

Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Λογισμικού για την Υποστήριξη της Λήψης Αποφάσεων

Σταμάτιος Ανδριανάκης

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ERGASYA LABORATORY

Οκτώβριος 2019

Μεταπτυχιακή Εργασία

Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Λογισμικού για την Υποστήριξη της Λήψης Αποφάσεων

Σταμάτιος Ανδριανάκης

Εξεταστική Επιτροπή

Νικόλαος
Ματσατσίνης

Ευάγγελος
Γρηγορούδης

Μιχαήλ
Δούμπος

Καθηγητής

Καθηγητής

Καθηγητής

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού λογισμικού που θα υλοποιεί ένα Σύστημα Υποστήριξης της Λήψης Αποφάσεων. Το εκπαιδευτικό λογισμικό για την υποστήριξη των διαδικασιών λήψης αποφάσεων, θα ενσωματώνει και θα χρησιμοποιεί ένα σύνολο μεθόδων όπως την πολυκριτήρια μέθοδο UTASTAR για τον υπολογισμό των ολικών προτιμήσεων των αποφασιζόντων, ένα σύνολο τεχνικών σύνθεσης των προτιμήσεων για τον υπολογισμό των συνολικών προτιμήσεων της ομάδας καθώς και δυνατότητες πολλαπλών απεικονίσεων των αποτελεσμάτων.

Η υλοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού θα γίνει με τη χρήση του προγραμματιστικού περιβάλλοντος Matlab και θα παρέχει γραφικό περιβάλλον λειτουργίας με στόχο την εύκολη ανάλυση και εποπτική σύγκριση των αποτελεσμάτων των διαφόρων μεθόδων σύνθεσης προτιμήσεων.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή κ. Νικόλαο Ματσατσίνη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την υποστήριξή του στην επίβλεψη της εργασίας. Η υπομονή του και η άμεση ανταπόκρισή του σε όλες τις δυσκολίες και τα προβλήματα που αντιμετώπισα ήταν καθοριστικής σημασίας για την ολοκλήρωση αυτής της δουλειάς. Η καθοδήγησή του ήταν πολύτιμη και μου έδωσε την ευκαιρία να αποκτήσω γνώσεις σε αντικείμενα νέα για εμένα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο και συνάδελφο Αλκαίο Σακελλάρη για την πολύτιμη βοήθειά του σε καίρια σημεία της ανάπτυξης του λογισμικού.

Τέλος, τη μεγαλύτερη ευγνωμοσύνη, από τα βάθη της καρδιάς μου, τη χρωστάω στα μέλη της οικογένειάς μου που είναι πάντα και συνεχώς δίπλα μου και με στηρίζουν άνευ όρων σε όλους τους τομείς της ζωής μου και σε όλες μου τις αποφάσεις.

Πίνακας Περιεχομένων

| | |
|---|-----|
| <i>Λίστα Πινάκων</i> | vi |
| <i>Λίστα Εικόνων</i> | vii |
| Κεφάλαιο 1 | 1 |
| Εισαγωγή | 1 |
| 1.1. Γενικά | 1 |
| 1.2. Στόχος της εργασίας | 1 |
| 1.3. Δομή της εργασίας | 1 |
| Κεφάλαιο 2 | 3 |
| Θεωρητικό Υπόβαθρο | 3 |
| 2.1. Μέθοδοι UTA και UTASTAR | 3 |
| 2.2. Μέθοδοι σύνθεσης (aggregation) αρχικής κατάταξης χρηστών | 3 |
| 2.2.1. Μέθοδος Borda – Άθροισμα Κατατάξεων | 4 |
| 2.2.2. Κανόνας πλειοψηφίας συγκρίσεων ανά ζεύγη (pairwise comparison majority rule) | 4 |
| 2.2.3. Μέθοδος Cook-Seiford (1978) | 4 |
| 2.2.4. Μέθοδος ελάχιστης διακύμανσης (Branch and Bound (Cook & Seiford, 1982)) | 5 |
| 2.2.5. Μέθοδος πλειονότητας | 7 |
| 2.2.6. Μέθοδος πλειονότητας με αφαίρεση | 7 |
| 2.3. Μελέτη συμπεριφοράς του καταναλωτή | 7 |
| 2.3.1. Μέθοδος ανάλυσης κριτηρίων | 7 |
| 2.3.2. Μεθοδολογία σχετικής σημαντικότητας | 8 |
| 2.4. Μέθοδοι πρόβλεψης αγοράς | 9 |
| Κεφάλαιο 3 | 11 |
| Λειτουργία Συστήματος | 11 |
| 3.1. Εγκατάσταση του εργαλείου | 11 |
| 3.2. Εκτέλεση του προγράμματος - Δομή παραθύρου λειτουργίας | 15 |
| 3.3. Προετοιμασία και μορφή δεδομένων εισόδου | 16 |
| 3.3.1. Δεδομένα για εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR | 16 |
| 3.3.2. Δημιουργία νέου αρχείου δεδομένων | 17 |
| 3.4. Εφαρμογή UTASTAR στα δεδομένα | 20 |
| 3.5. Παρουσίαση αποτελεσμάτων UTASTAR | 21 |

| | | |
|-----------------------------------|--|-----------|
| 3.6. | Σύνθεση αρχικών κατατάξεων χρηστών | 24 |
| 3.7. | Ανάλυση κριτηρίων | 26 |
| 3.7.1. | Σημαντικότητα κριτηρίων ως προς ένα συγκεκριμένο κατώφλι | 27 |
| 3.7.2. | Συνδυασμοί σημαντικότητας | 27 |
| 3.7.3. | Διακύμανση σημαντικότητας κριτηρίων | 29 |
| 3.7.4. | Μεθοδολογία σχετικής σημαντικότητας..... | 29 |
| 3.8. | Προσομοιώσεις, σενάρια και τμηματοποίηση αγοράς..... | 31 |
| 3.8.1. | Τμηματοποίηση αντιπροσωπευτικής αγοράς..... | 32 |
| 3.8.2. | Προσομοιώσεις αγοράς..... | 33 |
| 3.8.3. | Δημιουργία απλών σεναρίων..... | 34 |
| 3.8.4. | Δημιουργία σύνθετων σεναρίων..... | 37 |
| 3.8.5. | Δημιουργία στρατηγικών..... | 39 |
| Κεφάλαιο 4 | | 41 |
| Συμπεράσματα - Προεκτάσεις | | 41 |

Λίστα Πινάκων

| | |
|--|----|
| Πίνακας 1 Μοντέλα προσωπικής επιλογής καταναλωτή | 9 |
| Πίνακας 2 Καρτέλες αρχείου δεδομένων | 21 |
| Πίνακας 3 Επιλογές μεθόδων σύνθεσης προδιατάξεων | 25 |
| Πίνακας 4 Παράδειγμα συνδυασμού σημαντικότητας κριτηρίων | 28 |

Λίστα Εικόνων

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1 Δέντρο κατατάξεων για την μέθοδο Ελάχιστης Διακύμανσης..... | 6 |
| Εικόνα 2 Διάγραμμα Επιλογής - Μη Επιλογής αγορά του προϊόντος..... | 9 |
| Εικόνα 3 Βήμα 1: Εκτέλεση Edu-MUDSS.exe, Βήμα 2: Επιλογή φακέλου εγκατάστασης | 12 |
| Εικόνα 4 Βήμα 3a: Επιλογή φακέλου εγκατάστασης MATLAB Runtime, Βήμα 4a: Αποδοχή όρων εγκατάστασης MATLAB Runtime..... | 12 |
| Εικόνα 5 Βήμα 5a: Πληροφορίες εγκατάστασης Edu-MUDSS και MATLAB Runtime, Βήμα 6a: Λήψη και εγκατάσταση MATLAB Runtime και εγκατάσταση Edu-MUDSS..... | 12 |
| Εικόνα 6 Βήμα 3β: Το MATLAB Runtime είναι ήδη εγκατεστημένο, Βήμα 4β: Πληροφορίες για εγκατάσταση EduMUDSS και MATLAB Runtime..... | 13 |
| Εικόνα 7 Βήμα 5β: Εγκατάσταση Edu-MUDSS, Βήμα 6: Τέλος εγκατάστασης..... | 13 |
| Εικόνα 8 Απεγκατάσταση προγραμμάτων | 14 |
| Εικόνα 9 Το παράθυρο λειτουργίας του Edu-MUDSS..... | 15 |
| Εικόνα 10 Δεδομένα εισόδου UTASTAR σε ένα αρχείο | 16 |
| Εικόνα 11 Περιγραφή δεδομένων (metadata) για UTASTAR..... | 17 |
| Εικόνα 12 Μορφή δεδομένων και μεταδεδομένων για χρήση πολλαπλών αρχείων..... | 17 |
| Εικόνα 13 Εισαγωγή πλήθους βασικών μεταβλητών των δεδομένων..... | 18 |
| Εικόνα 14 Εισαγωγή ονομάτων των βασικών μεταβλητών..... | 18 |
| Εικόνα 15 Εισαγωγή μεταδεδομένων | 19 |
| Εικόνα 16 Εισαγωγή δεδομένων | 19 |
| Εικόνα 17 Πίνακας ελέγχου εφαρμογής UTASTAR..... | 20 |
| Εικόνα 18 Πίνακας ελέγχου εφαρμογής UTASTAR με επιλεγμένο αρχείο δεδομένων | 20 |
| Εικόνα 19 Επιλογή δεδομένων για εφαρμογή UTASTAR..... | 21 |
| Εικόνα 20 Πίνακας ελέγχου λειτουργίας παρουσίασης αποτελεσμάτων UTASTAR..... | 22 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 21 Δεδομένα αποτελεσμάτων | 22 |
| Εικόνα 22 Επιλογή All Users..... | 23 |
| Εικόνα 23 Επιλογή Only Mean Values | 23 |
| Εικόνα 24 Όλα τα διαγράμματα ίδιου είδους σε μία εικόνα | 24 |
| Εικόνα 25 Πίνακας ελέγχου λειτουργίας σύνθεσης προδιατάξεων | 24 |
| Εικόνα 26 Αποτελέσματα σύνθεσης προδιατάξεων..... | 25 |
| Εικόνα 27 Πίνακας ελέγχου λειτουργίας ανάλυσης κριτηρίων..... | 26 |
| Εικόνα 28 Αποτελέσματα ανάλυσης συμπεριφοράς καταναλωτή | 27 |
| Εικόνα 29 Παράδειγμα συνδυασμού σημαντικότητας κριτηρίων..... | 28 |
| Εικόνα 30 Διακύμανση σημαντικότητας κριτηρίων. Συνολική εικόνα λειτουργίας ανάλυσης κριτηρίων..... | 29 |
| Εικόνα 31 Αρχικό παράθυρο Μεθοδολογίας Σχετικής Σημαντικότητας | 30 |
| Εικόνα 32 Εφαρμογή Μεθοδολογίας Σχετικής Σημαντικότητας | 31 |
| Εικόνα 33 Πίνακας ελέγχου λειτουργίας τμηματοποίησης και προσομοίωσης αγοράς..... | 31 |
| Εικόνα 34 Τμηματοποίηση αγοράς..... | 32 |
| Εικόνα 35 Προσομοίωση αγοράς με αλλαγή κριτηρίου Packaging εναλλακτικής JARRE d'OR από 2 σε 4 | 33 |
| Εικόνα 36 Δημιουργία απλών σεναρίων | 34 |
| Εικόνα 37 Δημιουργία σεναρίων για όλους τους συνδυασμούς των διακριτών κριτηρίων με τη μέθοδο Luce..... | 35 |
| Εικόνα 38 Αρχεία αποθήκευσης σεναρίων..... | 35 |
| Εικόνα 39 Διαγράμματα συνολικής τμηματοποίησης αγοράς για κάθε εναλλακτική..... | 36 |
| Εικόνα 40 Εστίαση στο διάστημα 100-200 και θέση πάνω στο διάγραμμα..... | 36 |
| Εικόνα 41 Δημιουργία σύνθετων σεναρίων | 37 |
| Εικόνα 42 Διαγράμματα συνολικής τμηματοποίησης της αγοράς σύνθετων σεναρίων για κάθε εναλλακτική..... | 38 |
| Εικόνα 43 Δημιουργία σύνθετου σεναρίου..... | 38 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 44 Δημιουργία στρατηγικών για την εναλλακτική CARAPELLI..... | 39 |
| Εικόνα 45 Στρατηγικές για σενάρια 12, 35, 36, 37, 43..... | 40 |

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1.Γενικά

Η διαδικασία αξιολόγησης δεδομένων με σκοπό την επιλογή μιας ενέργειας καταλαμβάνει μεγάλο μέρος της καθημερινής δραστηριότητας των ανθρώπων. Η σκέψη μας συνεχώς αναλύει, αξιολογεί, μελετάει και τελικά κατηγοριοποιεί δεδομένα ώστε να καταλήξει στο να επιλέξει ή όχι να κάνει κάποια ενέργεια. Εκτός όμως από την καθημερινή ζωή, η ανάγκη επιλογής κάποιας ενέργειας παίζει καθοριστικό ρόλο στον εμπορικό – επιχειρησιακό τομέα, ή ακόμα και σε πολύ ευρύτερο επίπεδο, όπου μία λάθος επιλογή μπορεί να έχει τεράστιες αρνητικές επιπτώσεις. Η σύνθετη διαδικασία η οποία μελετάει, αναλύει, αξιολογεί και συνθέτει τα δεδομένα ενός προβλήματος με σκοπό την διεξαγωγή μιας ενέργειας ονομάζεται «Λήψη Απόφασης».

