλλακτικών επιλογών σε ομογενείς κατηγορίες, οι οποίες έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες και είναι διατεταγμένες με τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος.
- **Προβληματική γ:**
Η προβληματική τύπου γ αφορά την κατάταξη των εναλλακτικών ενεργειών του συνόλου Α, από την καλύτερη μέχρι τη χειρότερη.
- **Προβληματική δ:**
Η προβληματική τύπου δ αφορά την περιγραφή όλων των εναλλακτικών επιλογών (ενεργειών, δράσεων,...) του συνόλου Α καθώς και των συνεπειών τους σε γλώσσα κατανοητή από τους αποφασίζοντες.

Η επιλογή της κατάλληλης προβληματικής συνδέεται στενά με το προς εξέταση πρόβλημα. Να σημειωθεί, ότι σε πολλές περιπτώσεις, για την καλύτερη αντιμετώπιση ενός προβλήματος είναι πιθανότερο να απαιτηθεί συνδυασμός δύο διαφορετικών τύπων προβληματικών.

Στην παρακάτω εικόνα γίνεται απεικόνιση των κατηγοριών των διακριτών προβλημάτων και πιο συγκεκριμένα των τύπων των προβληματικών.



Εικόνα 9: Κατηγορίες διακριτών προβλημάτων (Πηγή: Δούμπος (2000))

Στάδιο II : Συνεπής οικογένεια κριτηρίων

Στο στάδιο αυτό του γενικού πλαισίου μοντελοποίησης εντοπίζονται όλοι οι παράγοντες, οι οποίοι επιδρούν στο αποτέλεσμα της ανάλυσης των εναλλακτικών δράσεων του συνόλου A. Κάθε παράγοντας, που επηρεάζει τη λήψη απόφασης, αποτελεί μορφή κριτηρίου. Ως κριτήριο μπορεί να ορισθεί, μία μονότονη συνάρτηση g δηλωτική των προτιμήσεων του αποφασίζοντα.

Πιο συγκεκριμένα, η συνάρτηση αυτή θα πρέπει να πληροί την ιδιότητα της μονοτονίας, έτσι ώστε για οποιεσδήποτε δύο εναλλακτικές a και b να ισχύουν:

- Η a προτιμάται από την b όταν: $g(a) > g(b)$
- Η a είναι ισοδύναμη με την b όταν: $g(a) = g(b)$

«Το σύνολο των κριτηρίων που χρησιμοποιούνται στη λήψη μίας απόφασης ονομάζεται **συνεπής οικογένεια κριτηρίων**» [3].

Το σύνολο αυτό ικανοποιεί κάποιες ιδιότητες:

1. **Μονοτονίας (Monotonicity):**

Ένα σύνολο κριτηρίων θεωρείται ότι διαθέτει την ιδιότητα της μονοτονίας. Αυτό σημαίνει ότι για δύο εναλλακτικές a και b , a είναι προτιμητέα της b όταν ισχύει:

$g_i(a) = g_j(b)$ για κάθε $i=j$ και $g_i(a) > g_j(b)$, τότε η εναλλακτική a προτιμάται από τη b .

2. **Επάρκειας (Exhaustiveness):**

Ένα σύνολο κριτηρίων θεωρείται ότι διαθέτει την ιδιότητα της επάρκειας. Αυτό σημαίνει ότι για δύο οποιεσδήποτε εναλλακτικές επιλογές a και b , η a είναι ισοδύναμη της b όταν ισχύει ότι $g_i(a) = g_i(b)$ για κάθε $i=1, 2, 3, \dots, n$.

3. **Μη πλεονασμός (Non-redundancy):**

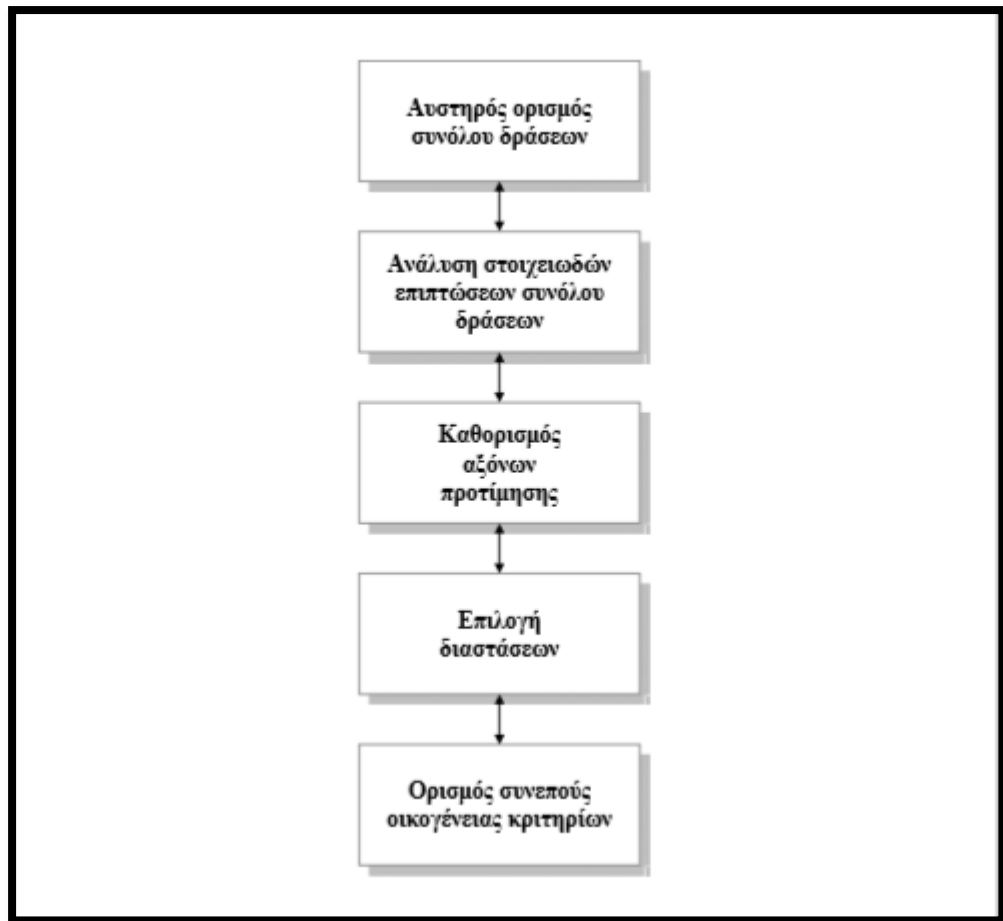
Ένα σύνολο κριτηρίων θεωρείται ότι διαθέτει την ιδιότητα του μη πλεονασμού. Αυτό σημαίνει ότι η διαγραφή ενός κριτηρίου έχει σαν αποτέλεσμα την παραβίαση των ιδιοτήτων της μονοτονίας ή της επάρκειας.

Ο Bernard Roy (1985) πρότεινε μία μεθοδολογική προσέγγιση για να δημιουργηθεί μία συνεπής οικογένεια κριτηρίων. Η μεθοδολογική προσέγγιση πρόκειται για διαδικασία ενεργειών, την οποία πραγματοποιεί ο αναλυτής του προβλήματος. Η διαδικασία των ενεργειών αρχίζει με την ανάλυση των επιπτώσεων των δράσεων και τελειώνει με την οριστικοποίηση της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων.

Πιο συγκεκριμένα, για την δημιουργία και την οριστικοποίηση μίας συνεπούς οικογένειας κριτηρίων, ο Roy πρότεινε τα ακόλουθα βήματα [3]:

1. Καθορισμός του συνόλου των εναλλακτικών επιλογών (ενεργειών, δράσεων,...).
2. Ανάλυση των στοιχειωδών επιπτώσεων των εναλλακτικών επιλογών (ιδιότητες, χαρακτηριστικά).
3. Καθορισμός των αξόνων προτίμησης.
4. Επιλογή των διαστάσεων.
5. Καθορισμός της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων.

Στην παρακάτω εικόνα περιγράφεται η μεθοδολογική προσέγγιση του Bernard Roy.



Εικόνα 10: Διαδικασία κατασκευής μίας συνεπούς οικογένειας κριτηρίων, (Πηγή: Roy (1985))

Στάδιο III: Μοντέλο ολικής προτίμησης

Μετά την ολοκλήρωση του σταδίου της ανάλυσης του αντικειμένου του προβλήματος και του σταδίου της διαμόρφωσης συνεπούς οικογένειας κριτηρίων, ακολουθεί το στάδιο, στο οποίο γίνεται η κατασκευή και η χρήση **ενός μοντέλου ολικής προτίμησης (global evaluation model)**. Ένα μοντέλο ολικής προτίμησης έχει ως αρμοδιότητα τη σύνθεση όλων των κριτηρίων, έτσι ώστε να επιτευχθεί σωστή ανάλυση των εναλλακτικών επιλογών ανάλογα με την προβληματική που έχει καθοριστεί.

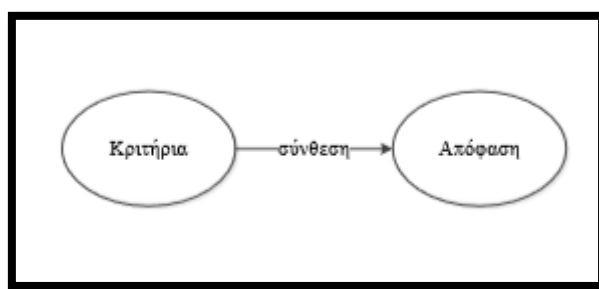
Πιο συγκεκριμένα, στο στάδιο αυτό, ο αναλυτής ορίζει τη μέθοδο πολυκριτήριας σύνθεσης, μέσω της οποίας θα γίνει η σύγκριση των δράσεων του συνόλου Α, λαμβάνοντας υπόψη συνολικά όλες τις τιμές των δράσεων πάνω στα κριτήρια της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων.

Στάδιο IV: Υποστήριξη της απόφασης

Στο στάδιο αυτό, ο αναλυτής του προβλήματος έχει ιδιαίτερα καθοριστικό ρόλο. Η κύρια αρμοδιότητα του αναλυτή είναι η αναζήτηση και η οργάνωση των στοιχείων απαντήσεων σε συγκεκριμένα ερωτήματα που έχουν θέσει ή ενδέχεται να θέσουν κάποιοι εμπλεκόμενοι στη διαδικασία λήψης απόφασης και κυρίως ο αποφασίζων.

3.5 Πολυκριτήριες Μεθοδολογίες Ανάλυσης Αποφάσεων

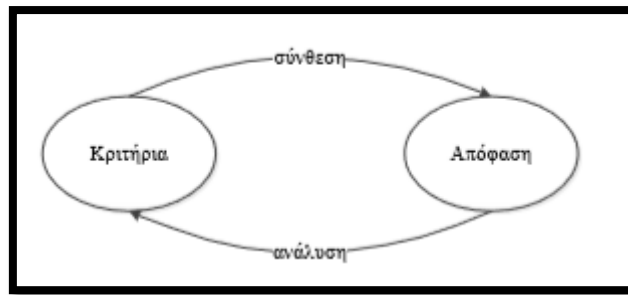
Τα περισσότερα μοντέλα της πολυκριτήριας ανάλυσης συνδέονται με τη σημασία του ορθολογισμού με βάση τις αρχές της γραμμικότητας και της αιτιότητας. Αυτό συνεπάγεται ότι η απόφαση καθορίζεται από τα κριτήρια (**συνθετική προσέγγιση**, aggregation approach), όπως απεικονίζεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 11: Η παραδοσιακή προσέγγιση προβλημάτων απόφασης

(Πηγή: Σίσκος Ι. (2008). ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ, Μεθοδολογία Επιχειρησιακής Έρευνας, Θεωρία Πολυκριτήριας Ανάλυσης, Εφαρμογές σε Επιχειρήσεις & Οργανισμούς, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, σελ. 305)

Η **αναλυτική-συνθετική προσέγγιση** (aggregation-disaggregation approach) αναφέρει ότι η απόφαση και τα κριτήρια επεξεργάζονται προοδευτικά μέσα στο χρόνο, όπως φαίνεται και στη παρακάτω εικόνα [4].

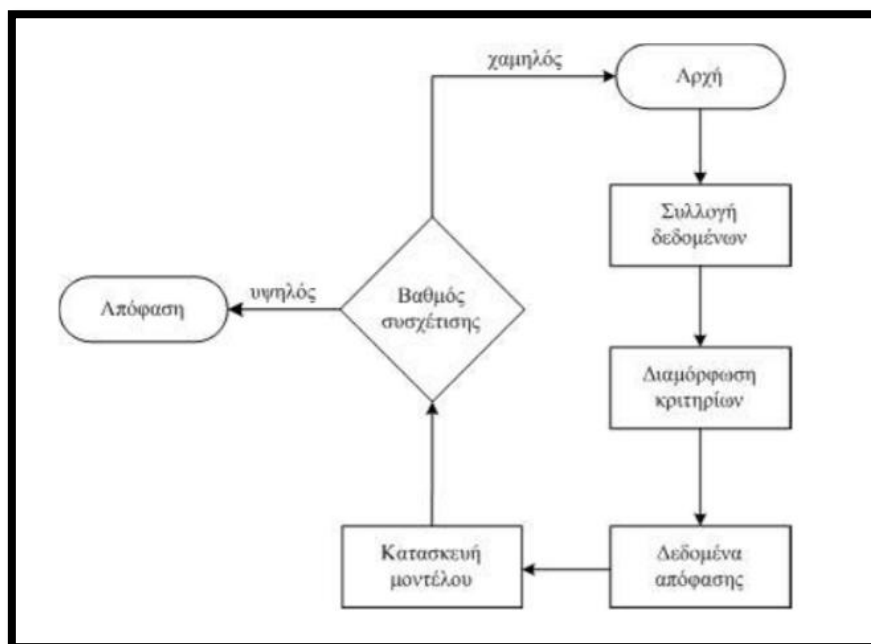


Εικόνα 12: Η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση προβλημάτων απόφασης

(Πηγή: Σίσκος Ι. (2008). ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ, Μεθοδολογία Επιχειρησιακής Έρευνας, Θεωρία Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, Εφαρμογές σε Επιχειρήσεις & Οργανισμούς, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, σελ. 305)

Η αναλυτική-συνθετική ή διαφορετικά **αναλυτική προσέγγιση** επικεντρώνεται στη σύνδεση των πραγματικών δεδομένων απόφασης και του μοντέλου απόφασης, προκειμένου να υπάρχει μεγαλύτερη συμβατότητα μοντέλου-αποφασίζοντος. Στις μεθόδους, στις οποίες χρησιμοποιείται η αναλυτική προσέγγιση, εκτιμώνται οι παράμετροι ενός μοντέλου απόφασης, οι οποίες επιτρέπουν τη βέλτιστη ανασύσταση μίας απόφασης.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η αρχή της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε περίπτωση ύπαρξης ασυνέπειας μεταξύ του αποφασίζοντα και του εκτιμώμενου μοντέλου απόφασης, ενδέχεται αναθεώρηση είτε της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων είτε των δεδομένων απόφασης.