Απ' την άλλη πλευρά η ραγδαία ανάπτυξη στην επιστήμη της πληροφορικής σε συνδυασμό με το μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον που παρουσιάζει η διαδικασία λήψης αποφάσεων οδήγησαν στην ανάπτυξη των *Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων – ΣΥΑ (Decision Support Systems - DSS)* που αποτελούν μια ειδική κατηγορία πληροφοριακών συστημάτων τα οποία χρησιμοποιούν μαθηματικά μοντέλα που αναλύουν τα δεδομένα του εκάστοτε προβλήματος και προτείνουν ένα σύνολο συμφεروضών εναλλακτικών επιλογών. Μια κατηγορία των ΣΥΑ είναι αυτά που δεν βασίζονται μόνο σε έναν αποφασίζοντα, αλλά σε πολλούς, καθένας εκ των οποίων έχει μερίδιο στο αποτέλεσμα της απόφασης και ονομάζονται *Συστήματα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων - ΣΥΟΑ (Multi-User Decision Support Systems – MUDSS)*.

1.2.Στόχος της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η υλοποίηση ενός συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων που θα υποστηρίζει δεδομένα πολλών χρηστών, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί κυρίως για εκπαιδευτικούς σκοπούς και ονομάζεται *Edu-MUDSS (Educational Multi User Decision Support System)*. Η ανάλυση των δεδομένων στο Edu-MUDSS γίνεται με την πολυκριτήρια μέθοδο UTASTAR, ενώ υποστηρίζονται πολλές μέθοδοι σύνθεσης, παρουσίασης, ανάλυσης κριτηρίων και προσομοίωσης της αγοράς τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται ποσοτικά και γραφικά με σκοπό την εύκολη κατανόηση και σύγκρισή τους, ώστε ο εκπαιδευόμενος να μπορεί να επικεντρώσει την προσοχή του στην ουσία της ανάλυσης των δεδομένων. Επιπλέον η ανάπτυξη του λογισμικού έγινε στο προγραμματιστικό περιβάλλον MATLAB, το οποίο επιτρέπει την εύκολη επέκταση του λογισμικού, χωρίς να χρειάζονται εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού, ώστε να μπορεί εύκολα να καλύψει μελλοντικές ανάγκες.

1.3.Δομή της εργασίας

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται οι διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και τη σύνθεση των δεδομένων και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Αρχικά παρουσιάζονται συνοπτικά οι μέθοδοι UTA και UTASTAR. Έπειτα αναλύονται οι διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιεί το Edu-MUDSS για τη σύνθεση των προδιατάξεων των χρηστών. Στην Παράγραφο 2.3 παρουσιάζονται δύο μέθοδοι μελέτης της συμπεριφοράς του καταναλωτή: η μέθοδος ανάλυσης κριτηρίων και η Μεθοδολογία Σχετικής Σημαντικότητας. Τέλος στην Παράγραφο 2.4 δίνονται συνοπτικά τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της αγοράς μέσω της τμηματοποίησης της για τις διάφορες εναλλακτικές του προβλήματος.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται αναλυτικά η λειτουργία του Edu-MUDSS μέσω ενός παραδείγματος αξιολόγησης ενός συνόλου προϊόντων λαδιού από 29 χρήστες. Πιο συγκεκριμένα στην Παράγραφο 3.1 παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος εγκατάστασης του εργαλείου στον υπολογιστή, ενώ στην Παράγραφο 3.2 δίνονται τα βασικά μέρη του παραθύρου λειτουργίας. Στην Παράγραφο 3.3 παρουσιάζεται η μορφή που πρέπει να έχουν τα δεδομένα εισόδου, καθώς και η δυνατότητα δημιουργίας νέου αρχείου δεδομένων μέσω του εργαλείου. Στην Παράγραφο 3.4 περιγράφεται η εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR στα δεδομένα, ενώ στην Παράγραφο 3.5 δίνεται η μορφή που έχει το αρχείο αποτελεσμάτων της UTASTAR καθώς και ο τρόπος παρουσίασής τους στο Edu-MUDSS. Η Παράγραφος 3.6 περιγράφει την λειτουργία σύνθεσης των αρχικών κατατάξεων των χρηστών με τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2, ενώ στην Παράγραφο 3.7 παρουσιάζονται οι δύο τρόποι αξιολόγησης της συμπεριφοράς του καταναλωτή μέσω της ανάλυσης των κριτηρίων και της Μεθοδολογίας Σχετικής Σημαντικότητας. Τέλος στην Παράγραφο 3.8 περιγράφεται αναλυτικά η λειτουργία μελέτης της αντιπροσωπευτικής αγοράς που δημιουργείται από τα αποτελέσματα της UTASTAR και δίνεται αναλυτικά ο τρόπος δημιουργίας σεναρίων και στρατηγικών βελτίωσης υπαρχόντων προϊόντων, ή ακόμα και διείσδυσης νέων προϊόντων στην αγορά.

Κεφάλαιο 2

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ως «Λήψη Απόφασης» (*Decision Making*) μπορεί να θεωρηθεί η διαδικασία επιλογής μίας εναλλακτικής μέσα από ένα σύνολο εναλλακτικών. Ειδικότερα, δια μέσου ενός συνόλου πολλαπλών διαδικασιών, οι οποίες στοχεύουν στη μελέτη, διεξοδική ανάλυση, συγκρότηση και εύρεση κοινών σημείων αναφοράς σε όσα οι αποφασίζοντες ή το εκάστοτε πρόβλημα επιτάσσει, χρησιμοποιώντας την απόδοση των διάφορων εναλλακτικών στα κριτήρια που έχουν οριστεί, λαμβάνεται η απόφαση, δηλαδή η ως επί το πλείστον αποδεκτή λύση.

2.1. Μέθοδοι UTA και UTASTAR

Η μέθοδος UTA (Jacquet-Lagrange & Siskos, 1982), αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες πολυκριτήριες μεθοδολογίες λήψης αποφάσεων. Στόχος της είναι η εκτίμηση μίας ή περισσότερων προσθετικών συναρτήσεων αξιών για ένα σύνολο εναλλακτικών για τις οποίες έχει οριστεί μία προ-διάταξη από τον αποφασίζοντα. Έτσι, θεωρώντας ως $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ τις εναλλακτικές επιλογές του προβλήματος και $g = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση, η μέθοδος UTA, ορίζει ως μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων μία προσθετική συνάρτηση αξίας της μορφής:

$$U(g) = \sum_{i=1}^n w_i u_i(g_i)$$

υπό τους περιορισμούς:

$$u_i(g_i^*) = 0, u_i(g_i) = 1, \text{ για κάθε } i = 1, 2, \dots, n \text{ και } \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

όπου: u_i είναι οι συναρτήσεις μερικής χρησιμότητας κανονικοποιημένες στο διάστημα $[0, 1]$, g_i^* και g_i η λιγότερο και η περισσότερη προτιμητέα τιμή του κριτηρίου i αντίστοιχα και w_i τα βάρη των συναρτήσεων u_i .

Στόχος της μεθόδου είναι να προσδιοριστούν n συναρτήσεις μερικής χρησιμότητας $u_i(g_i)$ και n βάρη w_i ώστε η συνάρτηση $U(g)$ να είναι όσο το δυνατόν πιο συνεπής με την προδιάταξη του αποφασίζοντα. Μία εξέλιξη της μεθόδου UTA αποτελεί η μέθοδος UTASTAR (Y. Siskos, 1985) η οποία προσπαθεί να βελτιώσει τα αποτελέσματα εισάγοντας δύο συναρτήσεις σφάλματος: σ^+ (σφάλμα υποεκτίμησης) και σ^- (σφάλμα υπερεκτίμησης).

2.2. Μέθοδοι σύνθεσης (aggregation) αρχικής κατάταξης χρηστών

Ένα από τα αντικείμενα μελέτης για την υποστήριξη λήψης ομαδικών αποφάσεων είναι ο συνδυασμός των ατομικών κατατάξεων – προτιμήσεων των αποφασιζόντων και τελικά η εύρεση μίας συνολικής και όσο γίνεται περισσότερο αντιπροσωπευτικής κατάταξης των διάφορων εναλλακτικών. Θεωρώντας ότι η προτίμηση κάποιου ατόμου εκφράζεται με την ταξινόμηση των εναλλακτικών, έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι για την εύρεση μίας αντιπροσωπευτικής κατάταξης. Ξεκινώντας από την πιο απλή μέθοδο, αυτή του αθροίσματος των κατατάξεων που έχουν αποδοθεί στις διάφορες εναλλακτικές, η οποία προτάθηκε

από τον αρχικά από τον *Borda* το 1781 και έπειτα μελετήθηκε από τον *Kendall* το 1962, στο Edu-MUDSS, έχουν υλοποιηθεί έξι μέθοδοι σύνθεσης των κατατάξεων – προτιμήσεων πολλών χρηστών, οι οποίες περιγράφονται στις επόμενες ενότητες.

2.2.1. Μέθοδος Borda – Άθροισμα Κατατάξεων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η μέθοδος *Borda* (Borda, 1781) εξάγει την τελική κατάταξη χρησιμοποιώντας μόνο το άθροισμα των κατατάξεων όλων των χρηστών για την κάθε προσφερόμενη εναλλακτική. Εξαιτίας της απλότητας του υπολογισμού της, η συγκεκριμένη μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως. Παρόλο που και διαισθητικά φαίνεται ότι παρέχει έναν τρόπο σύνθεσης πολλών κατατάξεων, πολλοί ερευνητές έχουν αμφισβητήσει την αξιοπιστία της κυρίως λόγω του ότι δεν μπορεί να διαχειριστεί τις σχέσεις αδιαφορίας (ισοπαλίες) στις κατατάξεις, αν υπάρχουν. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος έχουν προταθεί άλλες μέθοδοι οι οποίες περιγράφονται παρακάτω.

2.2.2. Κανόνας πλειοψηφίας συγκρίσεων ανά ζεύγη (pairwise comparison majority rule)

Η μέθοδος της πλειοψηφίας των συγκρίσεων ανά ζεύγη (Ματσαστίνης, 2010) προτείνει την επιλογή της εναλλακτικής που λαμβάνει την πλειοψηφία των ψήφων με σύγκριση των εναλλακτικών ανά δύο (ζεύγη). Πιο συγκεκριμένα, κάθε εναλλακτική συγκρίνεται με κάθε μία από τις υπόλοιπες και για κάθε σύγκριση στην οποία υπερισχύει (προτιμάται) παίρνει έναν βαθμό. Η τελική κατάταξη δημιουργείται βάσει της βαθμολογίας που έχουν συγκεντρώσει οι εναλλακτικές από τις διαδοχικές συγκρίσεις. Για N εναλλακτικές, απαιτούνται $\frac{N(N-1)}{2}$ συγκρίσεις ανά ζεύγη.

2.2.3. Μέθοδος Cook-Seiford (1978)

Όπως αναφέρθηκε η απλοϊκότητα της μεθόδου *Borda* ώθησε τους ερευνητές στην περαιτέρω διερεύνηση του προβλήματος της εύρεσης μιας συνεπούς μεθόδου σύνθεσης των κατατάξεων πολλών αποφασίζοντων. Έτσι οι Cook και Seiford (Cook & Seiford, 1978) έπειτα από μια εκτενή μελέτη του προβλήματος, όπου αντικαθιστούν τις αδιαφορίες (ισοπαλίες) ως την μέση τιμή της αρχικής και της τελικής θέσης της αδιαφορίας¹, ορίζουν την απόσταση μεταξύ δύο διατάξεων A και B με $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ και $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$, όπου a_i και b_i η σειρά κατάταξης της i εναλλακτικής αντίστοιχα την σχέση:

$$d(A, B) = \sum_i |a_i - b_i|$$

Με βάση την παραπάνω σχέση, και θεωρώντας ότι ένα σύνολο από m αποφασίζοντες έχουν δώσει κατατάξεις $\{A^l\}_{l=1}^m$ για n εναλλακτικές, με $A^l = (a_1^l, \dots, a_n^l)$, ορίζεται ως η διάμεση (median), ή ομόφωνη (consensus) διάταξη B αυτή η οποία ελαχιστοποιεί τις αποστάσεις που ορίστηκαν με την παραπάνω σχέση, δηλαδή αυτή που ελαχιστοποιεί τη σχέση:

$$M(B) = \sum_{l=1}^m d(A^l, B) = \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^n |a_i^l - b_i|$$

¹ Για παράδειγμα, αν έχουμε ταξινόμηση 5 εναλλακτικών: $[a \ b \ c \ d \ e]$ και έχουμε αδιαφορία στην c και e , θεωρώντας ότι αυτές είναι ισοπαλίες στη θέση 3, με τις υπόλοιπες να παίρνουν βαθμολογία $a=5$, $b=1$ και $d=2$, δηλαδή: $A=[5 \ 1 \ 3 \ 2 \ 3]$, τότε από του Cook και Seiford θεωρείται ότι η κατάταξη γίνεται: $A=[5 \ 1 \ 3,5 \ 2 \ 3,5]$.

Αν \mathbf{B} είναι το σύνολο όλων των κατατάξεων για τις n εναλλακτικές, τότε με $b_i = \text{median}\{a_i^l\}_{l=1}^m = b'_i$ επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση:

$$\min_{B \in \mathbf{B}} \sum_{l=1}^m d(A^l, B) \geq \min_{B \in R^n} \sum_{l=1}^m d(A^l, B) = \min_{B \in R^n} \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^n |a_i^l - b_i|$$

Και με $B' = (b'_1, \dots, b'_n)$ έχουμε $M(B') \leq M(B)$ για όλα τα $B \in \mathbf{B}$.

Θεωρώντας:

i = πλήθος εναλλακτικών ($1, \dots, n$),

k = πλήθος επιπέδων κατάταξης (συνήθως ίδιο με το i)

l = πλήθος αποφασίζοντων, ($1, \dots, m$) οι οποίοι δίνουν τις κατατάξεις

για την επίλυση του παραπάνω προβλήματος αρχικά υπολογίζεται το άθροισμα των διαφορών $d_{ik} = \sum_{l=1}^m |a_i^l - k|$, για όλες τις τιμές του k και για όλους τους αποφασίζοντες και έτσι δημιουργείται ο πίνακας αποστάσεων από τα d_{ik} . Τέλος, η λύση βρίσκεται με επίλυση του προβλήματος ανάθεσης² θεωρώντας ως κόστη τις τιμές του πίνακα διαφορών.

2.2.4. Μέθοδος ελάχιστης διακύμανσης (Branch and Bound (Cook & Seiford, 1982))

Το πρόβλημα της μεθόδου της προηγούμενης παραγράφου είναι ότι δε μπορεί να ορίσει ως συνολική κατάταξη μία κατάταξη στην οποία θα υπάρχει αδιαφορία μεταξύ δύο εναλλακτικών. Έτσι οι ίδιοι συγγραφείς πρότειναν μία νέα μέθοδο για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος (Cook & Seiford, 1982) με χρήση του αλγορίθμου διακλάδωσης και οριοθέτησης (Branch & Bound).

Για την περίπτωση που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο (m κατατάξεις για n εναλλακτικές), ορίζεται το άθροισμα των διανυσμάτων των κατατάξεων ως $s_i = \sum_{l=1}^m a_i^l$ και αντίστοιχα οι μέσες τιμές των κατατάξεων $\bar{s}_i = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m a_i^l$ όπου η εναλλακτική i θεωρείται ότι έχει καταταγεί πριν (υψηλότερη βαθμολογία \rightarrow καλύτερο) από την εναλλακτική j αν $s_i < s_j$.

Θεωρώντας, χωρίς να βλάψουμε τη γενικότητα, ότι για το μέσο σημείο \bar{S} ικανοποιείται η σχέση: $\bar{s}_1 \leq \bar{s}_2 \leq \dots \leq \bar{s}_n$ και επίσης ότι η μέση κατάταξη δεν αντιστρέφει τις προτιμήσεις που προκύπτουν από το μέσο σημείο (Θεώρημα 3.1 στο (Cook & Seiford, 1982)). Η συνολική κατάταξη $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$, θα ελαχιστοποιεί το τετραγωνικό σφάλμα: $\bar{U}(B) = \sum_{i=1}^n (\bar{s}_i - b_i)^2$.

Θεωρώντας όπως και πριν ότι έχουμε n εναλλακτικές, και λαμβάνοντας υπόψιν τον τρόπο αντικατάστασης των αδιαφοριών της προηγούμενης παραγράφου, οι τιμές που μπορεί να πάρει η πρώτη θέση περιορίζονται στο σύνολο τιμών $\{1, 1.5, 2, \dots, \frac{n+1}{2}\}$. Αν η τιμή της πρώτης θέσης είναι 1 τότε με αντίστοιχο τρόπο περιορίζονται οι τιμές της δεύτερης θέσης, αν η τιμή της πρώτης θέσης είναι διαφορετική από 1 τότε η τιμή της δεύτερης θέσης θα είναι ίση με την τιμή της πρώτης θέσης. Ομοίως ισχύει και για τις υπόλοιπες θέσεις. Θεωρώντας ότι b_i είναι τα στοιχεία της συνολικής κατάταξης, για την περιγραφή του τρόπου επίλυσης θα θεωρήσουμε ένα συγκεκριμένο πλήθος εναλλακτικών $n=5$.

Η λύση του προβλήματος ξεκινάει θεωρώντας $n=5$ διανύσματα από τα οποία το 1^ο έχει συμπληρωμένο το 1^ο του στοιχείο με 1, το 2^ο έχει συμπληρωμένα τα δύο πρώτα στοιχεία σαν αυτά να ήταν ισόπαλα

² Για την επίλυση του προβλήματος ανάθεσης χρησιμοποιήθηκε ο *Hungarian Algorithm* ο οποίος περιγράφεται αναλυτικά στο <http://www.hungarianalgorithm.com/>

(αδιαφορία) δηλαδή συμπληρωμένα με 1.5, το 3^ο τα τρία πρώτα, κτλ. Έτσι δημιουργούνται τα παρακάτω πέντε αρχικά διανύσματα μερικής ταξινόμησης, όπου «-» είναι μη συμπληρωμένο στοιχείο:

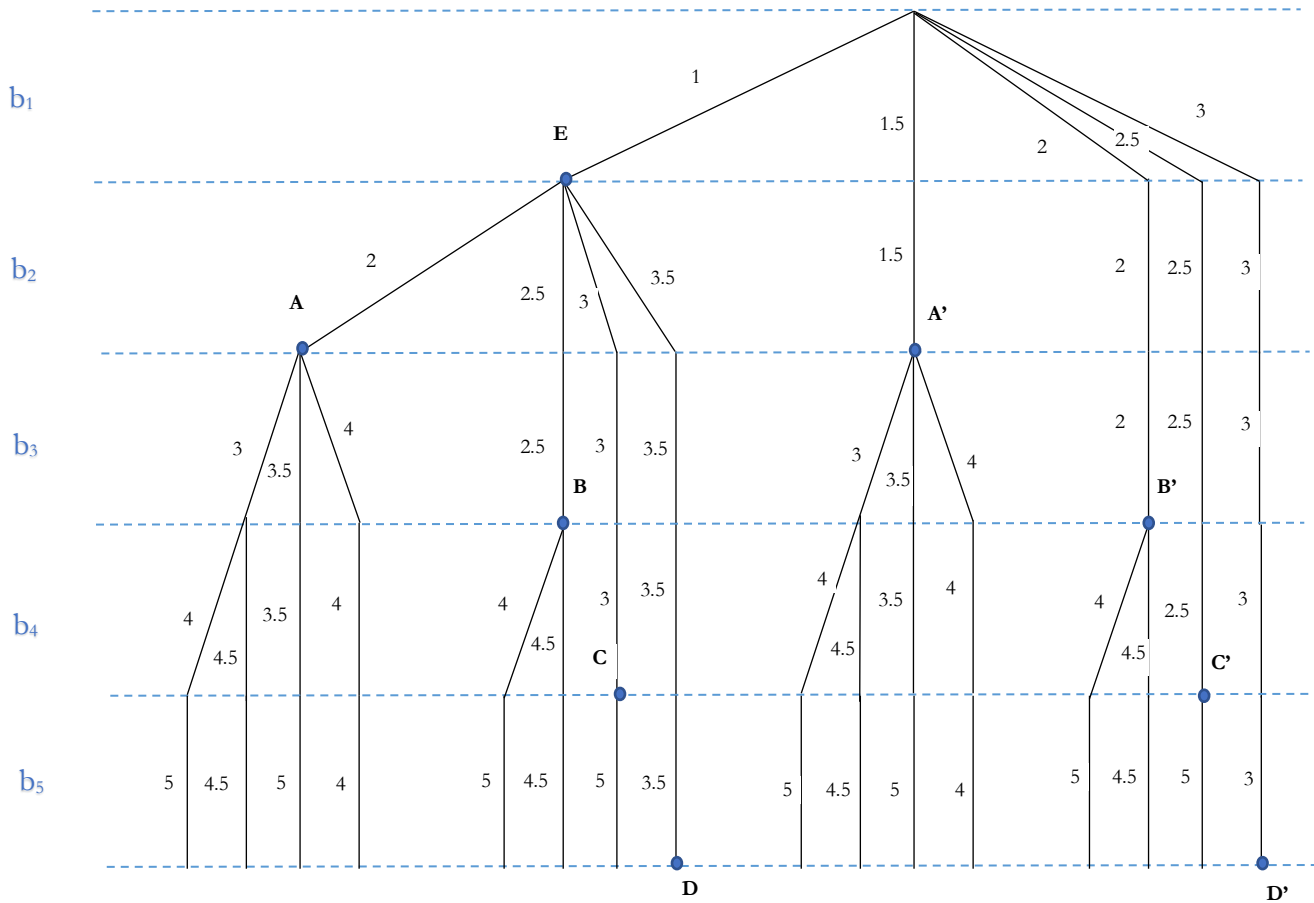
$$P(1) = (1, -, -, -, -)$$

$$P(2) = (1.5, 1.5, -, -, -)$$

$$P(3) = (2, 2, 2, -, -)$$

$$P(4) = (2.5, 2.5, 2.5, 2.5, -)$$

$$P(5) = (3, 3, 3, 3, 3)$$



Εικόνα 1 Δέντρο κατατάξεων για την μέθοδο Ελάχιστης Διακύμανσης

τα οποία αντιστοιχούν στα σημεία: **E**, **A'**, **B'**, **C'** και **D'** στην Εικόνα 1 και με χρήση των πέντε κάτω ορίων που προκύπτουν από τη σχέση:

$$\left\{ L_i = \sum_{j=1}^i \left(\bar{s}_j - \frac{i+2}{2} \right)^2 \right\}_{i=1}^5$$

προκύπτουν τα διανύσματα:

$$P^2(2) = (1, 2, -, -, -)$$

$$P^2(3) = (1, 2.5, 2.5, -, -)$$

$$P^2(4) = (1, 3, 3, 3, -)$$

$$P^2(5) = (1, 3.5, 3.5, 3.5, 3.5)$$

τα οποία αντιστοιχούν στα σημεία **A**, **B**, **C** και **D** στην Εικόνα 1 Τα αντίστοιχα κάτω όρια είναι:

$$\left\{ L_{2i} = L_1 + \sum_{j=2}^i \left(\bar{s}_j - \frac{i+2}{2} \right)^2 \right\}_{i=2}^5$$

Από την Εικόνα 1 φαίνεται ότι τα σημεία **A** και **A'**, αλλά και τα **B** και **B'** είναι ίδια ως προς την περαιτέρω διακλάδωση, έτσι αν το L_{21} , το οποίο σχετίζεται με το **A** είναι μικρότερο από το L_2 το οποίο σχετίζεται με το **A'** τότε το **A'** και φυσικά οι πρόγονοί του μπορούν να παραληφθούν από περαιτέρω εξέταση. Η συμμετρία αυτή δίνει τη δυνατότητα να παραληφθούν οι μισές από τις πιθανές κατατάξεις και τελικά να μειώσει τον συνολικό αριθμό των συγκρίσεων σε $\frac{n(n+1)}{2}$ πλήθος. Στο (Cook & Seiford, 1982) περιγράφεται αναλυτικά ο αλγόριθμος επίλυσης του προβλήματος.