Εικόνα 13: Αρχή της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης

Σύμφωνα με τους Jacquet-Lagrange και Siskos, η ύπαρξη ενός συνόλου δράσεων αναφορά A_R (reference actions) είναι αναγκαία. Το σύνολο δράσεων αναφοράς A_R μπορεί να είναι [4]:

- ένα σύνολο προγενέστερων δράσεων (past decisions)
- ένα υποσύνολο των πραγματικών δράσεων του προβλήματος, ιδιαίτερα όταν το A είναι αρκετά μεγάλο.
- ένα σύνολο εικονικών δράσεων, το οποίο μπορεί να αξιολογηθεί με σχετική ευκολία από τον αποφασίζοντα, έτσι ώστε να διαμορφωθούν οι ολικές προτιμήσεις.

Σε κάθε από τις παραπάνω περιπτώσεις, ο αποφασίζοντας θα πρέπει να εξωτερικεύσει ή διαφορετικά να επιβεβαιώσει τις ολικές προτιμήσεις του στο σύνολο δράσεων αναφορά A_R , έχοντας λάβει υπόψη τις επιδόσεις των δράσεων σε όλα τα κριτήρια.

3.5.1 Μέθοδος UTA

Το 1982 οι Siskos και Jacquet-Lagrange πρότειναν την μέθοδο UTA (Utilities Additives), η οποία έχει ως στόχο την εκτίμηση μίας ή περισσότερων προσθετικών συναρτήσεων αξίας από μία προδιάταξη (διάταξη με ισοδυναμίες) ενός συνόλου αναφοράς A_R , την οποία έχει διατυπώσει ο αποφασίζων. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιεί ειδικές τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού προκειμένου να εκτιμηθούν οι συναρτήσεις αξίας και μέσω αυτών η κατάταξη που προκύπτει να είναι όσο πιο συμβατή γίνεται με την αρχική προδιάταξη που είχε διατυπώσει ο αποφασίζων [4].

Το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων (μοντέλο απόφασης) στη μέθοδο UTA είναι μία προσθετική συνάρτηση αξίας της ακόλουθης μορφής:

$$u(g) = \sum_{i=1}^n u_i(g_i) \quad (3.1)$$

όπου g μία συνεπής οικογένεια κριτηρίων, $g = (g_1, g_2, g_3, \dots, g_n)$

υπό τους περιορισμούς κανονικοποίησης:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1 \\ u_i(g_i^*) = 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \end{array} \right. \quad (3.2)$$

$$u_i(g_i^*) = 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

όπου u_i , $i=1,2,\dots,n$ είναι αύξουσες συναρτήσεις των g_i , οι οποίες καλούνται περιθώριες ή μερικές συναρτήσεις αξίας (marginal value functions).

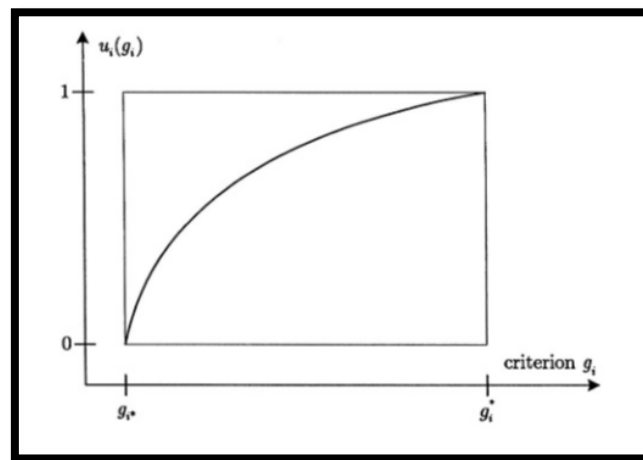
g_i^* : η περισσότερο επιθυμητή τιμή του κριτηρίου i

g_i^* : η λιγότερο επιθυμητή τιμή του κριτηρίου i

Η ύπαρξη ενός τέτοιου μοντέλου προϋποθέτει την **προτιμησησιακή ανεξαρτησία των κριτηρίων (preferential independence)** για τον αποφασίζοντα. Η ιδιότητα της συνέπειας ή μονοτονίας ισχύει τόσο για τις μερικές όσο και για την ολική συνάρτηση αξίας [4].

Στην περίπτωση της ολικής συνάρτησης αξίας, θα πρέπει να ισχύουν οι εξής ακόλουθες ιδιότητες:

$$\left. \begin{array}{l} u[g(a)] > u[g(b)] \text{ τότε } a \succ b \text{ (για την περίπτωση προτίμησης)} \\ u[g(a)] = u[g(b)] \text{ τότε } a \sim b \text{ (για την περίπτωση αδιαφορίας)} \end{array} \right\} \quad (3.4)$$



Εικόνα 14: Μερική συνάρτηση αξίας

(Πηγή: Σίσκος Ι. (2008). ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ, Μεθοδολογία Επιχειρησιακής Έρευνας, Θεωρία Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, Εφαρμογές σε Επιχειρήσεις & Οργανισμούς, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, σελ. 309)

Μαθηματική ανάπτυξη

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (3.1), (3.2), (3.3), η αξία κάθε εναλλακτικής $a \in A_R$ μπορεί να γραφεί ως εξής :

$$u'[g(a)] = \sum_{i=1}^n u_i[g_i(a)] + \sigma(a) \quad \forall a \in A_R \quad (3.5)$$

όπου $\sigma(a)$ είναι το ενδεχόμενο σφάλμα σε σχέση με το $u'[g(a)]$.

Για την εκτίμηση των αντίστοιχων μερικών συναρτήσεων αξίας σε μία γραμμική κατά τμήματα μορφή, οι Siskos και Jacquet-Lagrange προτείνουν τη χρήση γραμμικής παρεμβολής. Επομένως, το διάστημα $[g_i^*, g_i^*]$ κάθε κριτηρίου χωρίζεται σε $(\alpha_i - 1)$ ίσα διαστήματα και τα τελικά σημεία g_i^j δίνονται από τη σχέση:

$$g_i^j = g_i^* + \frac{j-1}{\alpha_i-1} (g_i^* - g_i^*), \forall j=1,2,\dots,\alpha_i \quad (3.6)$$

Η μερική αξία μίας εναλλακτικής a υπολογίζεται με χρήση γραμμικής παρεμβολής:

$$u_i[g_i(a)] = u_j(g_i^j) + \frac{g_i(a) - g_i^j}{g_i^{j+1} - g_i^j} [u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j)], \text{ για } g_i(a) \in [g_i^j, g_i^{j+1}] \quad (3.7)$$

Επίσης, το σύνολο αναφοράς $A_R = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ κατατάσσεται με τέτοιο τρόπο, ώστε οι δράσεις να είναι διατεταγμένες σε μία σειρά προτίμησης, δηλαδή η a_1 είναι πρώτη στην κατάταξη και η a_m η τελευταία στην κατάταξη. Δεδομένου ότι η συγκεκριμένη κατάταξη έχει τη μορφή μίας προδιάταξης R , για κάθε ζεύγος διαδοχικών δράσεων (a_k, a_{k+1}) ισχύει, είτε $a_k > a_{k+1}$ (προτίμηση) είτε $a_k \sim a_{k+1}$ (αδιαφορία). Έτσι, αν τεθεί

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = u'[g(a_k)] - u'[g(a_{k+1})] \quad (3.8)$$

τότε ισχύει μία από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

$$\begin{cases} \Delta(a_k, a_{k+1}) \geq \delta & \text{αν } a_k > a_{k+1} \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) = 0 & \text{αν } a_k \sim a_{k+1} \end{cases} \quad (3.9)$$

όπου δ : ένας μικρός αριθμός που διαχωρίζει σημαντικά δύο σημαντικά δύο διαδοχικές κλάσεις ισοδυναμίας της R .

Λαμβάνοντας υπόψη την υπόθεση σχετικά με την μονοτονία των προτιμήσεων, οι μερικές αξίες $u_i(g_i)$ πρέπει να ικανοποιούν το σύνολο των ακόλουθων περιορισμών:

$$u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq s_i \quad \forall j=1,2,\dots,\alpha_{i-1}, i=1,2,\dots,n \quad (3.10)$$

όπου $s_i \geq 0$ είναι τα κατώφλια αδιαφορίας που ορίζονται για κάθε κριτήριο g_i . Τα συγκεκριμένα κατώφλια δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου UTA, αλλά είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την αποφυγή περιπτώσεων όπου: $u_i(g_i^{j+1}) = u_i(g_i^j)$ όταν $g_i^{j+1} > g_i^j$.

Οι μερικές συναρτήσεις αξίας υπολογίζονται τελικά μέσω του ακόλουθου γραμμικού προγράμματος όπου ως περιορισμοί χρησιμοποιούνται οι σχέσεις (3.1), (3.2), (3.3), (3.9), (3.10), ενώ η αντικειμενική συνάρτηση είναι το συνολικό προκαλούμενο σφάλμα:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min]F = \sum_{a \in AR} \sigma(a) \\ \text{υπό τους περιορισμούς :} \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) \geq \delta \quad \text{αν } a_k > a_{k+1} \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) = 0 \quad \text{αν } a_k \sim a_{k+1} \\ u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq s_i \quad \forall j=1,2,\dots,\alpha_{i-1}, i=1,2,\dots,n \\ \sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1 \\ u_i(g_i^*) = 0 \quad \forall i=1, 2,\dots,n \end{array} \right. \quad (3.11)$$

Η ανάλυση ευστάθειας των αποτελεσμάτων του γραμμικού προγράμματος (3.11) αντιμετωπίζεται ως ένα πρόβλημα ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης. Αν η βέλτιστη λύση δώσει $F^*=0$, τότε το υπερπολύεδρο των αποδεκτών λύσεων για τα $u_i(g_i)$ δεν είναι κενό, αλλά υπάρχουν πολλαπλές συναρτήσεις αξίας που είναι απόλυτα συνεπείς με την προδιάταξη R. Ακόμη και στην περίπτωση που η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης είναι μη μηδενική, υπάρχουν άλλες λύσεις, λιγότερο καλές για την F, που είναι σε θέση να βελτιώσουν άλλα εναλλακτικά κριτήρια βελτιστοποίησης (π.χ. τον συντελεστή συσχέτισης τ του Kendall).

Όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 15**, ο χώρος των μεταβέλτιστων λύσεων καθορίζεται από το υπερπολύεδρο (3.12):

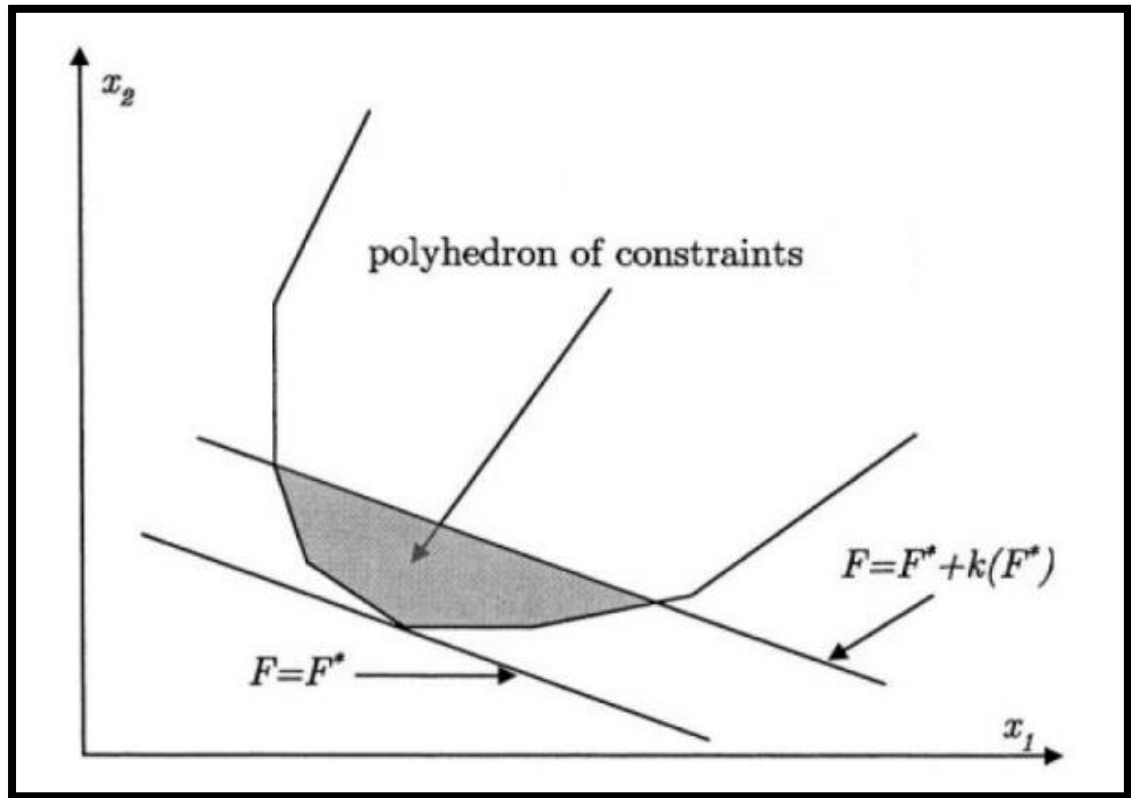
$$\left\{ \begin{array}{l} F \leq F^* + k(F^*) \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του γραμμικού προγράμματος (3.11)} \end{array} \right. \quad (3.12)$$

όπου $k(F^*)$: ένα θετικό (ή μηδέν) κατώφλι, το οποίο καθορίζεται ως ένα μικρό ποσοστό του σφάλματος F^* .

Υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός αλγορίθμων που είναι σε θέση να εξετάσουν τις λύσεις-κορυφές του υπερπολύεδρου (3.12), όπως μέθοδοι κλάδου και φράγματος, η μέθοδος αντίστροφης simplex και η μέθοδος των Manas & Nedoma.

Στην αρχική μορφή της UTA, οι Jacquet-Lagrèze & Siskos προτείνουν τη διερεύνηση του πολυέδρου, μέσω μιας ευρετικής μεθόδου αναζήτησης (ημι)βέλτιστων λύσεων, επιλύοντας τα ακόλουθα γραμμικά προγράμματα:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] u_i(g_i^*) \\ \text{στο πολύεδρο (3.12)} \end{array} \right. \quad \text{και} \quad \left\{ \begin{array}{l} [\max] u_i(g_i^*) \\ \text{στο πολύεδρο (3.12)} \quad \forall i=1,2,\dots,n \end{array} \right.$$



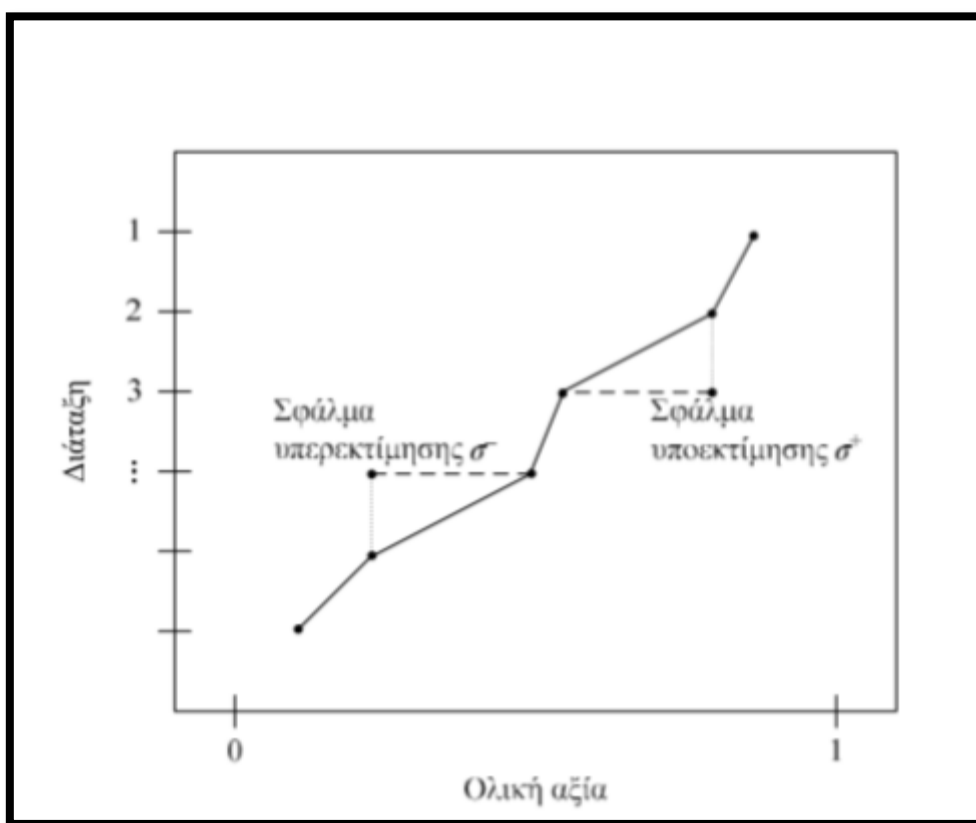
Εικόνα 15: Ανάλυση ευστάθειας στη μέθοδο UTA

(Πηγή: Σίσκος Ι. (2008). ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ, Μεθοδολογία Επιχειρησιακής Έρευνας, Θεωρία Πολυκριτήριας Ανάλυσης, Εφαρμογές σε Επιχειρήσεις & Οργανισμούς, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, σελ. 312)

Η τελική λύση του προβλήματος, προκύπτει από τη μέση τιμή των λύσεων των προηγούμενων γραμμικών προβλημάτων, που είναι και αυτή (ημι)βέλτιστη, λόγω της κυρτότητας του υπερπολύεδρου. Σε περίπτωση αστάθειας, οι λύσεις των γραμμικών προβλημάτων έχουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους και η εκτιμώμενη μέση λύση είναι λιγότερο αντιπροσωπευτική. Σε κάθε περίπτωση, οι επιμέρους αυτές λύσεις υποδεικνύουν τη διακύμανση των βαρών των κριτηρίων g_i και συνεπώς δίνουν μία ιδέα της σημαντικότητας αυτών των κριτηρίων στο σύστημα προτιμήσεων του αποφασίζοντα.

3.5.2 Μέθοδος UTASTAR

Το 1985 οι Siskos & Yannacopoulos πρότειναν την μέθοδο UTASTAR, η οποία αποτελεί μία εξελιγμένη και βελτιωμένη έκδοση της πρωτότυπης μεθόδου UTA. Στη μέθοδο UTA, για καθεμία δράση $a \in A_R$ ορίζεται ένα μοναδικό σφάλμα $\sigma(a)$. Αυτή η συνάρτηση σφάλματος δεν είναι επαρκής για την ελαχιστοποίηση της ολικής διασποράς των σημείων στη μονότονη καμπύλη της **Εικόνας 16**. Το πρόβλημα αφορά τα σημεία που βρίσκονται δεξιά της καμπύλης, από τα οποία θα ήταν προτιμότερο να αφαιρεθεί μία ποσότητα αξίας χωρίς να αυξηθούν οι αξίες άλλων (παράδειγμα της ποιοτικής ή μονότονης παλινδρόμησης, ordinal regression paradigm).



Εικόνα 16: Καμπύλη ποιοτικής παλινδρόμησης

(Πηγή: Σίσκος Ι. (2008). ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ, Μεθοδολογία Επιχειρησιακής Έρευνας, Θεωρία Πολυκριτήριας Ανάλυσης, Εφαρμογές σε Επιχειρήσεις & Οργανισμούς, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, σελ. 313)

Στη μέθοδο UTASTAR, οι Siskos & Yannacopoulos εισάγουν μία διπλή θετική συνάρτηση σφάλματος. Η χρησιμοποίηση δύνων σφαλμάτων οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα. Έτσι, η σχέση (3.5) να γίνεται:

$$u'[g(a)] = \sum_{i=1}^n u_i[g_i(a)] - \sigma^+(a) + \sigma^-(a) \quad \forall a \in A_R \quad (3.13)$$

όπου σ^+, σ^- : τα σφάλματα υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης, αντίστοιχα.

Επιπλέον, στην συγκεκριμένη μέθοδο έχει γίνει μία διαφορετική προσέγγιση όσον αφορά τους περιορισμούς μονοτονίας των κριτηρίων, οι οποίοι μοντελοποιούνται με τη βοήθεια των ακόλουθων μετασχηματισμών των μεταβλητών:

$$w_{ij} = u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq 0 \quad \forall i=1,2,\dots,n \text{ και } j=1,2,\dots,\alpha_i-1 \quad (3.14)$$

Με τον τρόπο αυτό οι συνθήκες μονοτονίας $u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq s_i \quad \forall j=1,2,\dots,\alpha_i-1, i=1,2,\dots,n$ μπορούν να αντικατασταθούν από περιορισμούς μη αρνητικότητας των μεταβλητών w_{ij} .

Η μέθοδος UTASTAR, όπως και η UTA, χρησιμοποιεί ειδικές τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού για την εκτίμηση των συναρτήσεων αξίας, προκειμένου η κατάταξη που αποκτά μέσω αυτών να είναι όσο πιο πολύ συμβατή γίνεται με την αρχική προδιάταξη που έχει ορίσει ο αποφασίζων.

Ο αλγόριθμος UTASTAR αποτελείται από τρία βήματα:

Βήμα 1

Η ολική αξία των δράσεων $u[g(a_k)]$, $k=1,2,\dots,m$, εκφράζεται αρχικά ως συνάρτηση των μερικών αξιών $u_i(g_i)$ και στη συνέχεια των μεταβλητών w_{ij} :

$$\begin{cases} u_i(g_i^1) = 0 \quad \forall i=1,2,\dots,n \\ u_i(g_i^j) = \sum_{i=1}^{j-1} w_{ij} \quad \forall i=1,2,\dots,n \text{ και } j=2,3,\dots,\alpha_i-1 \end{cases} \quad (15)$$

Βήμα 2

Στο βήμα αυτό, εισάγονται δύο συναρτήσεις σφάλματος σ^+, σ^- στο A_R , γράφοντας για κάθε ζεύγος διαδοχικών δράσεων στην προδιάταξη τις αναλυτικές εκφράσεις:

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = u[g(a_k)] - \sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k) - u[g(a_{k+1})] + \sigma^+(a_{k+1}) - \sigma^-(a_{k+1}) \quad (16)$$

Βήμα 3

Στο βήμα αυτό γίνεται η επίλυση του ακόλουθου γραμμικού προγράμματος:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] z = \sum_{k=1}^m [\sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k)] \\ \text{υπό τους περιορισμούς :} \\ \left. \begin{array}{l} \Delta(a_k, a_{k+1}) \geq \delta \quad \text{αν } a_k > a_{k+1} \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) = 0 \quad \text{αν } a_k \sim a_{k+1} \end{array} \right\} \forall k \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{\alpha_i-1} w_{ij} = 1 \\ w_{ij} \geq 0, \sigma^+(a_k) \geq 0, \sigma^-(a_k) \geq 0 \quad \forall i, j, k \end{array} \right. \quad (3.17)$$

Βήμα 4

Σε αυτό το βήμα, ελέγχεται η ύπαρξη πολλαπλών βέλτιστων ή ημιβέλτιστων λύσεων στο γραμμικό πρόγραμμα, υπολογίζοντας το βαρύκεντρο των προσθετικών συναρτήσεων αξίας που μεγιστοποιούν τις ακόλουθες αντικειμενικές συναρτήσεις:

$$u_i(g_i^*) = \sum_{j=1}^{\alpha_i-1} w_{ij} \quad \forall i=1,2,\dots,n \quad (3.18)$$

Στο υπερπολύεδρο των περιορισμών του γραμμικού προγράμματος (σχέση 3.17) που περιορίζεται από τον επόμενο νέο περιορισμό:

$$\sum_{k=1}^m [\sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k)] \leq z^* + \varepsilon \quad (3.19)$$

όπου z^* : η βέλτιστη τιμή του γραμμικού προγράμματος του βήματος 3

ε : ένας πολύ μικρός θετικός αριθμός ή μηδέν

Το τελικό συμπέρασμα που προκύπτει, σύμφωνα με τους Siskos & Yannacopoulos, είναι ότι η UTASTAR δίνει καλύτερα αποτελέσματα από την πρωτότυπη μέθοδο UTA.

Κεφάλαιο 4

4. Προτεινόμενη μεθοδολογία

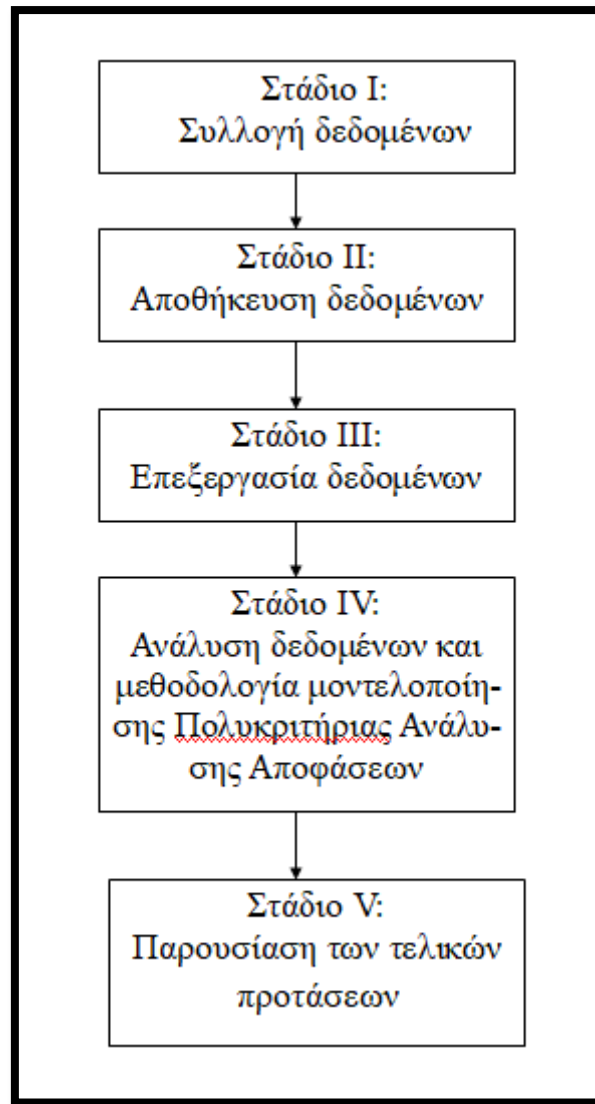
Το Σύστημα Συστάσεων, που πρόκειται να αναλυθεί, έχει ως σκοπό την κατάλληλη πρόταση ακινήτων στο χρήστη, σύμφωνα με τις ανάγκες του και με τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί να περιλαμβάνουν τα ακίνητα.