2.2.5. Μέθοδος πλειονότητας

Η μέθοδος της πλειονότητας ορίζει ως την καλύτερη (νικήτρια) εναλλακτική αυτήν με τις περισσότερες πρώτες θέσεις (καλύτερη βαθμολογία από όλες τις εναλλακτικές). Για την εύρεση, όχι μόνο της καλύτερης εναλλακτικής, αλλά μιας συνολικής κατάταξης που θα αντιπροσωπεύει τις κατατάξεις όλων των χρηστών, επεκτείνουμε την μέθοδο της πλειονότητας ώστε να ορίζει τις θέσεις των υπόλοιπων εναλλακτικών με αντίστοιχο τρόπο, δηλαδή η εναλλακτική με τις αμέσως λιγότερες πρώτες θέσεις να λαμβάνει τη δεύτερη θέση κ.ο.κ..

2.2.6. Μέθοδος πλειονότητας με αφαίρεση

Μία επέκταση της μεθόδου πλειονότητας είναι η μέθοδος πλειονότητας με αφαίρεση. Η διαφορά της έγκειται στο ότι αφού αθροιστούν όλες οι πρώτες θέσεις για κάθε εναλλακτική, η εναλλακτική με τις λιγότερες πρώτες θέσεις αφαιρείται (βγαίνει από την σύγκριση) και επαναλαμβάνεται η διεργασία σύγκρισης των πρώτων θέσεων των εναλλακτικών, μέχρι να τελειώσουν όλες οι εναλλακτικές και να δημιουργηθεί η τελική κατάταξη.

2.3. Μελέτη συμπεριφοράς του καταναλωτή

Μία από τις βασικότερες διαδικασίες της μεθοδολογίας είναι η μελέτη και η εκτίμηση της συμπεριφοράς του καταναλωτή, η οποία επιτυγχάνεται μέσω της ανάλυσης των κριτηρίων. Για την μελέτη αυτή χρησιμοποιούνται τα βάρη των κριτηρίων που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR στα δεδομένα του προβλήματος. Παρακάτω παρουσιάζεται η μέθοδος ανάλυσης κριτηρίων βάσει κατωφλίου (από (Ματσαστίνης, 2010) σελ.876-880), καθώς και η μεθοδολογία σχετικής σημαντικότητας.

2.3.1. Μέθοδος ανάλυσης κριτηρίων

Ένα από τα αποτελέσματα τα οποία εξάγονται από τη μέθοδο UTASTAR αποτελούν τα βάρη w_{ij} των διαφόρων κριτηρίων, τα οποία εκτιμώνται με χρήση της προσθετικής συνάρτηση χρησιμότητας της παραγράφου 2.1. Τα βάρη των κριτηρίων ποιοτικά ερμηνεύονται ως το πόση σημασία δίνει ο ερωτώμενος στο κάθε κριτήριο, δηλαδή το πόσο καθοριστικό είναι για την απόφασή του. Η εκτίμηση της

συμπεριφοράς του καταναλωτή μέσω των βαρών καθορίζεται από τον ορισμό ενός κατωφλίου σημαντικότητας. Αν το βάρος κάποιου κριτηρίου είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το κατώφλι τότε είναι σημαντικό, αλλιώς δεν είναι σημαντικό. Στην περίπτωση που μελετάμε, όπου υπάρχουν δεδομένα από πολλούς χρήστες, μπορεί να ακολουθηθεί μια διαδικασία όπου το κατώφλι σημαντικότητας αλλάζει ώστε τελικά να βρεθεί για κάθε τιμή του κατωφλίου τί ποσοστό χρηστών θεωρεί σημαντικό κάθε κριτήριο.

2.3.2. Μεθοδολογία σχετικής σημαντικότητας

Για την μέτρηση της σημαντικότητας των κριτηρίων του προβλήματος σχετικά με την επιλογή ή όχι μιας εναλλακτικής, αναπτύχθηκε η *Μεθοδολογία Σχετικής Σημαντικότητας*. Σύμφωνα με αυτήν, αφού γίνει η ανάλυση των δεδομένων με τη μέθοδο UTASTAR, και υπολογιστούν, ανάμεσα στα υπόλοιπα αποτελέσματα, τα βάρη των κριτηρίων, γίνεται διαχωρισμός των απαντήσεων των καταναλωτών για κάθε εναλλακτική, σε δύο ομάδες: σε αυτούς που θα επέλεγαν το προϊόν (ομάδα α) και σε αυτούς που δε θα το επέλεγαν (ομάδα β). Αυτός ο διαχωρισμός πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψιν την προδιάταξη που έχει δώσει ο εκάστοτε χρήστης, θεωρώντας ότι από μία θέση και πάνω (π.χ. πάνω από τη δεύτερη θέση) ο καταναλωτής θα επέλεγε την εναλλακτική, και το αντίστροφο. Αν π.χ. θεωρήσουμε ως όριο τη θέση 2, τότε στην ομάδα α για κάποιον καταναλωτή, θα ανήκουν οι εναλλακτικές που έχουν στην προδιάταξη τους έχει αποδοθεί η θέση 1 ή 2, αντίστοιχα στην ομάδα β θα ανήκουν οι εναλλακτικές που έχουν καταταγεί στις θέσεις 3 και κάτω. Οπότε τελικά για κάθε εναλλακτική δημιουργούνται δύο ομάδες καταναλωτών: εκείνοι που θα την επέλεγαν που είναι αυτοί που ανήκουν στην ομάδα α και εκείνοι που δε θα την επέλεγαν που είναι αυτοί που ανήκουν στην ομάδα β, οι οποίες εξαρτώνται από το όριο στη θέση κατάταξης που έχει τεθεί. Αφού έχουν δημιουργηθεί οι δύο ομάδες, δημιουργούνται αντίστοιχα και οι ομάδες των βαρών των κριτηρίων που προέκυψαν από την εφαρμογή της UTASTAR που ανήκουν σε κάθε ομάδα. Για να εξαχθεί η σχετική σημαντικότητα των κριτηρίων, δημιουργούνται δύο διανύσματα βαρών, τα b_i^a και b_i^b που περιέχουν το άθροισμα των στοιχείων κάθε ομάδας, με $i = 1, 2, \dots, n$ το πλήθος των κριτηρίων. Στη συνέχεια, προκειμένου να συγκριθούν τα προαναφερθέντα διανύσματα βαρών για τα διάφορα κριτήρια, πραγματοποιείται κανονικοποίηση των στοιχείων των b_i^a και b_i^b , οπότε προκύπτουν τα b_i' , σύμφωνα με τη σχέση:

$$b_i' = \frac{b_i - \bar{b}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2}}$$

Όπου: i είναι τα κριτήρια με $i = 1, 2, \dots, n$

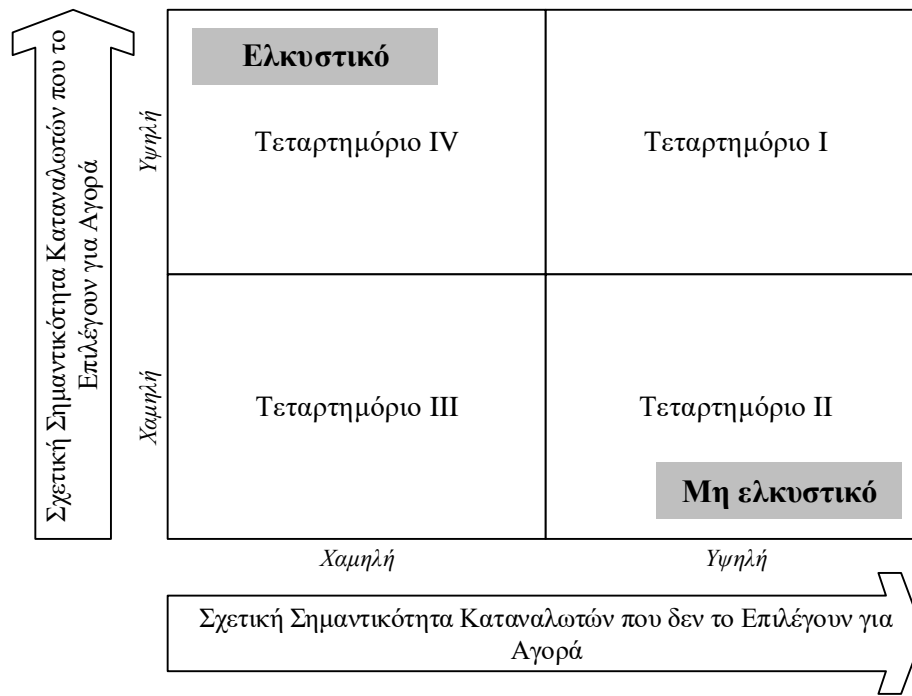
b_i' είναι το σχετικό (κανονικοποιημένο) βάρος του κριτηρίου i (δηλ., $b_i'^a$ ή $b_i'^b$),

b_i είναι το βάρος του κριτηρίου i που προέκυψε από το άθροισμα των βαρών των ομάδων

(δηλ., b_i^a ή b_i^b), και

\bar{b} είναι ο μέσος όρος των b_i .

Τέλος, με βάση τα παραπάνω, μπορεί να αναπτυχθεί το *Διάγραμμα Επιλογής – Μη Επιλογής αγορά του προϊόντος*, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, το οποίο αποτελεί ένα διάγραμμα διπλής σημαντικότητας, όπου απεικονίζονται τα σχετικά βάρη των καταναλωτών που θα επιλέξουν (κατακόρυφος άξονας), και τα σχετικά βάρη των καταναλωτών που δε θα επιλέξουν (οριζόντιος άξονας), μια εναλλακτική. Το διάγραμμα αυτό επιτρέπει την αναγνώριση των κριτηρίων που έχουν ίδια ή διαφορετική σημαντικότητα και για τις δύο ομάδες καταναλωτών.



Εικόνα 2 Διάγραμμα Επιλογής - Μη Επιλογής αγορά του προϊόντος

2.4.Μέθοδοι πρόβλεψης αγοράς

Το σύνολο των εναλλακτικών που δίδονται προς εκτίμηση στους συμμετέχοντες, θεωρούμε ότι δημιουργούν μία *Αντιπροσωπευτική Αγορά*. Χρησιμοποιώντας τις χρησιμότητες που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR στα δεδομένα μπορούν να δημιουργηθούν τμήματα της αγοράς για κάθε εναλλακτική – προϊόν. Τα μοντέλα προσωπικής επιλογής που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον Πίνακα 1, όπου U_{il} είναι η χρησιμότητες που υπολογίστηκαν από την εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR στα δεδομένα του προβλήματος.

Πίνακας 1 Μοντέλα προσωπικής επιλογής καταναλωτή

| Μοντέλα προσωπικής επιλογής καταναλωτή | Τύπος |
|---|--|
| (Luce, 1977) | $P_{ij}(C) = \frac{U_{ij}}{\sum_{k \in C} U_{ik}}$ |
| (Lesourne, 1977) | $P_{ij}(C) = \frac{U_{ij}^2}{\sum_{k \in C} U_{ik}^2}$ |
| Πολυωνυμικό Μοντέλο McFadden – 1 (1974) (1976) (1980) | $P_{ij}(C) = \frac{e^{U_{ij}}}{\sum_{k \in C} e^{U_{ik}}}$ |

| | |
|--|--|
| Μικρής ενίσχυσης McFadden – 2 | $P_{ij}(C) = \frac{e^{2U_{ij}}}{\sum_{k \in C} e^{2U_{ik}}}$ |
| Εύρους Χρησιμοτήτων – 1 (Ματσατσίνης, 2010) | $P_{ij}(C) = \frac{U_{ij}^{U_{max}-U_{min}}}{\sum_{k \in C} U_{ik}^{U_{max}-U_{min}}}$ |
| Εύρους Χρησιμοτήτων – 2 (Ματσατσίνης, 2010) | $P_{ij}(C) = \frac{U_{ij}^{2(U_{max}-U_{min})}}{\sum_{k \in C} U_{ik}^{2(U_{max}-U_{min})}}$ |
| Μέγιστων Χρησιμοτήτων (Ματσατσίνης, 2010) | $P_{ij}(j C) = \begin{cases} \frac{1}{m}, & \text{όταν } U_{i \max} \geq U_{ij} \geq U_{i \max} - \varepsilon_i \\ 0, & \text{αλλιώς} \end{cases}$ |

Κεφάλαιο 3

Λειτουργία Συστήματος

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά η λειτουργία του συστήματος. Για την υλοποίηση του εργαλείου χρησιμοποιήθηκε το πακέτο προγραμματισμού MATLAB έκδοση R2017a. Οι λειτουργίες που προσφέρονται από το εκπαιδευτικό εργαλείο είναι:

- Εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR σε δεδομένα πολλών χρηστών
- Αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της UTASTAR
- Σύνθεση των προδιατάξεων των χρηστών με διάφορες μεθόδους
- Ανάλυση των κριτηρίων βάσει των αποτελεσμάτων της εφαρμογής της μεθόδου UTASTAR
- Προσομοίωση αλλαγής τιμών στα διάφορα κριτήρια του προβλήματος
- Δημιουργία απλών σεναρίων για τις διάφορες τιμές των κριτηρίων
- Δημιουργία σύνθετων σεναρίων για τις διάφορες τιμές των κριτηρίων
- Δημιουργία στρατηγικών διείσδυσης νέων προϊόντων, βασιζόμενων στα ήδη υπάρχοντα, στην αγορά.

Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφεται αναλυτικά τόσο η εγκατάσταση, όσο και οι διάφορες λειτουργίες. Η περιγραφή θα βασιστεί σε ένα πραγματικό πρόβλημα που αφορά την αξιολόγηση προϊόντων λαδιού με διάφορα κριτήρια. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για την αξιολόγηση έξι εναλλακτικών ετικετών λαδιού με τις ονομασίες: *CARAPELLI*, *LERIDA*, *KOLYMVARI*, *HERLAD*, *JARRE d'OR* και *PUGET*, τα οποία αξιολογούνται με χρήση έξι κριτηρίων: *Influence*, *Color*, *Odour*, *Taste*, *Packaging* και *Price*, από είκοσι εννέα χρήστες.

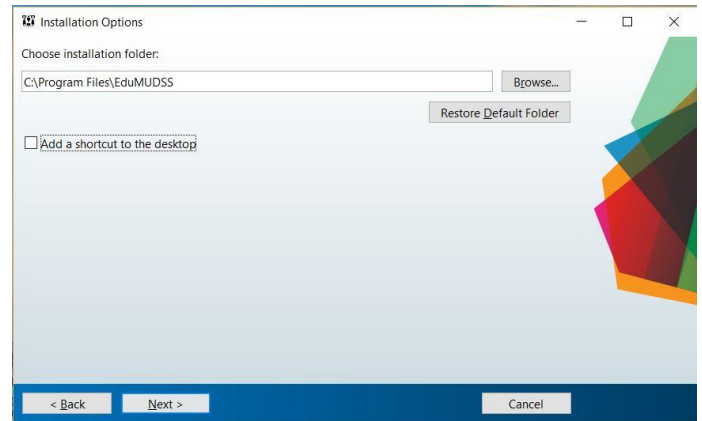
3.1.Εγκατάσταση του εργαλείου

Παρόλο που η υλοποίηση πραγματοποιήθηκε στο προγραμματιστικό περιβάλλον MATLAB, για την εκτέλεση δεν απαιτείται η παρουσία του MATLAB στον υπολογιστή. Αρκεί να υπάρχει εγκατεστημένο το *MATLAB Runtime*³, το οποίο είναι ένα δωρεάν πακέτο βιβλιοθηκών που επιτρέπει την εκτέλεση προγραμμάτων υλοποιημένων στο περιβάλλον MATLAB. Η εγκατάσταση το MATLAB Runtime γίνεται αυτόματα κατά την εγκατάσταση του Edu-MUDSS και χρειάζεται να γίνει μόνο την πρώτη φορά που εγκαθίσταται οποιοδήποτε standalone πρόγραμμα υλοποιημένο στο MATLAB, αρκεί τα επόμενα προγράμματα να έχουν υλοποιηθεί στην ίδια έκδοση του MATLAB, αλλιώς χρειάζεται εγκατάσταση και άλλης έκδοσης του MATLAB Runtime. Η αυτόματη εγκατάσταση του MATLAB Runtime μπορεί είτε να γίνει διαδικτυακά, οπότε το πρόγραμμα εγκατάστασης του Edu-MUDSS θα είναι πολύ μικρότερο, αλλά απαιτείται σύνδεση στο διαδίκτυο για την λήψη του MATLAB Runtime (~700MB), είτε στην περίπτωση που δεν υπάρχει η δυνατότητα λήψης του MATLAB Runtime, μπορεί αυτό να συμπεριληφθεί στο πρόγραμμα εγκατάστασης του Edu-MUDSS, κάνοντας όμως το πρόγραμμα εγκατάστασης πολύ μεγαλύτερο.

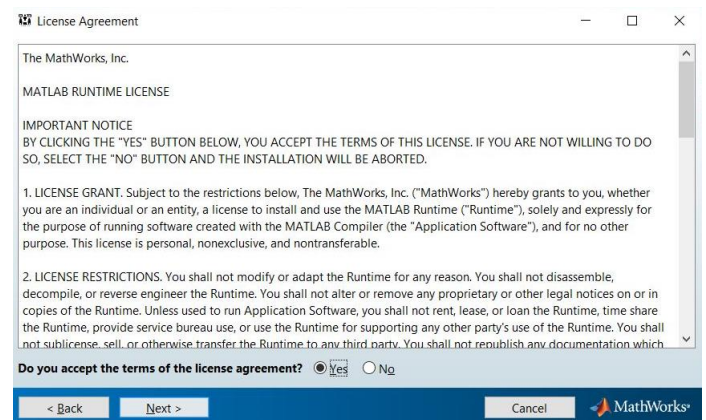
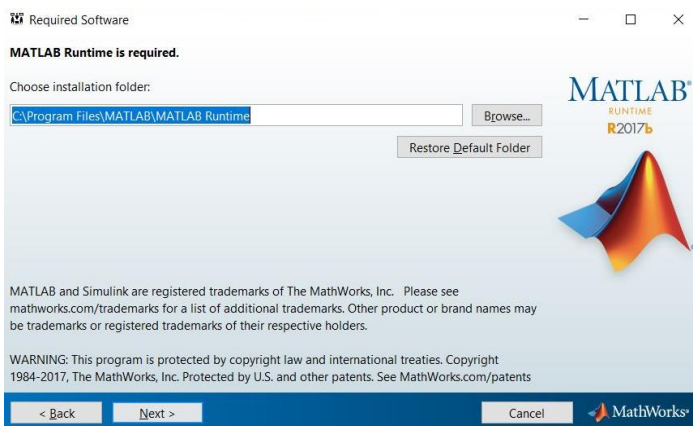
Παρακάτω περιγράφονται τα βήματα εγκατάστασης του Edu-MUDSS. Τα βήματα 1, 2 και 6 είναι κοινά. Στην περίπτωση που δεν είναι ήδη εγκατεστημένο το MATLAB Runtime στον υπολογιστή,

³ <https://www.mathworks.com/products/compiler/matlab-runtime.html>

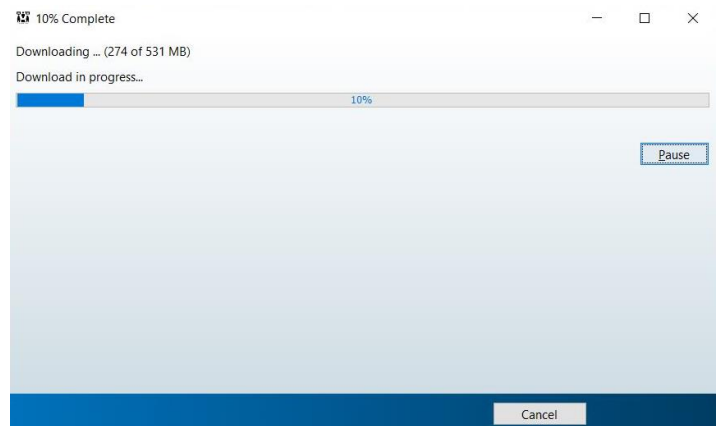
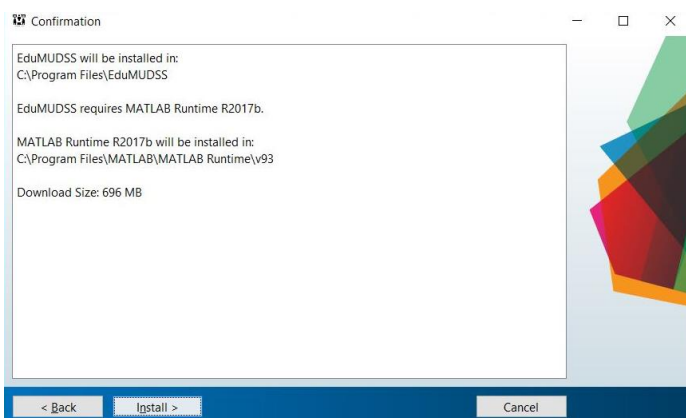
ακολουθούνται τα βήματα 3α, 4α, 5α και 6α, ενώ στην περίπτωση που είναι εγκατεστημένο ακολουθούνται τα βήματα 3β, 4β και 5β:



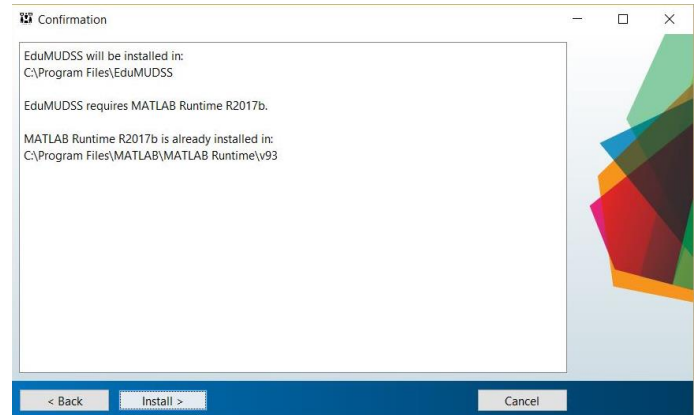
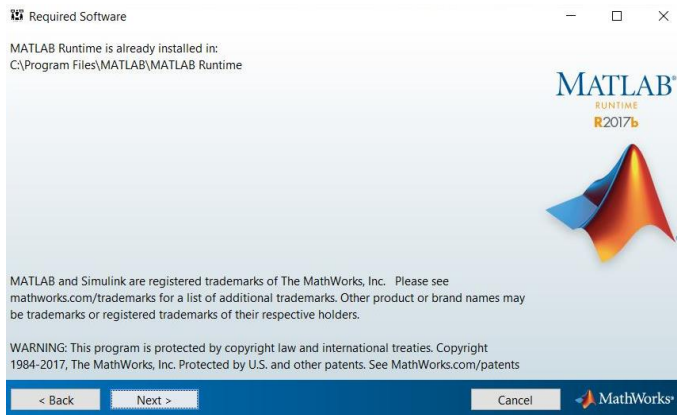
Εικόνα 3 Βήμα 1: Εκτέλεση Edu-MUDSS.exe, Βήμα 2: Επιλογή φακέλου εγκατάστασης



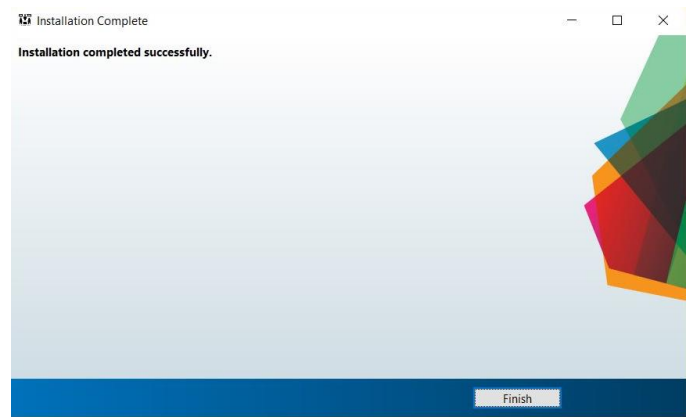
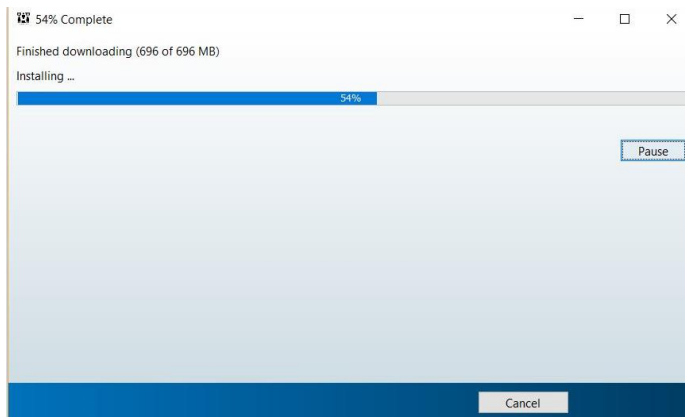
Εικόνα 4 Βήμα 3α: Επιλογή φακέλου εγκατάστασης MATLAB Runtime, Βήμα 4α: Αποδοχή όρων εγκατάστασης MATLAB Runtime