Πρόκειται για ένα σύστημα συστάσεων πολλαπλών κριτηρίων, το οποίο ενσωματώνει πληροφορίες προτιμήσεων του χρήστη σε πολλαπλά κριτήρια. Το σύστημα δεν αναπτύσσει τεχνικές σύστασης βασισμένες σε τιμές ενός μόνο κριτηρίου. Αντιθέτως, δημιουργεί τεχνικές που λαμβάνουν υπόψη τις τιμές πολλαπλών κριτηρίων. Το σύστημα ουσιαστικά προσπαθεί να προβλέψει μία βαθμολογία για τα ανεξερεύνητα στοιχεία του χρήστη, εκμεταλλευόμενο τις πληροφορίες προτίμησης σε πολλαπλά κριτήρια που επηρεάζουν την συνολική τιμή προτίμησης. Το ακόλουθο σύστημα συστάσεων πολλαπλών κριτηρίων θα προσεγγιστεί ως ένα πρόβλημα πολλαπλών κριτηρίων λήψης αποφάσεων, στο οποίο θα εφαρμοστούν μέθοδοι και τεχνικές από το τομέα της Επιστήμης Αποφάσεων και πιο συγκεκριμένα από την Πολυκριτήρια Ανάλυσης Αποφάσεων (Μοντελοποίηση και μεθοδολογία).

Το Σύστημα Συστάσεων Πολυκριτήριας Ανάλυσης για την αγορά ακινήτων πρόκειται για ένα σύστημα, το οποίο συλλέγει, αποθηκεύει, επεξεργάζεται και αναλύει δεδομένα και στο τέλος παρέχει στον αποφασίζοντα-χρήστη του συστήματος ορισμένες χρήσιμες πληροφορίες. Ουσιαστικά, το συγκεκριμένο σύστημα συστάσεων πρόκειται για ένα πληροφοριακό σύστημα, το οποίο βασίζεται στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή για την επίτευξη του στόχου και λειτουργεί σε διαδικτυακό περιβάλλον.

Η διαδικασία υλοποίησης του Συστήματος Συστάσεων Πολυκριτήριας Ανάλυσης ακολουθεί τα εξής στάδια:

- Στάδιο I : Συλλογή δεδομένων
- Στάδιο II : Αποθήκευση δεδομένων
- Στάδιο III : Επεξεργασία δεδομένων
- Στάδιο IV : Ανάλυση δεδομένων και μεθοδολογία μοντελοποίησης Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων
- Στάδιο V : Παρουσίαση των τελικών προτάσεων



Εικόνα 17: Διαδικασία υλοποίησης Συστήματος Συστάσεων Πολυκριτήριας Ανάλυσης

Στάδιο I : Συλλογή δεδομένων

Στο στάδιο αυτό γίνεται η συλλογή δεδομένων από ειδικές ιστοσελίδες (π.χ. www.tospitimou.gr), οι οποίες περιέχουν αγγελίες ακινήτων. Το στάδιο αυτό συνδέεται περισσότερο με το τεχνικό κομμάτι της διαδικασίας υλοποίησης του συστήματος συστάσεων (Recommendation system). Η συλλογή των δεδομένων από τις ειδικές ιστοσελίδες γίνεται μέσω μίας εφαρμογής. Η εφαρμογή αυτή ονομάζεται **web-crawler**. Το web-crawler ουσιαστικά πρόκειται για έναν «ανιχνευτή» μίας ιστοσελίδας μέσω του οποίου, συλλέγονται πληροφορίες που υπάρχουν σε έναν ιστότοπο ή διαφορετικά σε μία ιστοσελίδα. Σκοπός της λειτουργίας του είναι να συλλέγει αυτόματα αυτά που του έχουμε ορίσει, όπως για παράδειγμα τη διεύθυνση URL της ιστοσελίδας, το περιεχόμενο της ιστοσελίδας και γενικότερα οποιαδήποτε πληροφορία θεωρούμε χρήσιμη, προκειμένου να αποκτήσουμε και να

συλλέξουμε κατάλληλα και ικανοποιητικά δεδομένα για το στόχο που θέλουμε να πετύχουμε. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε σε αυτό το σημείο ότι η εφαρμογή web-crawler δημιουργείται μέσω της γλώσσας προγραμματισμού python.

Στάδιο II : Αποθήκευση δεδομένων

Το στάδιο της αποθήκευσης δεδομένων συνδέεται με το προηγούμενο στάδιο, αυτό της συλλογής. Μέσω της εφαρμογής web-crawler, τα δεδομένα ή διαφορετικά οι πληροφορίες των ακινήτων αποθηκεύονται σε διάφορα αρχεία (για παράδειγμα τύπου json).

Στάδιο III : Επεξεργασία δεδομένων

Το στάδιο της επεξεργασίας δεδομένων συνδέεται στενά με τον έλεγχο της εγκυρότητας των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, στο στάδιο αυτό, ελέγχονται αν οι πληροφορίες του κάθε ακινήτου και γενικότερα των ακινήτων που έχουν αποθηκευτεί είναι ελλιπείς ή όχι. Τα ακίνητα, τα οποία έχουν ελλιπείς πληροφορίες, διαγράφονται από τα αντίστοιχα τα αρχεία στα οποία βρίσκονται. Επομένως, μετά τον καθαρισμό των αρχείων που έχει προηγηθεί, δημιουργείται ένα ενιαίο αρχείο (π.χ. τύπου json) που περιλαμβάνει τις πληροφορίες των «έγκυρων» ακινήτων.

Στάδιο IV : Ανάλυση δεδομένων και μεθοδολογία μοντελοποίησης Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων

Το στάδιο αυτό αποτελεί το σπουδαιότερο κομμάτι της υλοποίησης του συγκεκριμένου συστήματος συστάσεων Πολυκριτήριας Ανάλυσης. Αναλυτικότερα, στο στάδιο αυτό προτείνεται ουσιαστικά ένα μεθοδολογικό πλαίσιο μοντελοποίησης, το οποίο συνάδει με το μεθοδολογικό πλαίσιο μοντελοποίησης Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων που αναπτύχθηκε από τον Bernard Roy (Ενότητα 3.4.3). Η μεθοδολογία μοντελοποίησης Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων του συγκεκριμένου συστήματος συστάσεων αποτελείται από τα εξής τέσσερα διαδοχικά κομμάτια:

1. Το αντικείμενο της απόφασης:

Όπως έχει προαναφερθεί, ο σκοπός του συγκεκριμένου συστήματος συστάσεων είναι η κατάλληλη πρόταση ακινήτων στο χρήστη σύμφωνα με τις ανάγκες του και τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί να περιλαμβάνουν τα

ακίνητα. Ουσιαστικά, η κατάλληλη πρόταση ακινήτων συνεπάγεται με κατάταξη των εναλλακτικών ενεργειών του συνόλου A , δηλαδή των εναλλακτικών επιλογών του συνόλου των ακινήτων, από την καλύτερη προς την χειρότερη. Αυτή του είδους η προσέγγιση του προβλήματος, που το σύστημα συστάσεων καλείται να αντιμετωπίσει, είναι η λεγόμενη **προβληματική τύπου γ**.

2. Η συνεπής οικογένεια κριτηρίων:

Στο κομμάτι αυτό της μεθοδολογίας μοντελοποίησης της ανάλυσης των αποφάσεων, ορίζεται η οικογένεια των κριτηρίων. Αποτελεί το σημαντικότερο μέρος της μεθοδολογίας, διότι μέσω των κριτηρίων θα βαθμολογηθούν και οι εναλλακτικές επιλογές του συνόλου των ακινήτων. Ουσιαστικά, τα κριτήρια θα καθορίσουν τους άξονες προτίμησης του χρήστη του συστήματος.

Σύμφωνα με διάφορες δημοσιεύσεις, έρευνες, άρθρα (τα οποία προσεγγίζουν τον τομέα της αγοράς ακινήτων) διαπιστώθηκε ότι, οι υποψήφιοι αγοραστές ακινήτων συνήθως επιλέγουν να αποκτήσουν ακίνητα λαμβάνοντας υπόψη ορισμένα βασικά κριτήρια. Συνήθως, τα κριτήρια τα οποία έχουν καθοριστικό ρόλο στη απόκτηση του κατάλληλου ακινήτου για τον υποψήφιο αγοραστή, σχετίζονται με την τιμή, το εμβαδόν του ακινήτου, την τοποθεσία που βρίσκεται καθώς και την ηλικία του [5].

Επομένως, η συνεπής οικογένεια κριτηρίων αποτελείται από το κριτήριο της τιμής, του εμβαδού (χωρητικότητας), της τοποθεσίας (π.χ. απόσταση από το κέντρο της πόλης, από τις συγκοινωνίες, τα εμπορικά καταστήματα, σχολεία κ.α.) και της ηλικίας του ακινήτου. Βέβαια, για να πραγματοποιηθεί μία σωστή οριστικοποίηση της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων, θα πρέπει να οριστούν το είδος, η μονοτονία, η διαστάσεις αξιολόγησης του κάθε κριτηρίου.

Πιο συγκεκριμένα:

- Τιμή:

Το κριτήριο Τιμή πρόκειται για **ποσοτικό ή διαφορετικά μετρικό κριτήριο**, το οποίο έχει **φθίνουσα μονοτονία**. Δηλαδή όσο πιο μικρή η τιμή του κριτηρίου, τόσο πιο επιθυμητή.

- **Εμβαδόν:**

Το κριτήριο Εμβαδόν πρόκειται για **ποσοτικό ή διαφορετικά μετρικό κριτήριο**, το οποίο έχει **αύξουσα μονοτονία**. Δηλαδή όσο πιο μεγάλη η τιμή του κριτηρίου, τόσο πιο επιθυμητή.

- **Τοποθεσία:**

Το κριτήριο Τοποθεσία πρόκειται για **ποιοτικό κριτήριο**, το οποίο έχει **φθίνουσα μονοτονία**. Το κριτήριο αυτό παίρνει μόνο ακέραιες τιμές και πιο συγκεκριμένα από το μηδέν μέχρι το πέντε. Εφόσον, το κριτήριο της τοποθεσίας είναι φθίνουσα μονοτονίας, η πιο επιθυμητή τιμή είναι το μηδέν και η λιγότερη επιθυμητή είναι το πέντε.

- **Ηλικία:**

Το κριτήριο Ηλικία πρόκειται για **ποσοτικό κριτήριο**, το οποίο έχει **φθίνουσα μονοτονία**. Όπως είναι λογικό, όσο πιο καινούργιο είναι ένα ακίνητο, τόσο πιο επιθυμητό για τον αγοραστή.

3. Το μοντέλο ολικής προτίμησης:

Το μοντέλο ολικής προτίμησης έχει ως κύρια αρμοδιότητα τη σύνθεση όλων των κριτηρίων, έτσι ώστε να επιτευχθεί σωστή ανάλυση των εναλλακτικών επιλογών ανάλογα με την προβληματική που έχει καθοριστεί. Στο σημείο αυτό ορίζεται η μέθοδος πολυκριτήριας σύνθεσης. Να σημειωθεί ότι, η μέθοδος πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων που θα χρησιμοποιηθεί στο γενικότερο μεθοδολογικό πλαίσιο είναι η **μέθοδος UTASTAR** (ενότητα 3.5.2).

Το σύστημα χρησιμοποιεί τη μέθοδο UTASTAR, έτσι ώστε να κατασκευάσει το προφίλ του χρήστη, δηλαδή με βάση ποιο κριτήριο επιλέγει ο χρήστης το ακίνητο που επιθυμεί να αποκτήσει. Για να πραγματοποιηθεί αυτού του είδους η μεθοδολογία, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα σύνολο εικονικών εναλλακτικών επιλογών, το οποίο ο χρήστης θα πρέπει να το αξιολογήσει, έτσι ώστε να διαμορφωθούν οι ολικές προτιμήσεις του. Προτού δημιουργηθεί το σύνολο των εικονικών εναλλακτικών επιλογών, το σύστημα καλεί τον χρήστη να συμπληρώσει μία φόρμα αναζήτησης ακινήτου. Με τη συμπλήρωση της φόρμας αναζήτησης, θα δημιουργηθεί ένα σύνολο εικονικών εναλλακτικών επιλογών, το οποίο θα είναι πιο κοντά στις προτιμήσεις του χρήστη και το προφίλ που θα προκύψει θα είναι πιο έγκυρο.

Searching Home

Περιοχή	<input style="width: 100%;" type="text" value="Περιοχή"/>	
Κατοικία	<input style="background-color: #f0f0f0; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="Μονοκατοικία"/>	
Τιμή	<input style="width: 50%;" type="text" value="Από (€)"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="Μέχρι (€)"/>
Εμβαδόν (τ.μ)	<input style="width: 50%;" type="text" value="Από (τ.μ)"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="Μέχρι (τ.μ)"/>
Αριθμός δωματίων	<input style="width: 50%;" type="text" value="Από (δωμάτια)"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="Μέχρι (δωμάτια)"/>
Αριθμός μπάνιων	<input style="width: 50%;" type="text" value="Από (μπάνια)"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="Μέχρι (μπάνια)"/>
Ηλικία ακινήτου	<input style="width: 50%;" type="text" value="Από (έτη)"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="Μέχρι (έτη)"/>
Όροφος	<input style="background-color: #f0f0f0; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="Υπόγειο"/>	

Εικόνα 18: Η φόρμα αναζήτησης ακινήτου

Επιπλέον, η συμπλήρωση της φόρμας αναζήτησης από τον χρήστη λειτουργεί σαν φιλτράρισμα των εναλλακτικών επιλογών των ακινήτων, που ενδέχεται να προταθούν στο χρήστη.

Έχοντας πραγματοποιηθεί η συμπλήρωση από τον χρήστη, δημιουργούνται μέσω του συστήματος οι αντίστοιχες εικονικές εναλλακτικές ακινήτων που συνάδουν λίγο-πολύ με τις προτιμήσεις του χρήστη. Οι τιμές των κριτηρίων που παίρνουν οι εικονικές εναλλακτικές επιλογές, προκύπτουν από τα διαστήματα των κριτηρίων, τα οποία προκύπτουν από την μέθοδο UTASTAR. Ο χρήστης με τη σειρά του καλείται να κατατάξει τις εικονικές αυτές επιλογές, από την περισσότερο προτιμητέα προς την λιγότερο. Μετά την επικύρωση της κατάταξης και σε συνδυασμό με τα κριτήρια που έχουν οριστεί στο προηγούμενο μέρος της μεθοδολογίας, προκύπτουν τα βάρη των κριτηρίων και οι ολικές χρησιμότητες των εικονικών εναλλακτικών επιλογών και εν κατακλείδι το προφίλ του χρήστη.