Εικόνα 5 Βήμα 5α: Πληροφορίες εγκατάστασης Edu-MUDSS και MATLAB Runtime, Βήμα 6α: Λήψη και εγκατάσταση MATLAB Runtime και εγκατάσταση Edu-MUDSS



Εικόνα 6 Βήμα 3β: Το MATLAB Runtime είναι ήδη εγκατεστημένο, Βήμα 4β: Πληροφορίες για εγκατάσταση EduMUDSS και MATLAB Runtime



Εικόνα 7 Βήμα 5β: Εγκατάσταση Edu-MUDSS, Βήμα 6: Τέλος εγκατάστασης

1. **Βήμα 1:** Με την εκτέλεση του προγράμματος εγκατάστασης EduMUDSS.exe εμφανίζεται η πρώτη εικόνα της Εικόνα 3.
2. **Βήμα 2:** Πατώντας Next εμφανίζεται η δεύτερη εικόνα της Εικόνα 3 όπου επιλέγεται σε ποιόν φάκελο θα εγκατασταθεί το Edu-MUDSS, καθώς και αν ο χρήστης επιθυμεί ή όχι να δημιουργηθεί εικονίδιο στην επιφάνεια εργασίας. Προτείνεται να διατηρηθεί ο φάκελος που υπάρχει ήδη στο παρπαθυρο εγκατάστασης.
3. **Βήμα 3α:** Αν δεν είναι ήδη εγκατεστημένο το MATLAB Runtime, στο Βήμα 3α ο χρήστης πρέπει να καθορίσει σε ποιον φάκελο θα εγκατασταθεί όπως φαίνεται στην πρώτη εικόνα της Εικόνα 4.
4. **Βήμα 4α:** Πατώντας Next, ο χρήστης πρέπει να αποδεχτεί τους όρους εγκατάστασης του MATLAB Runtime (Εικόνα 4).
5. **Βήμα 5α:** Στο βήμα 5α δίνονται οι πληροφορίες εγκατάστασης τόσο του Edu-MUDSS, όσο και του MATLAB Runtime (Εικόνα 5),

6. Βήμα 6α: Τέλος στο βήμα 6α, πραγματοποιείται η λήψη και η εγκατάσταση. Ο χρόνος εγκατάστασης εξαρτάται από την ταχύτητα του δικτύου (Εικόνα 5).
7. Βήμα 3β: Στην περίπτωση που είναι ήδη εγκατεστημένο το MATLAB Runtime, παραλείπονται τα βήματα 3α-6α, και εκτελείται, μετά το βήμα 2, το βήμα 3β (Εικόνα 6), όπου ο χρήστης πληροφορείται ότι είναι ήδη εγκατεστημένο το MATLAB Runtime
8. Βήμα 4β: στο βήμα 4β (Εικόνα 6) δίνονται, όπως και πριν, πληροφορίες για τους φακέλους εγκατάστασης.
9. Βήμα 5β: τέλος στο βήμα 5β, πραγματοποιείται η εγκατάσταση του Edu-MUDSS (Εικόνα 7).
10. Βήμα 6: όταν ολοκληρωθεί η εγκατάσταση, παρουσιάζεται μήνυμα ότι όλα έγιναν σωστά. Για να ολοκληρωθεί η εγκατάσταση οπ χρήστης πρέπει να πατήσει το κουμπί *Finish* (Εικόνα 7)

Στην περίπτωση που το MATLAB Runtime εμπεριέχεται στο πρόγραμμα εγκατάστασης, τα βήματα είναι όμοια με παραπάνω, χωρίς την απαίτηση σύνδεσης του υπολογιστή στο διαδίκτυο.

Απεγκατάσταση Edu-MUDSS και MATLAB Runtime

Για την απεγκατάσταση τόσο του Edu-MUDSS, όσο και του MATLAB Runtime, αρκεί να χρησιμοποιηθεί η εφαρμογή απεγκατάστασης των Windows (*Add or remove programs*). Επιλέγοντας είτε το MATLAB Runtime, είτε το Edu-MUDSS ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει την απεγκατάσταση του προγράμματος που επιθυμεί, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.

Apps & features

Manage optional features


Manage app execution aliases

Search, sort, and filter by drive. If you would like to uninstall or move an app, select it from the list.

Search this list

Sort by: Install date

Filter by: All drives



EduMUDSS

1.0

This app and its related info will be uninstalled.

Uninstall

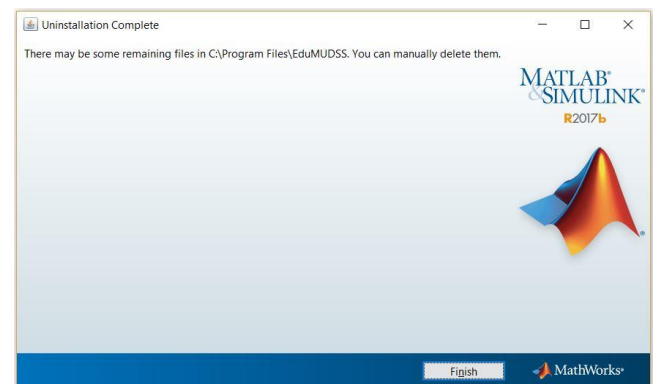
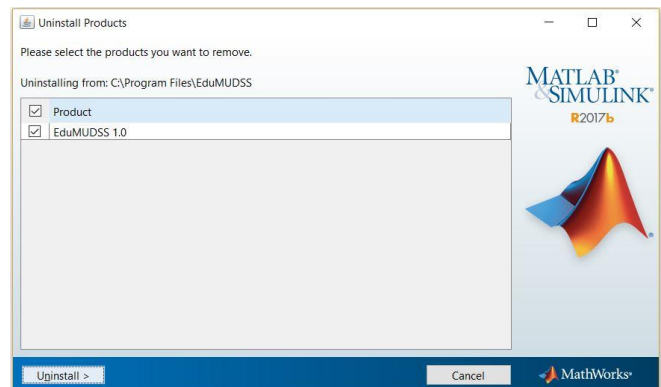
Modify

Uninstall



MATLAB Runtime 9.3

7/22/2019

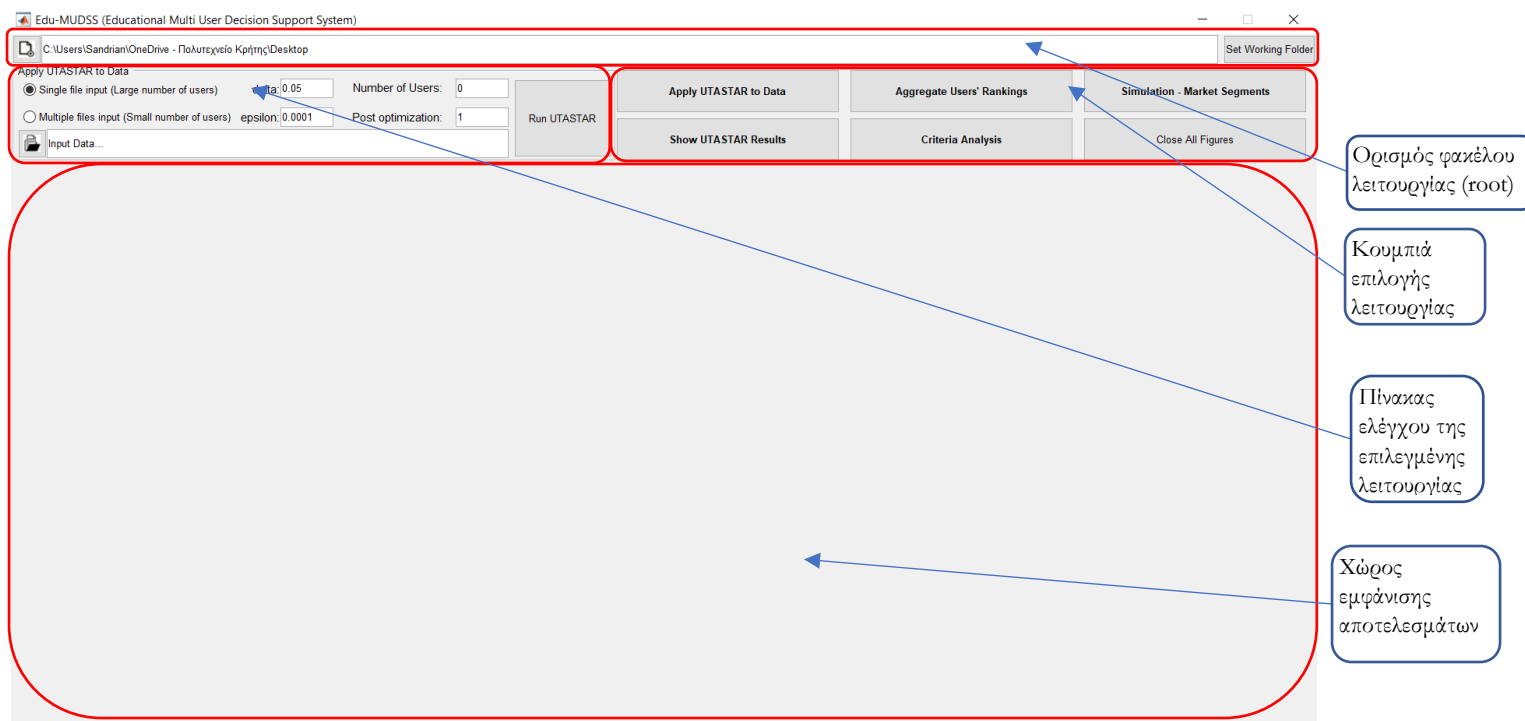


Εικόνα 8 Απεγκατάσταση προγραμμάτων

3.2. Εκτέλεση του προγράμματος - Δομή παραθύρου λειτουργίας

Η εγκατάσταση του προγράμματος δημιουργεί συντόμευση στο menu προγραμμάτων των Windows και, εφόσον το έχει επιλέξει ο χρήστης, εικονίδιο συντόμευσης στην *Επιφάνεια Εργασίας*. Η εκκίνηση του προγράμματος γίνεται με χρήση μίας από αυτές τις δύο επιλογές.

Το παράθυρο λειτουργίας του Edu-MUDSS αποτελείται από τέσσερις βασικές περιοχές, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9.



Εικόνα 9 Το παράθυρο λειτουργίας του Edu-MUDSS.

Ορισμός φακέλου λειτουργίας

Στο πάνω μέρος του παραθύρου του Edu-MUDSS φαίνεται ο φάκελος λειτουργίας του εργαλείου. Δηλαδή ο φάκελος στον οποίο μας μεταφέρει το Edu-MUDSS κάθε φορά που ο χρήστης επιθυμεί να κάνει άνοιγμα ή αποθήκευση δεδομένων. Για την αλλαγή του φακέλου λειτουργίας χρησιμοποιείται το κουμπί *Set Working Folder* στην πάνω δεξιά γωνία. Τέλος στην αριστερή πλευρά αυτής της περιοχής υπάρχει το κουμπί δημιουργίας νέου αρχείου δεδομένων που περιγράφεται στην παράγραφο 3.3.2.