4. Την υποστήριξη της απόφασης:

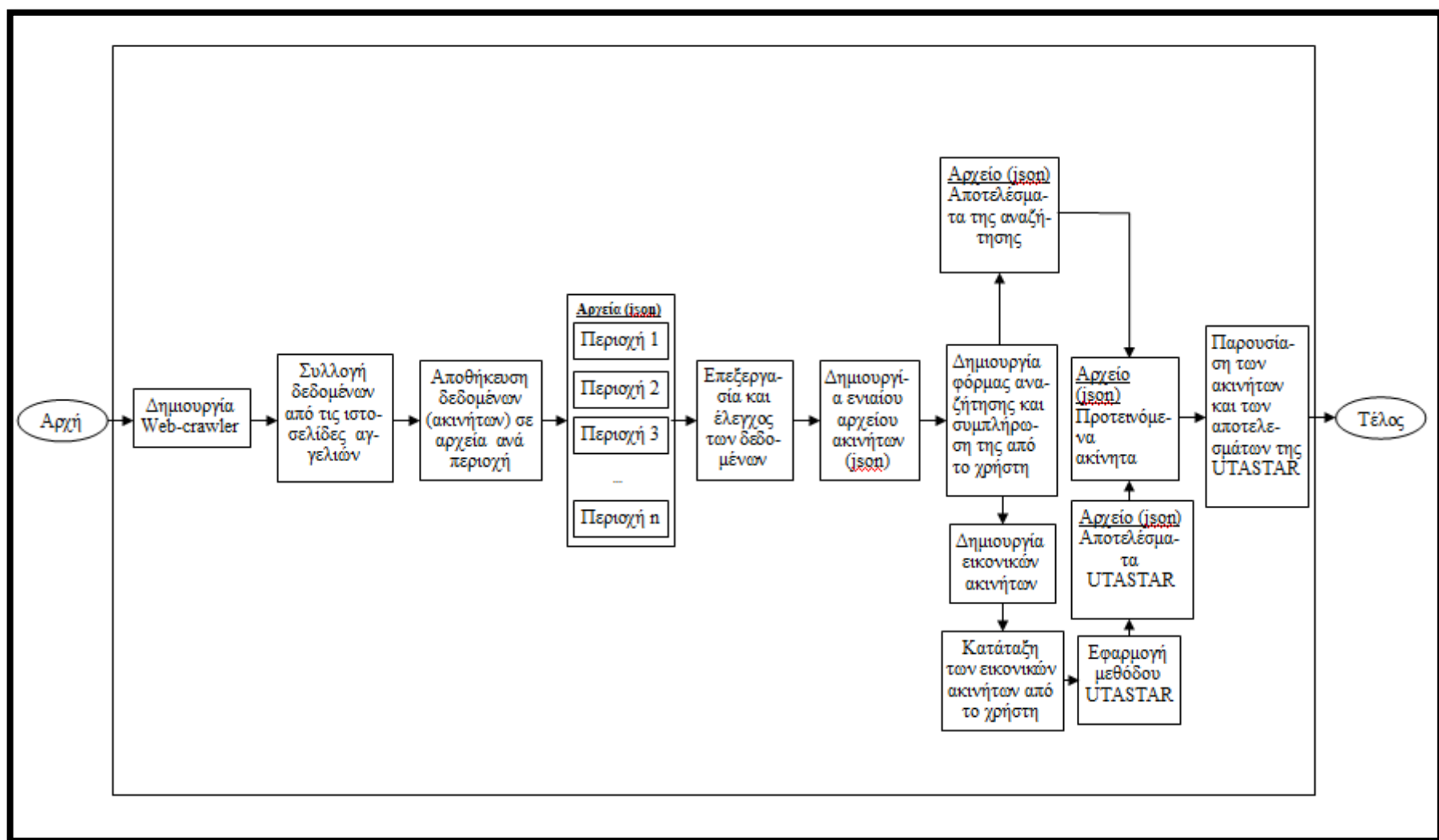
Στο κομμάτι αυτό γίνεται η παρουσίαση των βαρών των κριτηρίων και οι ολικές χρησιμότητες των εικονικών εναλλακτικών επιλογών.

Στάδιο V : Παρουσίαση των τελικών προτάσεων

Το στάδιο αυτό αποτελεί το τελευταίο στη διαδικασία της υλοποίησης του συστήματος συστάσεων πολυκριτήριας ανάλυσης. Από τα αποτελέσματα του προηγούμενου σταδίου και σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της αναζήτησης, που κλήθηκε να συμπληρώσει ο χρήστης, παρουσιάζονται στο χρήστη-αποφασίζοντα τα πέντε καλύτερα ακίνητα με βάση τις ολικές χρησιμότητες τους. Η παρουσίαση των ακινήτων γίνεται κατά φθίνουσα σειρά με πρώτο εκείνο που θα φανεί πιο αρεστό στο χρήστη.

Στην **Εικόνα 19** παρουσιάζεται η διαδικασία υλοποίησης του συστήματος. Το σύστημα συστάσεων ξεκινάει με τη δημιουργία της εφαρμογής συλλογής δεδομένων από το διαδίκτυο, το web-crawler. Μέσω της εφαρμογής του web-crawler, συλλέγονται από ιστοσελίδες πώλησης ακινήτων, δεδομένα ή διαφορετικά πληροφορίες για τα ακίνητα, οι οποίες αποθηκεύονται σε αρχεία, ανάλογα την περιοχή στην οποία βρίσκονται τα ακίνητα. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται επεξεργασία και έλεγχος εγκυρότητας των δεδομένων του κάθε αρχείου. Ως αποτέλεσμα, η δημιουργία ενός ενιαίου αρχείου, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα, όλων των περιοχών.

Το επόμενο σημαντικό κομμάτι της διαδικασίας υλοποίησης του συστήματος είναι η δημιουργία φόρμας αναζήτησης. Με την συμπλήρωση της φόρμας από το χρήστη δημιουργείται ένα αρχείο, το οποίο περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της αναζήτησης, δηλαδή δεδομένα ακινήτων τα οποία συνάδουν με τη συμπληρωμένη φόρμα. Επιπλέον, δημιουργούνται εικονικά ακίνητα, τα οποία στη συνέχεια ο χρήστης καλείται να τα κατατάξει με σειρά προτίμησης. Με την επικύρωση της κατάταξης, εφαρμόζεται από το σύστημα η μέθοδος UTASTAR. Τα αποτελέσματα της μεθόδου αποθηκεύονται σε ένα αρχείο. Το αρχείο αυτό και το αρχείο των αποτελεσμάτων της αναζήτησης λειτουργούν σαν είσοδοι στο σύστημα, έτσι ώστε το σύστημα με τη σειρά του να δημιουργήσει ένα αρχείο ως έξοδο, το οποίο θα περιλαμβάνει τα κατάλληλα ακίνητα για το χρήστη. Το τέλος της διαδικασίας υλοποίησης πραγματοποιείται με την παρουσίαση των προτεινόμενων ακινήτων και των αποτελεσμάτων της μεθόδου UTASTAR στο χρήστη.

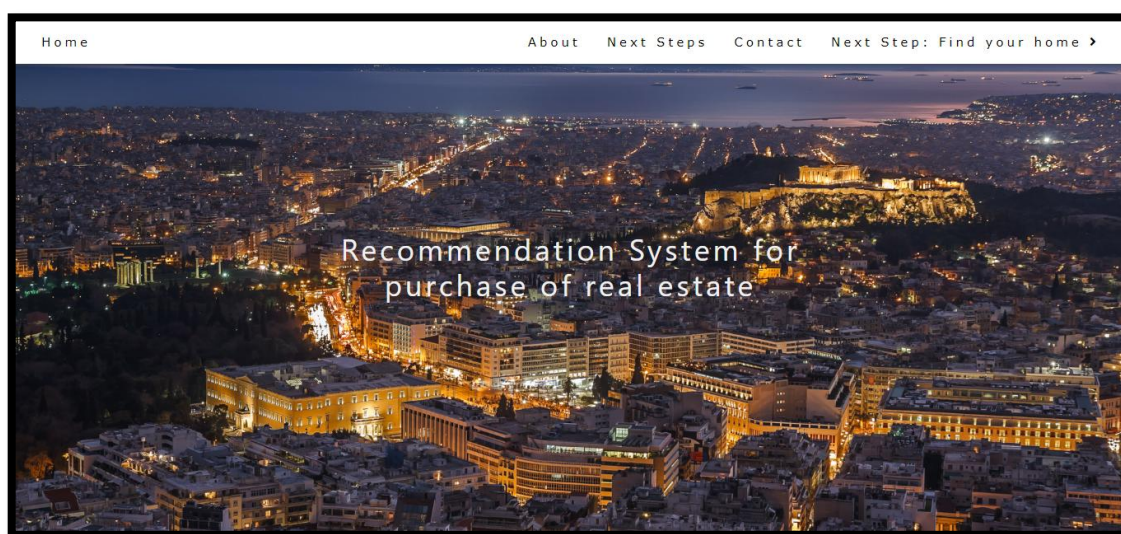


Εικόνα 19: Απεικόνιση διαδικασίας υλοποίησης του συστήματος

Κεφάλαιο 5

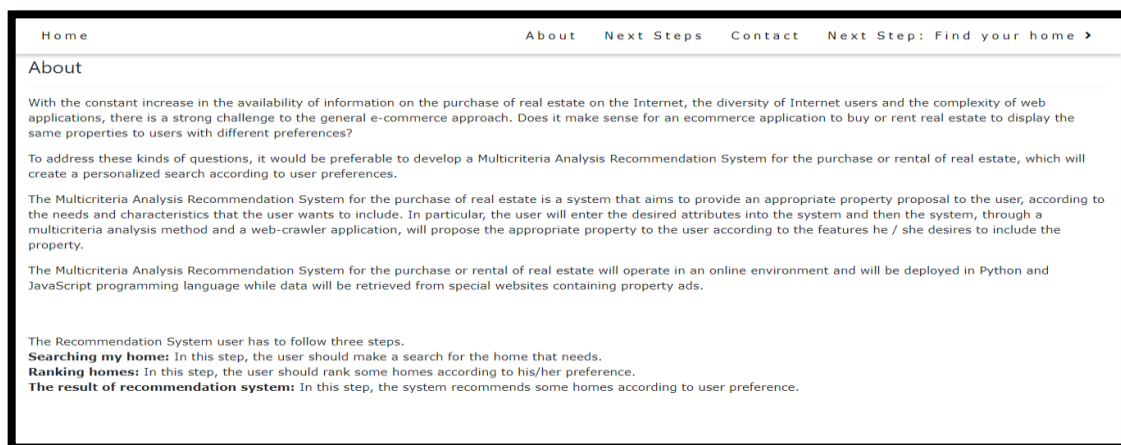
5. Παρουσίαση του Συστήματος Συστάσεων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το Σύστημα Συστάσεων Πολυκριτήριας Ανάλυσης στη διαδικτυακή μορφή στην οποία έχει αναπτυχθεί. Η πρώτη εικόνα που θα αντικρίσει ο χρήστης επισκεπτόμενος την ιστοσελίδα του συστήματος, παρουσιάζεται παρακάτω.

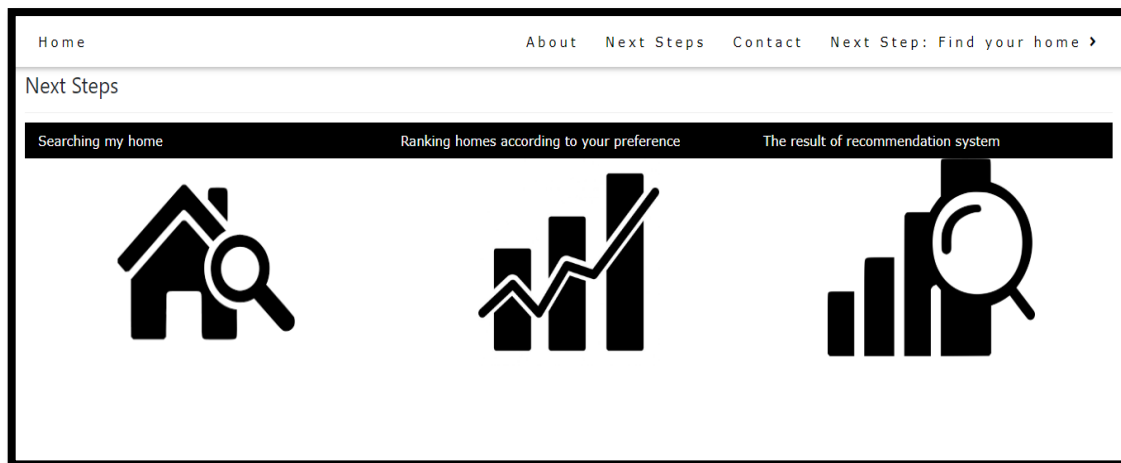


Εικόνα 20: Αρχική σελίδα της διαδικτυακής μορφής του συστήματος

Σε αυτό το σημείο, ο χρήστης θα μπορεί να ενημερωθεί σχετικά με το σύστημα και τα βήματα της διαδικασίας που πρόκειται να πραγματοποιηθούν, ακολουθώντας τις αντίστοιχες επιλογές στο άνω τμήμα της ιστοσελίδας.



Εικόνα 21: Περιγραφή του συστήματος

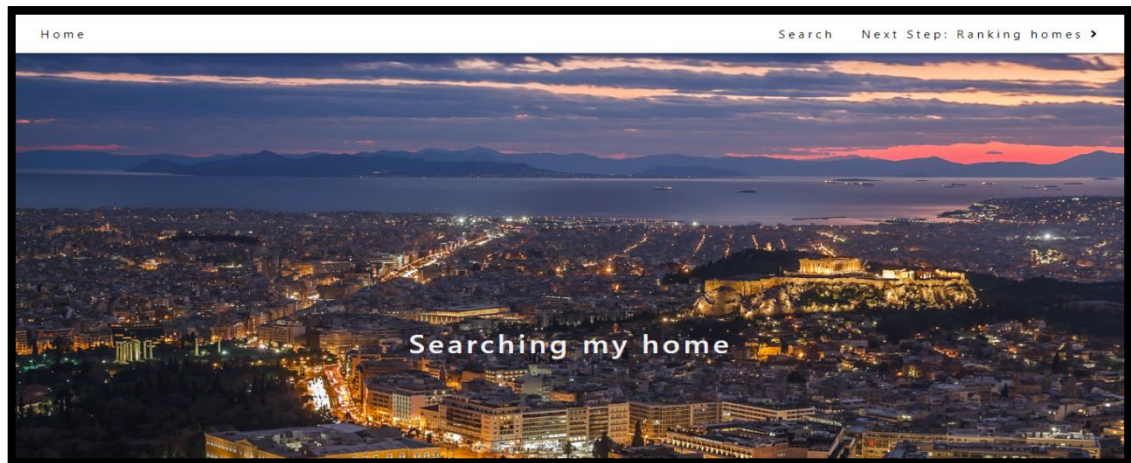


Εικόνα 22: Τα βήματα της διαδικασίας

The contact form is titled 'Contact' and includes the text 'Lets get in touch and talk about your new home.' Below this text are four input fields: Name, Email, Subject, and Comment. At the bottom of the form is a button labeled 'SEND MESSAGE' with a paper plane icon.

Εικόνα 23: Φόρμα επικοινωνίας

Ο χρήστης, έχοντας αποκτήσει μία πρώτη εικόνα για το σύστημα, μπορεί να περάσει στο επόμενο βήμα της διαδικασίας. Το βήμα αυτό αφορά την αναζήτηση του ακινήτου που επιθυμεί να αποκτήσει. Επομένως, ο χρήστης επιλέγοντας την μπάρα **“Next Step: Find your home”**, μεταφέρεται στην επόμενη σελίδα, η οποία αποτελείται από τη φόρμα αναζήτησης του ακινήτου. Έχοντας ενεργήσει με βάση τα παραπάνω, τότε πρόκειται να αντικρίσει την **Εικόνα 24**.



Εικόνα 24: Εισαγωγή στο κομμάτι της αναζήτησης

Ο χρήστης, επιλέγοντας την μπάρα “Search”, εμφανίζεται η Εικόνα 25.

Searching Home

Περιοχή	<input type="text" value="Μονοκατοικία"/>	
Κατοικία	<input type="text" value="Μονοκατοικία"/>	
Τιμή	<input type="text" value="Από (€)"/>	<input type="text" value="Μέχρι (€)"/>
Εμβαδόν (τ.μ)	<input type="text" value="Από (τ.μ)"/>	<input type="text" value="Μέχρι (τ.μ)"/>
Αριθμός δωματίων	<input type="text" value="Από (δωμάτια)"/>	<input type="text" value="Μέχρι (δωμάτια)"/>
Αριθμός μπάνιων	<input type="text" value="Από (μπάνια)"/>	<input type="text" value="Μέχρι (μπάνια)"/>
Ηλικία ακινήτου	<input type="text" value="Από (έτη)"/>	<input type="text" value="Μέχρι (έτη)"/>
Όροφος	<input type="text" value="Υπόγειο"/>	

Εικόνα 25: Φόρμα αναζήτησης ακινήτου

Στο σημείο αυτό, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να συμπληρώσει την φόρμα και να διαπιστώσει αν προκύψουν αποτελέσματα μέσω της εμφάνισης ενός συγκεκριμένου μηνύματος.

Searching Home

Περιοχή	<input type="text" value="Ηράκλειο"/>	
Κατοικία	<input type="text" value="Διαμέρισμα"/>	
Τιμή	<input type="text" value="100000"/>	<input type="text" value="150000"/>
Εμβαδόν (τ.μ)	<input type="text" value="80"/>	<input type="text" value="120"/>
Αριθμός δωματίων	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="3"/>
Αριθμός μπάνιων	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>
Ηλικία ακινήτου	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="30"/>
Όροφος	<input type="text" value="1ος"/>	

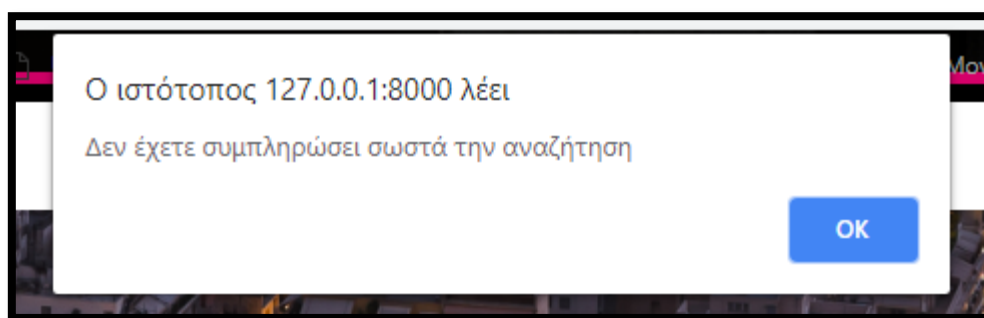
Εικόνα 26: Συμπληρωμένη φόρμα αναζήτησης

Βρέθηκαν 14 αποτελέσματα

Εικόνα 27: Αποτέλεσμα της αναζήτησης

Μετά την επικύρωση της αναζήτησης από το χρήστη, υπάρχουν δύο ενδεχόμενα.

- Το πρώτο αφορά την περίπτωση εκείνη όπου το σύστημα βρίσκει αποτελέσματα αναζήτησης και εμφανίζει ένα μήνυμα, το οποίο αναφέρει τον αριθμό των αποτελεσμάτων ή διαφορετικά τον αριθμό των ακινήτων που συνάδουν με τη φόρμα αναζήτησης, όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 27**. Επιπλέον, δημιουργείται το αρχείο, το οποίο περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της αναζήτησης.
- Το δεύτερο ενδεχόμενο συνδέεται με την περίπτωση εκείνη όπου το σύστημα δεν βρίσκει αποτελέσματα και καλεί το χρήστη να επαναλάβει την συμπλήρωση της φόρμας μέσω της εμφάνισης του αντίστοιχου μηνύματος, όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 28**, με αποτέλεσμα να μην επιτρέπεται στο χρήστη να μεταβεί στο επόμενο βήμα της διαδικασίας.



Εικόνα 28: Ειδοποίηση στην περίπτωση μη εύρεσης αποτελεσμάτων

Μετά τη συμπλήρωση και την επικύρωση της φόρμας, δημιουργούνται οι εικονικές εναλλακτικές ακινήτων και καθορίζονται οι τιμές και τα χαρακτηριστικά των κριτηρίων. Όμως, στο χρήστη εμφανίζονται μόνο οι εικονικές εναλλακτικές επιλογές. Ενώ στο σύστημα αποθηκεύονται οι τιμές, τα χαρακτηριστικά των κριτηρίων καθώς και οι εικονικές εναλλακτικές επιλογές, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 29** και στην **Εικόνα 30**.

```
['Houses', 'Price', 'Lot', 'Location', 'Age']  
['A', 210000.0, 168.0, 5.0, 0.0]  
['B', 80000.0, 64.0, 0.0, 50.0]  
['C', 158000.0, 106.0, 2.0, 30.0]  
['D', 184000.0, 147.0, 4.0, 10.0]  
['E', 106000.0, 85.0, 1.0, 40.0]  
['F', 132000.0, 126.0, 3.0, 20.0]
```

Εικόνα 29: Οι εικονικές εναλλακτικές επιλογές ακινήτων


```

Η λίστα των κριτηρίων αξιολόγησης:
['Τιμή', 'Ποσοτική', '6', '210000.0', '80000.0', 'Φθίνουσα', '']
['Εμβαδόν', 'Ποσοτική', '6', '64.0', '168.0', 'Αύξουσα', '']
['Τοποθεσία', 'Ποιοτική', '6', '5', '0', 'Φθίνουσα']
['Ηλικία', 'Ποσοτική', '6', '50', '0', 'Φθίνουσα']

```

Τα διαστήματα τιμών των κριτηρίων είναι:

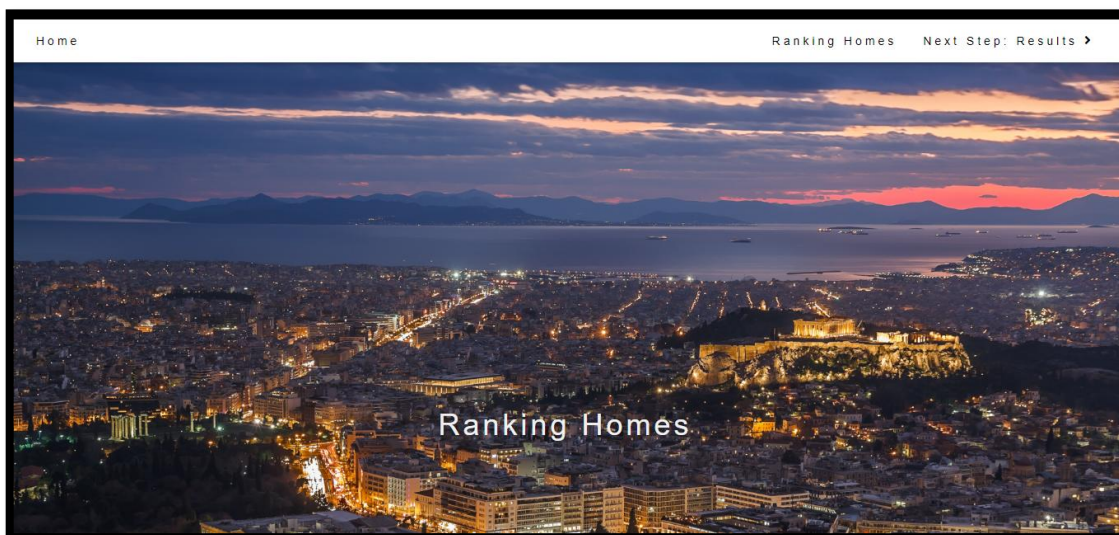
```

[210000.0, 184000.0, 158000.0, 132000.0, 106000.0, 80000.0]
[64.0, 84.8, 105.6, 126.4, 147.2, 168.0]
[5.0, 4.0, 3.0, 2.0, 1.0, 0.0]
[50.0, 40.0, 30.0, 20.0, 10.0, 0.0]

```

Εικόνα 30: Τα στοιχεία που αφορούν τα κριτήρια

Ο χρήστης, έχοντας συμπληρώσει έγκυρα τη φόρμα αναζήτησης, έχει την δυνατότητα να περάσει στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας, επιλέγοντας την μπάρα **“Next Step: Ranking homes”**. Με την επιλογή αυτή, μεταφέρεται στην επόμενη σελίδα, στην οποία θα κληθεί να κατατάξει με σειρά προτίμησης τις εναλλακτικές επιλογές των ακινήτων που θα του παρουσιαστούν, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 31** και στην **Εικόνα 32**.



Εικόνα 31: Εισαγωγή στο στάδιο της κατάταξης των ακινήτων

Ο χρήστης, επιλέγοντας την μπάρα **“Ranking Homes”**, εμφανίζεται η **Εικόνα 32**.

Home
Ranking Homes
Next Step: Results >

Ranking Homes

Πίνακας εναλλακτικών επιλογών για αγορά ακινήτου

Εναλλακτικές 🏠	Τιμή €	Εμβαδόν	Τοποθεσία 📍 ⓘ	Ηλικία	Προτίμηση ⬆️ ⓘ
A	210000.0	168.0	5.0	0.0	<input type="text"/>
B	80000.0	64.0	0.0	50.0	<input type="text"/>
C	158000.0	106.0	2.0	30.0	<input type="text"/>
D	184000.0	147.0	4.0	10.0	<input type="text"/>
E	106000.0	85.0	1.0	40.0	<input type="text"/>
F	132000.0	126.0	3.0	20.0	<input type="text"/>

Επιβεβαίωση
Καθαρισμός

Εικόνα 32: Η φόρμα κατάταξης των εικονικών εναλλακτικών επιλογών

Στο σημείο αυτό, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τη φόρμα κατάταξης. Η συμπληρωμένη φόρμα λειτουργεί ως ένα αρχείο εισόδου, το οποίο χρησιμοποιεί η μέθοδος UTASTAR έτσι ώστε να δημιουργηθούν τα κατάλληλα αποτελέσματα.

Home
Ranking Homes
Next Step: Results >

Ranking Homes

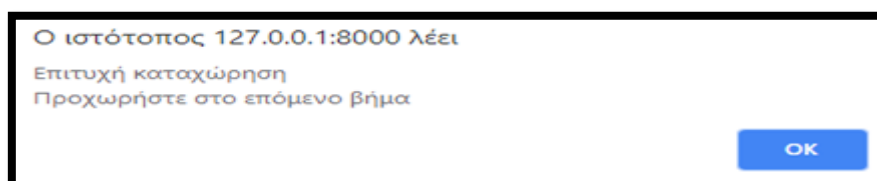
Πίνακας εναλλακτικών επιλογών για αγορά ακινήτου

Εναλλακτικές 🏠	Τιμή €	Εμβαδόν	Τοποθεσία 📍 ⓘ	Ηλικία	Προτίμηση ⬆️ ⓘ
A	210000.0	168.0	5.0	0.0	<input type="text" value="6"/>
B	80000.0	64.0	0.0	50.0	<input type="text" value="1"/>
C	158000.0	106.0	2.0	30.0	<input type="text" value="3"/>
D	184000.0	147.0	4.0	10.0	<input type="text" value="5"/>
E	106000.0	85.0	1.0	40.0	<input type="text" value="2"/>
F	132000.0	126.0	3.0	20.0	<input type="text" value="4"/>

Επιβεβαίωση
Καθαρισμός

Εικόνα 33: Συμπληρωμένη φόρμα κατάταξης

Ο χρήστης, επιλέγοντας την μπάρα “Επιβεβαίωση”, εμφανίζεται ένα μήνυμα, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 34**.