Κουμπιά επιλογής λειτουργίας

Κάτω από την περιοχή ορισμού φακέλου λειτουργίας στην δεξιά πλευρά υπάρχουν τα κουμπιά επιλογής λειτουργίας του Edu-MUDSS. Οι λειτουργίες που προσφέρονται είναι:

- Εφαρμογή μεθόδου UTASTAR στα δεδομένα (*Apply UTASTAR to Data*)
- Εμφάνιση αποτελεσμάτων της εφαρμογής της μεθόδου UTASTAR (*Show UTASTAR Results*)
- Σύνθεση κατατάξεων των χρηστών για τις διάφορες εναλλακτικές για την εύρεση μιας αντιπροσωπευτικής κατάταξης (*Aggregate Users' Rankings*)

- Ανάλυση κριτηρίων και εφαρμογή της μεθοδολογίας σχετικής σημαντικότητας (*Criteria Analysis*)
- Τμηματοποίηση της αγοράς για τις εναλλακτικές του προβλήματος, δημιουργία προσομοιώσεων για αλλαγές στις τιμές των κριτηρίων, δημιουργία απλών και σύνθετων σεναρίων, καθώς και στρατηγικών διείσδυσης νέων προϊόντων στην αγορά (*Simulation – Market Segments*)

Στις παραγράφους 3.4 - 3.8 περιγράφονται αναλυτικά οι παραπάνω λειτουργίες.

3.3. Προετοιμασία και μορφή δεδομένων εισόδου

Τα δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιεί το Edu-MUDSS για να εκτελέσει τις διάφορες λειτουργίες, μπορεί να είναι είτε αποτελέσματα κάποιας έρευνας ως προς την αξιολόγηση των εναλλακτικών του εκάστοτε προβλήματος πάνω σε κάποια κριτήρια, μαζί με τις προδιατάξεις που καθορίζει κάθε χρήστης, είτε τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθόδου UTASTAR στα παραπάνω δεδομένα, και πρέπει να έχουν συγκεκριμένη μορφή, η οποία περιγράφεται στις παραγράφους που ακολουθούν.

3.3.1. Δεδομένα για εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR

Τα δεδομένα που προέρχονται από έρευνες μέσω ερωτηματολογίων και χρησιμοποιούνται ως αρχική είσοδο το Edu-MUDSS μπορεί είτε να βρίσκονται σε ένα αρχείο excel είτε σε πολλά αρχεία (ένα για κάθε χρήστη). Προτείνεται η χρήση της μεθόδου που χρησιμοποιεί ένα αρχείο, καθώς τα αποτελέσματά της είναι πιο αναλυτικά και είναι αυτά που χρησιμοποιεί το Edu-MUDSS για τις υπόλοιπες λειτουργίες του.

Δεδομένα σε ένα αρχείο

Στην περίπτωση χρήσης ενός αρχείου, τα δεδομένα απαντήσεων των χρηστών τοποθετούνται σε ένα φύλλο εργασίας που πρέπει να ονομάζεται **data** και έχουν τη μορφή που φαίνεται στην Εικόνα 10. Όπως φαίνεται στην εικόνα, τα δεδομένα τοποθετούνται μέσα στο φύλλο του Excel σε block χρηστών, όπου οι στήλες είναι τα διάφορα κριτήρια, οι γραμμές οι εναλλακτικές και κάθε χρήστης καταλαμβάνει τόσες γραμμές, όσες είναι οι εναλλακτικές. Είναι σημαντικό να διατηρηθεί ακριβώς η δομή των δεδομένων όπως φαίνεται στην Εικόνα 10, δηλαδή στην πρώτη γραμμή του φύλλου εργασίας των δεδομένων αρχίζοντας από την στήλη C τοποθετούνται τα ονόματα των κριτηρίων, στην δεύτερη γραμμή οι λέξεις *User* και *Alt/cr* και από την τρίτη γραμμή και μετά στην στήλη A το όνομα του χρήστη, που στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι *User1*, *User2*, ... στην στήλη B κάτω από το *Alt/cr* τα ονόματα των εναλλακτικών με την ίδια σειρά για κάθε χρήστη και μετά η βαθμολογία που δίνει ο κάθε χρήστης κάτω από το αντίστοιχο κριτήριο στις στήλες των κριτηρίων. Τέλος στην στήλη μετά το τελευταίο κριτήριο πρέπει να υπάρχει μία στήλη με το όνομα *Ranking*, στην οποία δίνεται η προδιάταξη που έχει καθορίσει ο χρήστης για τις εναλλακτικές. Στο ίδιο αρχείο, εκτός από το φύλλο εργασία με το όνομα *data* για την

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|-------|------------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|---------|
| 1 | | | Influence | Color | Odour | Taste | Packaging | Price | Ranking |
| 2 | Users | Alt/cr | | | | | | | |
| 3 | user1 | CARAPELLI | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 31 | 4 |
| 4 | | LERIDA | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 65 | 5 |
| 5 | | KOLYMVARI | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 20 | 6 |
| 6 | | HEDIARD | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 48 | 3 |
| 7 | | JARRE d'OR | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 37 | 2 |
| 8 | | PUGET | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 18 | 1 |
| 9 | user2 | CARAPELLI | 4 | 1 | 1 | 2 | 3 | 31 | 4 |
| 10 | | LERIDA | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 65 | 3 |
| 11 | | KOLYMVARI | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 20 | 6 |
| 12 | | HEDIARD | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 48 | 2 |
| 13 | | JARRE d'OR | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 37 | 5 |
| 14 | | PUGET | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 18 | 1 |
| 15 | user3 | CARAPELLI | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 31 | 2 |
| 16 | | LERIDA | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 65 | 6 |
| 17 | | KOLYMVARI | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 20 | 4 |

Εικόνα 10 Δεδομένα εισόδου UTASTAR σε ένα αρχείο

εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR είναι απαραίτητο να δίνεται η περιγραφή των δεδομένων και τα διάφορα καθώς και οι ρυθμίσεις της μεθόδου. Αυτά δίνονται σε ένα φύλο εργασίας το οποίο πρέπει να ονομάζεται *metadata* και η μορφή του παρουσιάζεται στην Εικόνα 11. Όπως φαίνεται στην εικόνα, στην πρώτη γραμμή, ξεκινώντας από τη στήλη B τοποθετούνται οι λέξεις: *Cri_attributes*, *Monotonicity*, *Type*, *Worst*, *Best* και *a*. Στην στήλη A ξεκινώντας από τη γραμμή 2 υπάρχουν νούμερα από το 1 έως το πλήθος των κριτηρίων, στην δεύτερη στήλη και ακριβώς κάτω από το *Cri_attributes*, δηλαδή ξεκινώντας από τη γραμμή 2, υπάρχουν τα ονόματα των κριτηρίων με την ίδια σειρά που υπάρχουν στην γραμμή 1 του φύλου εργασίας των δεδομένων. Στην στήλη C, κάτω από το *Monotonicity* δηλώνεται αν το κριτήριο είναι αύξον (όσο αυξάνουν οι τιμές που δίνουν οι χρήστες ως βαθμολογία στο φύλο δεδομένων τόσο καλύτερα) με την τιμή 0, ή φθίνον (όσο μειώνονται οι τιμές που δίνονται στο φύλο δεδομένων τόσο καλύτερα) με την τιμή 1. Στην στήλη D δηλώνεται αν το κριτήριο είναι διακριτό με την τιμή 0, ή συνεχές με την τιμή 1. Στις στήλες E και F δίνονται η χειρότερη και η καλύτερη τιμή για την βαθμολογία του κριτηρίου και τέλος στην στήλη G δίνεται το πλήθος των σημείων που θα χωρίσει η UTASTAR το διάστημα στο οποίο αξιολογείται κάθε κριτήριο, δηλαδή το πλήθος των σημείων μεταξύ των g_i^* και g_i^* .

| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|-----------------------|---------------------|-------------|--------------|-------------|----------|
| 1 | | Cri_attributes | Monotonicity | Type | Worst | Best | a |
| 2 | 1 | Influence | 0 | 1 | 1 | 4 | 4 |
| 3 | 2 | Color | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 4 | 3 | Odour | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 5 | 4 | Taste | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 6 | 5 | Packaging | 0 | 1 | 1 | 4 | 4 |
| 7 | 6 | Price | 1 | 0 | 65 | 18 | 5 |

Εικόνα 11 Περιγραφή δεδομένων (*metadata*) για UTASTAR

Δεδομένα σε πολλά αρχεία

Στην περίπτωση που τα δεδομένα βρίσκονται σε πολλά αρχεία, αυτά θα πρέπει να ονομάζονται με ένα συνθετικό και ένα νούμερο π.χ. *oil1.xlsx*, *oil2.xlsx*, ... *oilk.xlsx*, όπου *k* το πλήθος των χρηστών, οπότε κάθε αρχείο θα αφορά έναν χρήστη, και επίσης θα πρέπει στον ίδιο φάκελο να υπάρχει ένα αρχείο που θα περιέχει τα μεταδεδομένα του προβλήματος και θα ονομάζεται με χρήση του προθέματος *meta-* και το ίδιο συνθετικό με τα ονόματα των αρχείων χρηστών, δηλαδή στην περίπτωση που μελετάμε θα ονομάζεται *metaoil.xlsx*. Η μορφή των δεδομένων και των μεταδεδομένων μέσα στα παραπάνω αρχεία φαίνεται στην Εικόνα 12.


| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|------------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|---------|
| 1 | alt/cr | Influence | Color | Odour | Taste | Packaging | Price | Ranking |
| 2 | CARAPPELLI | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 31 | 4 |
| 3 | LERIDA | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 65 | 5 |
| 4 | KOLYMVARI | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 20 | 6 |
| 5 | HEDIARD | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 48 | 3 |
| 6 | JARRE d'OR | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 37 | 2 |
| 7 | PUGET | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 18 | 1 |
| 8 | | | | | | | | |

| | A | B | C | D | E | F |
|---|-----------|--------------|------|-------|------|---|
| 1 | cri/atrib | Monotonicity | type | worst | best | a |
| 2 | Rent | 1 | 0 | 450 | 150 | 4 |
| 3 | Space | 0 | 0 | 40 | 120 | 4 |
| 4 | Location | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 5 | Age | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 6 | Comfort | 0 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 7 | Extras | 0 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 8 | | | | | | |

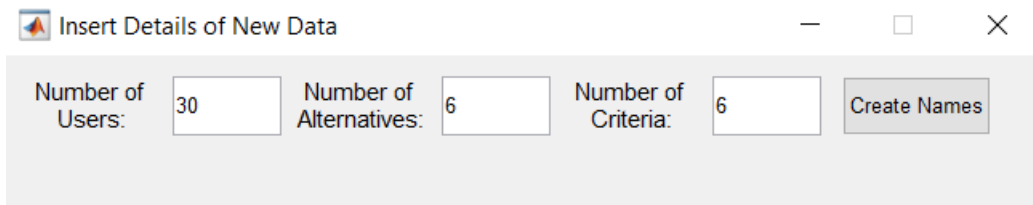
Εικόνα 12 Μορφή δεδομένων και μεταδεδομένων για χρήση πολλαπλών αρχείων

Σε όλα τα παραπάνω αρχεία, τα στοιχεία μορφοποίησης των δεδομένων (πλάτος στηλών, έντονη γραμματοσειρά, πλαίσια κτλ), δεν επηρεάζουν την εισαγωγή των δεδομένων στο Edu-MUDSS.