Εικόνα 34: Ειδοποίηση μετά την επικύρωση της φόρμας κατάταξης

Μετά την επικύρωση της φόρμας κατάταξης, στην κονσόλα του συστήματος, η οποία δεν εμφανίζεται στον χρήστη, παρουσιάζονται δεδομένα ή διαφορετικά στοιχεία που συνδέονται την μέθοδο UTASTAR.

Αποτελέσματα της μεθόδου UTASTAR

```
Ο αριθμός των κριτηρίων: 4
Ονόματα κριτηρίων:
Τιμή
Εμβαδόν
Τοποθεσία
Ηλικία
Η λίστα των ονομάτων των κριτηρίων είναι: ['Τιμή', 'Εμβαδόν', 'Τοποθεσία', 'Ηλικία']
Ο τύπος του κάθε κριτηρίου:
Ο τύπος του κριτηρίου Τιμή είναι: Ποσοτική
Ο τύπος του κριτηρίου Εμβαδόν είναι: Ποσοτική
Ο τύπος του κριτηρίου Τοποθεσία είναι: Ποιοτική
Ο τύπος του κριτηρίου Ηλικία είναι: Ποσοτική
Η μονοτονία του κάθε κριτηρίου:
Ο τύπος του κριτηρίου Τιμή είναι: Φθίνουσα
Ο τύπος του κριτηρίου Εμβαδόν είναι: Αύξουσα
Ο τύπος του κριτηρίου Τοποθεσία είναι: Φθίνουσα
Ο τύπος του κριτηρίου Ηλικία είναι: Φθίνουσα
Τα διαστήματα τιμών των κριτηρίων είναι:
[210000.0, 184000.0, 158000.0, 132000.0, 106000.0, 80000.0]
[64.0, 84.8, 105.6, 126.4, 147.2, 168.0]
[5.0, 4.0, 3.0, 2.0, 1.0, 0.0]
[50.0, 40.0, 30.0, 20.0, 10.0, 0.0]
Το διάστημα τιμών του κριτηρίου Τιμή είναι: [210000.0, 184000.0, 158000.0, 132000.0, 106000.0, 80000.0]
Το διάστημα τιμών του κριτηρίου Εμβαδόν είναι: [64.0, 84.8, 105.6, 126.4, 147.2, 168.0]
Το διάστημα τιμών του κριτηρίου Τοποθεσία είναι: [5.0, 4.0, 3.0, 2.0, 1.0, 0.0]
Το διάστημα τιμών του κριτηρίου Ηλικία είναι: [50.0, 40.0, 30.0, 20.0, 10.0, 0.0]
Η χειρότερη τιμή του κριτηρίου Τιμή είναι: 210000.0
Η καλύτερη τιμή του κριτηρίου Τιμή είναι: 80000.0
Η χειρότερη τιμή του κριτηρίου Εμβαδόν είναι: 64.0
Η καλύτερη τιμή του κριτηρίου Εμβαδόν είναι: 168.0
Η χειρότερη τιμή του κριτηρίου Τοποθεσία είναι: 5.0
Η καλύτερη τιμή του κριτηρίου Τοποθεσία είναι: 0.0
Η χειρότερη τιμή του κριτηρίου Ηλικία είναι: 50.0
Η καλύτερη τιμή του κριτηρίου Ηλικία είναι: 0.0
```

Εικόνα 35: Πληροφορίες που σχετίζονται με τα κριτήρια της μεθόδου

```
Η λίστα του πίνακα αξιολόγησης:
['B', '80000.0', '64.0', '0.0', '50.0', '1']
['E', '106000.0', '85.0', '1.0', '40.0', '2']
['C', '158000.0', '106.0', '2.0', '30.0', '3']
['F', '132000.0', '126.0', '3.0', '20.0', '4']
['D', '184000.0', '147.0', '4.0', '10.0', '5']
['A', '210000.0', '168.0', '5.0', '0.0', '6']
Αριθμός εναλλακτικών: 6
Ονόματα εναλλακτικών:
B
E
C
F
D
A
```

Εικόνα 26: Η φόρμα κατάταξης με σειρά προτίμησης

Για την περίπτωση της βελτιστοποίησης της μεθόδου UTASTAR, τα αποτελέσματα εμφανίζονται παρακάτω:

[illegible]

Εικόνα 37: Παρουσίαση του πίνακα χρησιμότητων, του πίνακα αξιών συναρτήσεων των βαρών και ο πίνακας των σφαλμάτων

```

Οι συντελεστές των περιορισμών των ανισοτήτων:
[0, 0, 0, 0, -1, 1.0, 0.0096, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 1, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
[0, 0, -1, -1, 0, -0.0, 0.9904, 0.0192, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 1, -1, 0, 0, 0, 0, 0]
[0, 0, 1, 0, 0, -0.0, -0.0, 0.9616, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 1, -1, 0, 0, 0, 0, 0]
[0, -1, -1, 0, 0, -0.0, -0.0, 0.019100000000000005, 0.9904, 0, 0, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 1, -1, 0, 0]
[-1, 0, 0, 0, 0, -0.0, -0.0, -0.0096000000000000053, 1, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 1, -1]

Οι συντελεστές των περιορισμών των ισότητων:
[1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]

Το δεξί μέλος των περιορισμών των ανισοτήτων είναι:
-0.05
-0.05
-0.05
-0.05
-0.05

Το δεξί μέλος των περιορισμών των ισότητων είναι:
1

Οι συντελεστές της αντικειμενικής συνάρτησης είναι:
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]

Μια βέλτιστη λύση του γραμμικού προβλήματος με την μέθοδο simplex είναι:
w11    w12    w13    w14    w15    w21    w22    w23    w24    w25    w31    w32    w33    w34    w35    w41    w42    w43    w44    w45
0.05   0.05   0     0.425 0.375 0     0     0     0     0     0     0     0.05  0     0     0     0     0     0

```

Εικόνα 38: Παρουσίαση μίας βέλτιστης λύσης του γραμμικού προβλήματος

Για την περίπτωση της μεταβελτιστοποίησης της μεθόδου UTASTAR, τα αποτελέσματα εμφανίζονται παρακάτω:

```

Στην περίπτωση της μεταβελτιστοποίησης:

Οι συντελεστές των περιορισμών των ανισοτήτων:
[0, 0, 0, 0, -1, 1.0, 0.0096, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 1, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
[0, 0, -1, -1, 0, -0.0, 0.9904, 0.0192, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 1, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
[0, 0, 1, 0, 0, -0.0, -0.0, 0.9616, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 1, -1, 0, 0, 0, 0]
[0, -1, -1, 0, 0, -0.0, -0.0, 0.019199999999999995, 0.9904, 0, 0, 0, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 1, -1, 0, 0]
[-1, 0, 0, 0, 0, -0.0, -0.0, -0.0, 0.009600000000000053, 1, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 1, 1, -1]
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]

Οι συντελεστές των περιορισμών των ισοτήτων:
[1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]

Το δεξί μέλος των περιορισμών των ανισοτήτων είναι:
-0.05
-0.05
-0.05
-0.05
-0.05
0.0001

Το δεξί μέλος των περιορισμών των ισοτήτων είναι:
1

Ο αρχικός πίνακας με τις αντικειμενικές συναρτήσεις για κάθε κριτήριο:
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]

Ο πίνακας με τις αντικειμενικές συναρτήσεις για κάθε κριτήριο:
[-1, -1, -1, -1, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
[0, 0, 0, 0, 0, -1, -1, -1, -1, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1, -1, -1, -1, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1, -1, -1, -1, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]

```

Εικόνα 39: Παρουσίαση της αντικειμενικής συνάρτησης για κάθε κριτήριο της μεθόδου

```

Μια βέλτιστη λύση του γραμμικού προβλήματος με την μέθοδο simplex για το κριτήριο Τιμή είναι:
Optimization terminated successfully.
Current function value: -0.950100
Iterations: 8

w11    w12    w13    w14    w15    w21    w22    w23    w24    w25    w31    w32    w33    w34    w35    w41    w42    w43    w44    w45
0.05    0.05    0      0.0501  0.8      0      0      0      0      0      0      0      0.0499  0      0      0      0      0      0

Με τιμή αντικειμενικής συνάρτησης: 0.9501
#####

Μια βέλτιστη λύση του γραμμικού προβλήματος με την μέθοδο simplex για το κριτήριο Εμβαδόν είναι:
Optimization terminated successfully.
Current function value: -0.375050
Iterations: 7

w11    w12    w13    w14    w15    w21    w22    w23    w24    w25    w31    w32    w33    w34    w35    w41    w42    w43    w44    w45
0.05    0.05    0      0.05    0.4249  0.375    0      0      0      0      0      0      0.05    0      0      0      0      0      0

Με τιμή αντικειμενικής συνάρτησης: 0.37505
#####

Μια βέλτιστη λύση του γραμμικού προβλήματος με την μέθοδο simplex για το κριτήριο Τοποθεσία είναι:
Optimization terminated successfully.
Current function value: -1.000000
Iterations: 14

w11    w12    w13    w14    w15    w21    w22    w23    w24    w25    w31    w32    w33    w34    w35    w41    w42    w43    w44    w45
0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0.05    0.05    0.05    0.05    0.8      0      0      0      0      0

Με τιμή αντικειμενικής συνάρτησης: 1.0
#####

Μια βέλτιστη λύση του γραμμικού προβλήματος με την μέθοδο simplex για το κριτήριο Ηλικία είναι:
Optimization terminated successfully.
Current function value: -0.375050
Iterations: 8

w11    w12    w13    w14    w15    w21    w22    w23    w24    w25    w31    w32    w33    w34    w35    w41    w42    w43    w44    w45
0.05    0.05    0      0.05    0.4249  0      0      0      0      0      0      0      0.05    0      0      0.375    0      0      0      0

Με τιμή αντικειμενικής συνάρτησης: 0.37505

```

Εικόνα 40: Παρουσίαση της βέλτιστης λύσης του γραμμικού προβλήματος για κάθε κριτήριο

```

Τα τελικά αποτελέσματα των w είναι:
w11    w12    w13    w14    w15    w21    w22    w23    w24    w25    w31    w32    w33    w34    w35    w41    w42    w43    w44    w45
0.0375  0.0375  0      0.0375  0.4125  0.0938  0      0      0      0      0.0125  0.0125  0.05    0.0125  0.2      0.0938  0      0      0      0

Οι τελικές μερικές χρησιμότητες:
u1(210000)u1(184000)u1(158000)u1(132000)u1(106000)u1(80000)u2(64)    u2(84.8)u2(105.6)u2(126.4)u2(147.2)u2(168)    u3(5)    u3(4)    u3(3)    u3(2)    u3(1)    u3(0)    u4(50)    u4(40)    u4(30)    u4(20)    u4(10)
u4(0)
0      0.0375  0.075  0.075  0.1125  0.525  0      0.0938  0.0938  0.0938  0.0938  0.0938  0      0.0125  0.025  0.075  0.0875  0.2875  0      0.0938  0.0938  0.0938  0.0938  0.0938

```

Εικόνα 41: Τα τελικά αποτελέσματα των w και των μερικών χρησιμότητων

```

Ο πίνακας με τις ολικές χρησιμότητες του κάθε ακινήτου:
B      E      C      F      D      A
0.8125 0.3875 0.3375 0.2875 0.2375 0.1875

Οι μέγιστες μερικές χρησιμότητες για το αντίστοιχο κριτήριο:
Τιμή      Εμβαδόν Τοποθεσία Ηλικία
0.525      0.0938 0.2875 0.0938

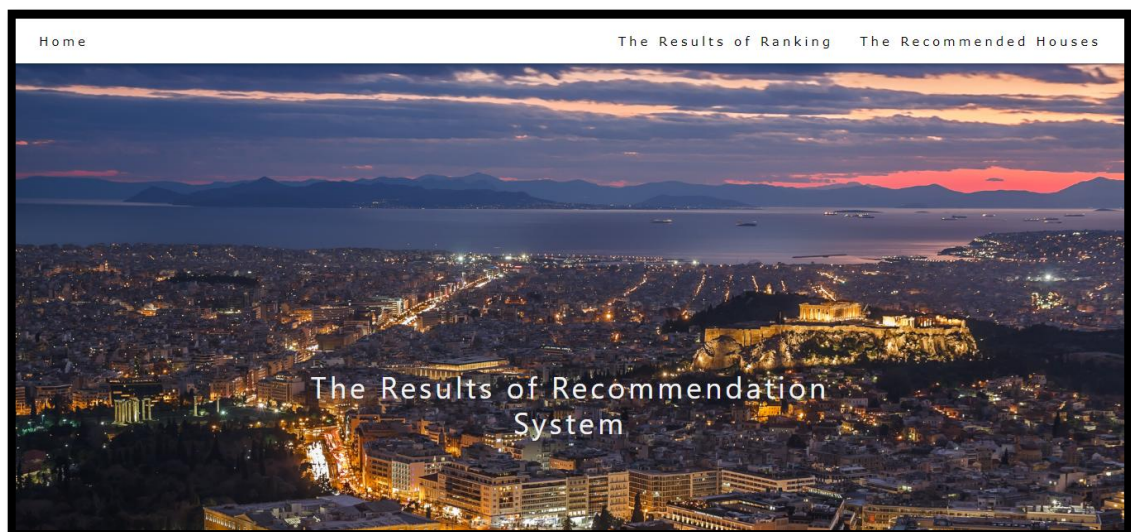
Kendall = 1.0

```

Εικόνα 42: Παρουσίαση των ολικών χρησιμοτήτων του κάθε εικονικού ακινήτου, των μέγιστων χρησιμοτήτων του κάθε κριτηρίου και του συντελεστή συσχέτισης τ του Kendall

Σε αυτό το σημείο να επισημάνουμε ότι όταν συντελεστής συσχέτισης τ του Kendall είναι ένα σημαίνει ότι η κατάταξη των ακινήτων έγινε με ορθολογικό τρόπο.

Ο χρήστης, για μεταβεί στο επόμενο στάδιο του συστήματος, θα πρέπει να επιλέξει την μπάρα **“Next Step: Results”**. Με την επιλογή αυτή θα αντικρίσει την παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 43: Εισαγωγή στο στάδιο της παρουσίασης των αποτελεσμάτων του συστήματος

Σε αυτό το σημείο, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δει τις πληροφορίες που αφορούν τα προτεινόμενα ακίνητα και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την συμπληρωμένη φόρμας κατάταξης των εικονικών ακινήτων.

Επιλέγοντας την μπάρα **“The Recommended Houses”**, εμφανίζονται πληροφορίες για τα προτεινόμενα ακίνητα, των οποίων τα χαρακτηριστικά τους συνάδουν με τη συμπληρωμένη φόρμα αναζήτησης του χρήστη. Να σημειωθεί ότι, τα προτεινόμενα ακίνητα είναι αυτά με την μεγαλύτερη βαθμολογία από τα συνολικά ακίνητα της αναζήτησης. Ουσιαστικά, αυτό που παρουσιάζεται στο χρήστη, είναι ένα αρχείο το

οποίο έχει προκύψει από το συνδυασμό των αποτελεσμάτων της αναζήτησης και των αποτελεσμάτων της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε.

The Recommended Houses			
ID	221	ID	673
Website ακινήτου	https://www.tosptimou.gr/polisi-diamerisma-Agia-Triada-Hrakleio/agelia/6399961	Website ακινήτου	https://www.tosptimou.gr/polisi-diamerisma-Palaio-Hrakleio-Hrakleio/agelia/6703192
Τίτλος κατοικίας	Διαμέρισμα προς πώληση Αγία Τριάδα (Ηράκλειο)	Τίτλος κατοικίας	Διαμέρισμα προς πώληση Παλαιό Ηράκλειο (Ηράκλειο)
Κατοικία	Διαμέρισμα	Κατοικία	Διαμέρισμα
Τιμή	100000	Τιμή	150000
Εμβαδόν (τ.μ.)	85	Εμβαδόν (τ.μ.)	85
Διαμέτωπο	2	Διαμέτωπο	2
Όροφος	1	Όροφος	1
Πάρκινγκ	parking	Πάρκινγκ	parking
Τιμή ανά τ.μ.	€ 1.176	Τιμή ανά τ.μ.	€ 1.765
Περιοχή	Ηράκλειο	Περιοχή	Ηράκλειο
Ζώνη	Οικιστική ζώνη	Ζώνη	Οικιστική ζώνη
Έτος κατασκευής	1989	Έτος κατασκευής	2000
Σύστημα θέρμανσης	Κεντρική θέρμανση (Φυσικό αέριο)	Σύστημα θέρμανσης	Αυτόνομη θέρμανση (Πετρέλαιο)
Επίπεδο	1	Επίπεδο	1
Κουζίνες	1	Κουζίνες	1
Σαλόνια	1	Σαλόνια	1
Μπάνια	1	Μπάνια	1
Κατάσταση	Ανοικοनिσμένο, Επιπλωμένο	WC	1
Συντελεστής διαρύθμισης	28.333333333333332	Συντελεστής διαρύθμισης	28.333333333333332
Τοποθεσία	0	Τοποθεσία	0
Ηλικία	29	Ηλικία	18
Γεωγραφικό πλάτος	38.044193	Γεωγραφικό πλάτος	Κενό
Γεωγραφικό μήκος	23.76515	Γεωγραφικό μήκος	Κενό

Εικόνα 43: Παρουσίαση των χαρακτηριστικών του πρώτου και του δεύτερου ακινήτου (αριστερά προς τα δεξιά)

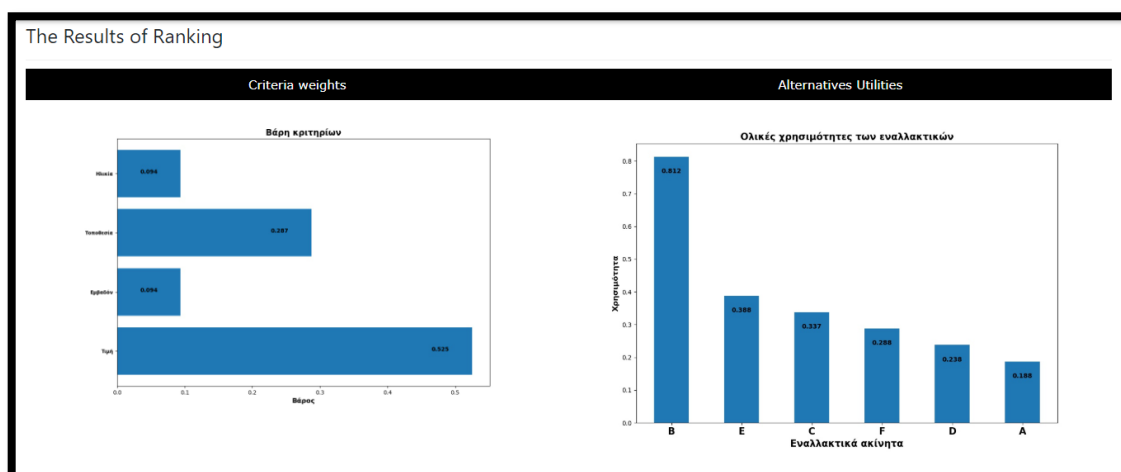
ID	112	ID	543
Website ακινήτου	https://www.tosptimou.gr/polisi-diamerisma-Ileo-Hrakleio-Hrakleio/agelia/6267026	Website ακινήτου	https://www.tosptimou.gr/polisi-diamerisma-Hrakleio-Athina-Boreia-Proastia/agelia/7285791
Τίτλος κατοικίας	Διαμέρισμα προς πώληση Νέο Ηράκλειο (Ηράκλειο)	Τίτλος κατοικίας	Διαμέρισμα προς πώληση Ηράκλειο
Κατοικία	Διαμέρισμα	Κατοικία	Διαμέρισμα
Τιμή	140000	Τιμή	100000
Εμβαδόν (τ.μ.)	82	Εμβαδόν (τ.μ.)	100
Διαμέτωπο	2	Διαμέτωπο	2
Όροφος	1	Όροφος	1
Πάρκινγκ	parking	Τιμή ανά τ.μ.	€ 1.000
Τιμή ανά τ.μ.	€ 1.707	Περιοχή	Ηράκλειο
Περιοχή	Ηράκλειο	Έτος κατασκευής	2008
Έτος κατασκευής	2009	Σύστημα θέρμανσης	Αυτόνομη θέρμανση
Σύστημα θέρμανσης	Αυτόνομη θέρμανση (Πετρέλαιο)	Επίπεδο	1
Επίπεδο	1	Μπάνια	1
Κουζίνες	1	WC	1
Σαλόνια	1	Κατάσταση	Ημιτελής
Μπάνια	1	Συντελεστής διαρύθμισης	33.333333333333336
Συντελεστής διαρύθμισης	27.333333333333332	Τοποθεσία	3
Τοποθεσία	0	Ηλικία	10
Ηλικία	9	Γεωγραφικό πλάτος	Κενό
Γεωγραφικό πλάτος	38.052811	Γεωγραφικό μήκος	Κενό
Γεωγραφικό μήκος	23.773542		

Εικόνα 44: Παρουσίαση των χαρακτηριστικών του πρώτου και του δεύτερου ακινήτου (αριστερά προς τα δεξιά)

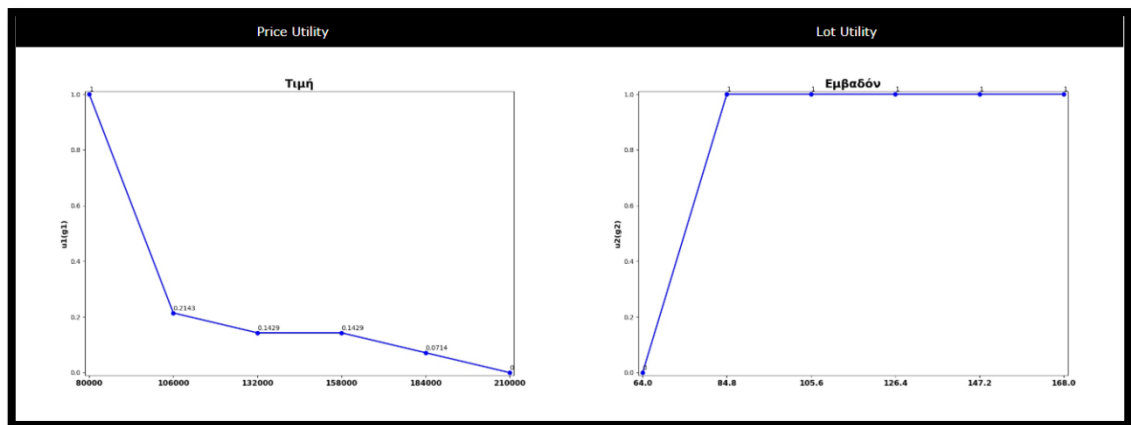
ID	328
Website ακινήτου	https://www.tospitimou.gr/polisi-diamerisma-Hrakleio-Athina-Boreia-Proastia/agelia/6403055
Τίτλος κατοικίας	Διαμέρισμα προς πώληση Ηράκλειο
Κατοικία	Διαμέρισμα
Τιμή	100000
Εμβαδόν (τ.μ.)	85
Δωμάτια	2
Όροφος	1
Πάρκινγκ	parking
Τιμή ανά τ.μ.	€ 1.176
Περιοχή	Ηράκλειο
Έτος κατασκευής	1989
Σύστημα θέρμανσης	Κεντρική θέρμανση (Φυσικό αέριο)
Επίπεδα	1
Μπάνια	1
Κατάσταση	Ανακαινισμένο
Συντελεστής διαρύθμισης	28.33333333333332
Τοποθεσία	5
Ηλικία	29
Γεωγραφικό πλάτος	Κενό
Γεωγραφικό μήκος	Κενό

Εικόνα 45: Παρουσίαση των χαρακτηριστικών του πέμπτου ακινήτου

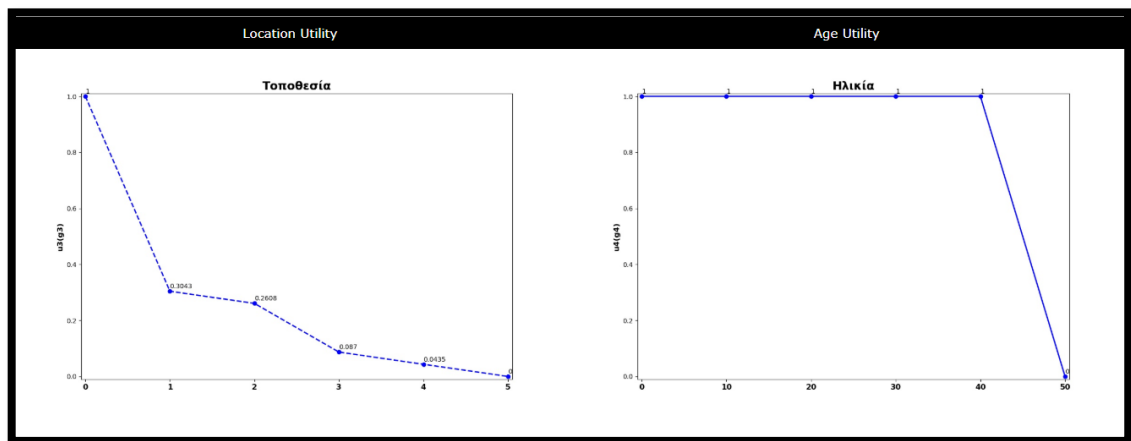
Ο χρήστης επιλέγοντας την μπάρα **“The Results of Ranking”**, έχει τη δυνατότητα να δει τα αποτελέσματα της μεθόδου UTASTAR. Ειδικότερα, τα βάρη των κριτηρίων, τις ολικές χρησιμότητες των εικονικών ακινήτων καθώς και τις μερικές χρησιμότητες του κάθε κριτηρίου για κάθε τιμή του διαστήματος του κριτηρίου.



Εικόνα 46: Τα βάρη των κριτηρίων και οι ολικές χρησιμότητες των εναλλακτικών



Εικόνα 27: Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων 'Τιμή' και 'Εμβαδόν'



Εικόνα 48: Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων 'Τοποθεσία' και 'Ηλικία'

Βιβλιογραφία

1. Tomas Ginevicius , Arturas Kaklauskas, Paulius Kazokaitis, Jurgita Alchimoviene (2011). RECOMMENDER SYSTEM FOR REAL ESTATE MANAGEMENT
2. An integrated Recommender System based on Multi-Criteria Decision Analysis and Data Analysis methods: Methodology, implementation and evaluation-Kleanthi Lakiotaki – 2010
3. Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων-Νικόλαος Ματσατσίνης
4. Σίσκος Ι. (2008). ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ, Μεθοδολογία Επιχειρησιακής Έρευνας, Θεωρία Πολυκριτήριας Ανάλυσης, Εφαρμογές σε Επιχειρήσεις & Οργανισμούς, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών
5. Artiras Kaklauskas, Edmundas K. Zavadskas, Audrius Banaitis, Gintautas Satkauskas (2006). DEFING THE UTILITY AND MARKET VALUE OF A REAL ESTATE: A MULTIPLE CRITERIA APPROACH
6. R. Karthikeyan, G. Micheal, Dr A. Kumaravel. A HOUSING SELECTION ETHOD FOR DESIGN, IMPLEMENTATION & EVALUATION FOR WEB BASED RECOMMENDED SYSTEMS
7. Multi-Criteria User Modelling in Recommender Systems-K.Lakiotaki, N.Matsatinis & A. Tsoukias-2011
8. Multi-Criteria Service Recommendation Based on User Criteria Preferences-Liwei Liu, Nikolay Mehandjiev & Dong-Ling Xu-2011
9. Utastar-an ordinal regression method for building additive value functions-Y. Siskos and D. Yannacopoulos -1985
10. Siskos, Y., E. Grigoroudis, N.F. Matsatsinis (2016), UTA Methods, in: S. Greco, M. Ehrgott, J.R. Figueira (Eds.), Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, Springer
11. INFERRING A MULTICRITERIA PREFERENCE MODEL FOR RURAL DEVELOPMENT PROJECTS EVALUATION -Evangelia Krassadaki, Yannis Siskos Technical University of Crete, DSS Laboratory