3.3.2. Δημιουργία νέου αρχείου δεδομένων

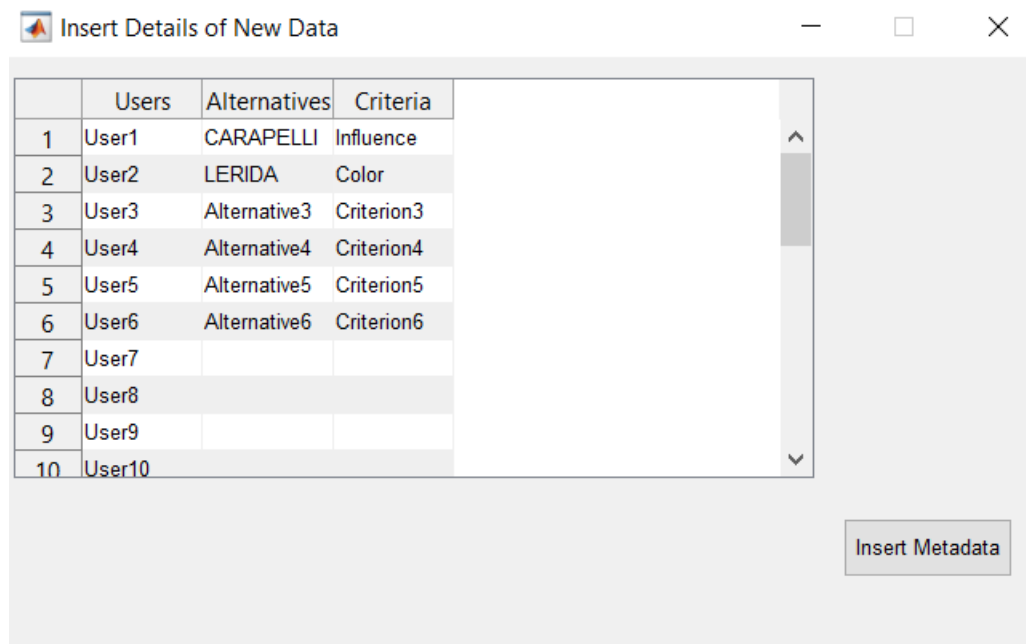
Αν και συνήθως τα δεδομένα εισόδου δίνονται έτοιμα στον χρήστη, το Edu-MUDSS δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει νέο αρχείο δεδομένων. Πιέζοντας το κουμπί  που βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του ορισμού φακέλου λειτουργίας (Εικόνα 9) ανοίγει ένα νέο παράθυρο το οποίο ζητάει τα πλήθη των βασικών μεταβλητών των δεδομένων: πλήθος χρηστών, πλήθος εναλλακτικών και πλήθος

κριτηρίων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 13. Τα προεπιλεγμένα πλήθη είναι πέντε για όλα τα στοιχεία. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ο χρήστης έχει ορίσει ότι επιθυμεί δεδομένα που αποτελούνται



Εικόνα 13 Εισαγωγή πλήθους βασικών μεταβλητών των δεδομένων

από τριάντα χρήστες, έξι εναλλακτικές και έξι κριτήρια. Πατώντας το κουμπί *Create Names*, ανοίγει ένα νέο παράθυρο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 14, όπου ο χρήστης μπορεί να εισάγει τα ονόματα των βασικών

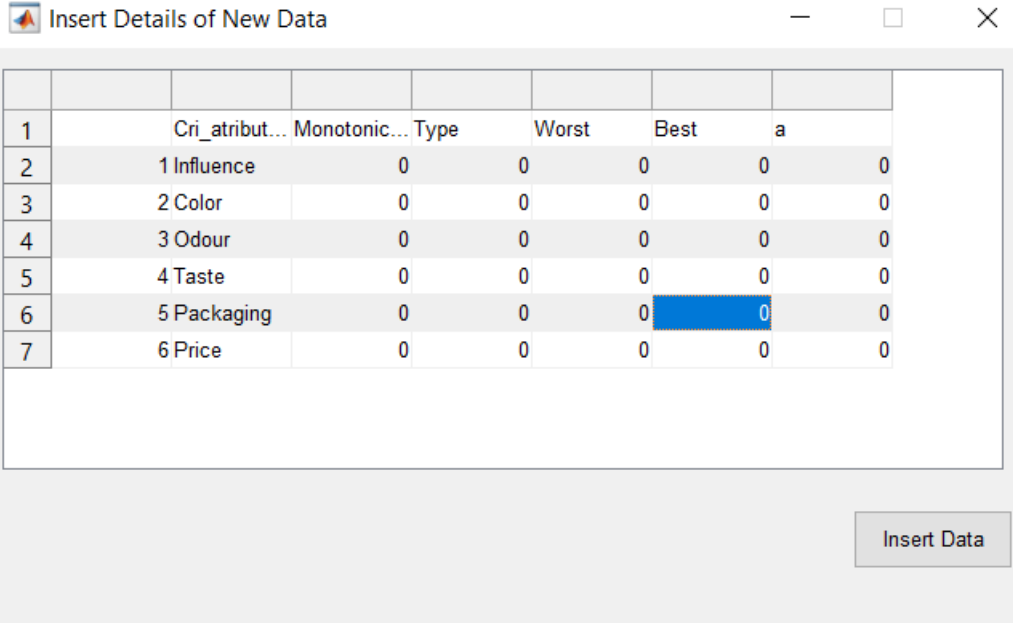


| | Users | Alternatives | Criteria |
|----|--------|--------------|------------|
| 1 | User1 | CARAPELLI | Influence |
| 2 | User2 | LERIDA | Color |
| 3 | User3 | Alternative3 | Criterion3 |
| 4 | User4 | Alternative4 | Criterion4 |
| 5 | User5 | Alternative5 | Criterion5 |
| 6 | User6 | Alternative6 | Criterion6 |
| 7 | User7 | | |
| 8 | User8 | | |
| 9 | User9 | | |
| 10 | User10 | | |

Εικόνα 14 Εισαγωγή ονομάτων των βασικών μεταβλητών

μεταβλητών. Τα προεπιλεγμένα ονόματα αποτελούνται από τα *User<n>*, *Alternative<m>* και *Criterion<k>*, με όπου *<n>*, *<m>*, και *<k>* ο αύξων αριθμός της αντίστοιχης μεταβλητής, όπως φαίνεται στην Εικόνα 14. Ο χρήστης μπορεί είτε να αλλάξει τα ονόματα είτε να αφήσει τα προεπιλεγμένα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα εισάγονται τα ονόματα των δεδομένων του παραδείγματος που χρησιμοποιούμε. Στη συνέχεια, με χρήση του κουμπιού *Insert Metadata* εμφανίζεται το παράθυρο της Εικόνα 15, όπου εισάγονται τα μεταδεδομένα του προβλήματος, όπως αυτά περιγράφονται στην παράγραφο 3.3.1. Οι αρχικές τιμές είναι μηδέν και ο χρήστης πρέπει να συμπληρώσει τις επιθυμητές τιμές στα αντίστοιχα πεδία. Τέλος, αφού συμπληρωθούν τα μεταδεδομένα του προβλήματος, πατώντας το κουμπί *Insert Data*, ανοίγει το παράθυρο που φαίνεται στην Εικόνα 16, όπου πρέπει να συμπληρωθούν τα δεδομένα του προβλήματος για κάθε χρήστη στα διάφορα κριτήρια. Οι αρχικές τιμές και σε αυτά τα δεδομένα είναι μηδέν και, εκτός από τα κριτήρια, έχει εισαχθεί και μία στήλη με το όνομα *Ranking* όπου

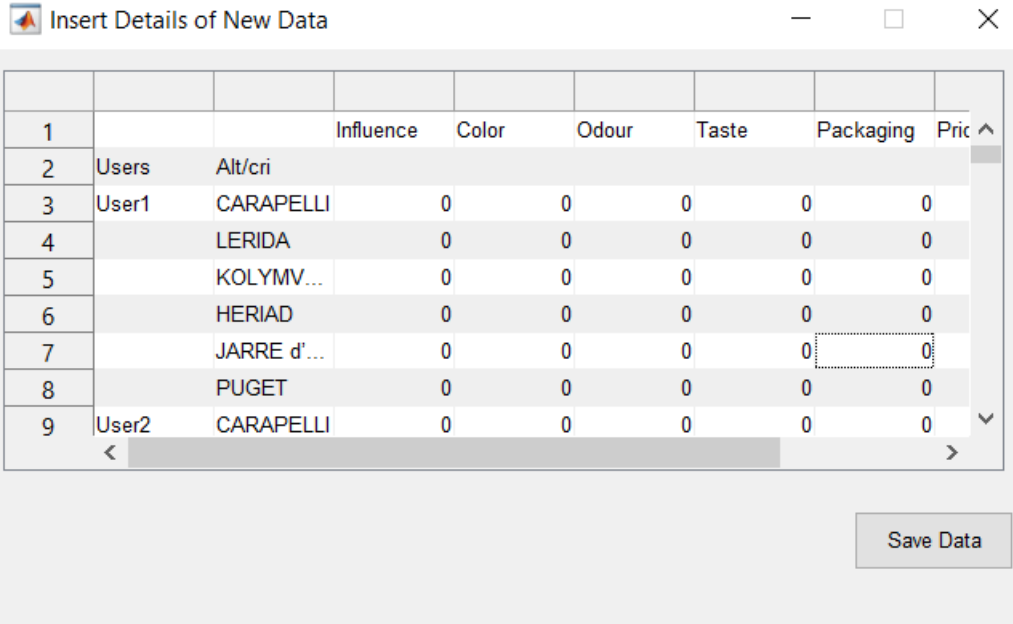
εισάγεται η προδιάταξη που έχει ορίσει κάθε ερωτώμενος. Με χρήση του κουμπιού *Save Data* πραγματοποιείται η αποθήκευση των δεδομένων σε ένα αρχείο excel, το οποίο έχει τη μορφή που περιγράφεται στην παράγραφο 3.3.1.



| 1 | | Cri_atribut... | Monotonic... | Type | Worst | Best | a |
|---|--|----------------|--------------|------|-------|------|---|
| 2 | | 1 Influence | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | | 2 Color | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | | 3 Odour | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | | 4 Taste | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | | 5 Packaging | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | | 6 Price | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Insert Data

Εικόνα 15 Εισαγωγή μεταδεδομένων



| 1 | | | Influence | Color | Odour | Taste | Packaging |
|---|-------|-------------|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| 2 | Users | Alt/cr | | | | | |
| 3 | User1 | CARAPELLI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | | LERIDA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | | KOLYMV... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | | HERIAD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | | JARRE d'... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | | PUGET | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | User2 | CARAPELLI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

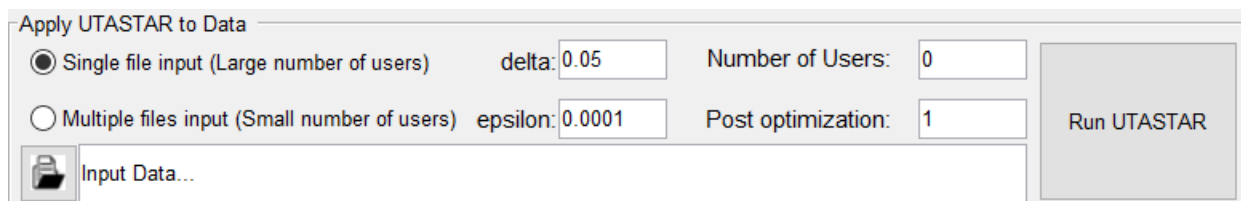
Save Data

Εικόνα 16 Εισαγωγή δεδομένων

3.4.Εφαρμογή UTASTAR στα δεδομένα

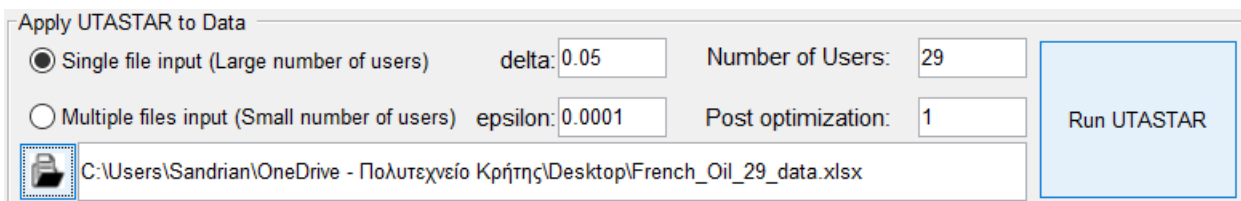
Αφού προετοιμαστούν σωστά τα δεδομένα, είτε μέσα από το Edu-MUDSS, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 3.3.2, είτε από έτοιμο αρχείο, μπορεί να ξεκινήσει η ανάλυση και η επεξεργασία τους μέσα από τις διάφορες λειτουργίες που προσφέρει το Edu-MUDSS. Το πρώτο βήμα είναι η εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR στα δεδομένα, ώστε να εξαχθούν τα μεγέθη που θα χρησιμοποιηθούν στις επόμενες λειτουργίες. Επιλέγοντας το κουμπί *Apply UTASTAR to Data* από τα κουμπιά επιλογής λειτουργίας, ο πίνακας ελέγχου επιλεγμένης λειτουργίας παίρνει την μορφή της Εικόνα 17. Εκεί ο χρήστης πρέπει να ορίσει

1. Αν επιθυμεί να επεξεργαστεί δεδομένα που βρίσκονται σε ένα ή σε πολλά αρχεία, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 3.3.1, επιλέγοντας *Single Input File* ή *Multiple Input File*,
2. Τις διάφορες παραμέτρους της UTASTAR (*delta*, *epsilon*),
3. Αν επιθυμεί (*Post optimization* = 1) ή δεν επιθυμεί (*Post optimization* = 0) να πραγματοποιηθεί μεταβελτιστοποίηση και
4. Το αρχείο μέσα στο οποίο υπάρχουν τα δεδομένα αν πρόκειται για δεδομένα σε ένα αρχείο, ή το τελευταίο από τα αρχεία όπου υπάρχουν τα δεδομένα εάν πρόκειται για δεδομένα σε πολλά αρχεία



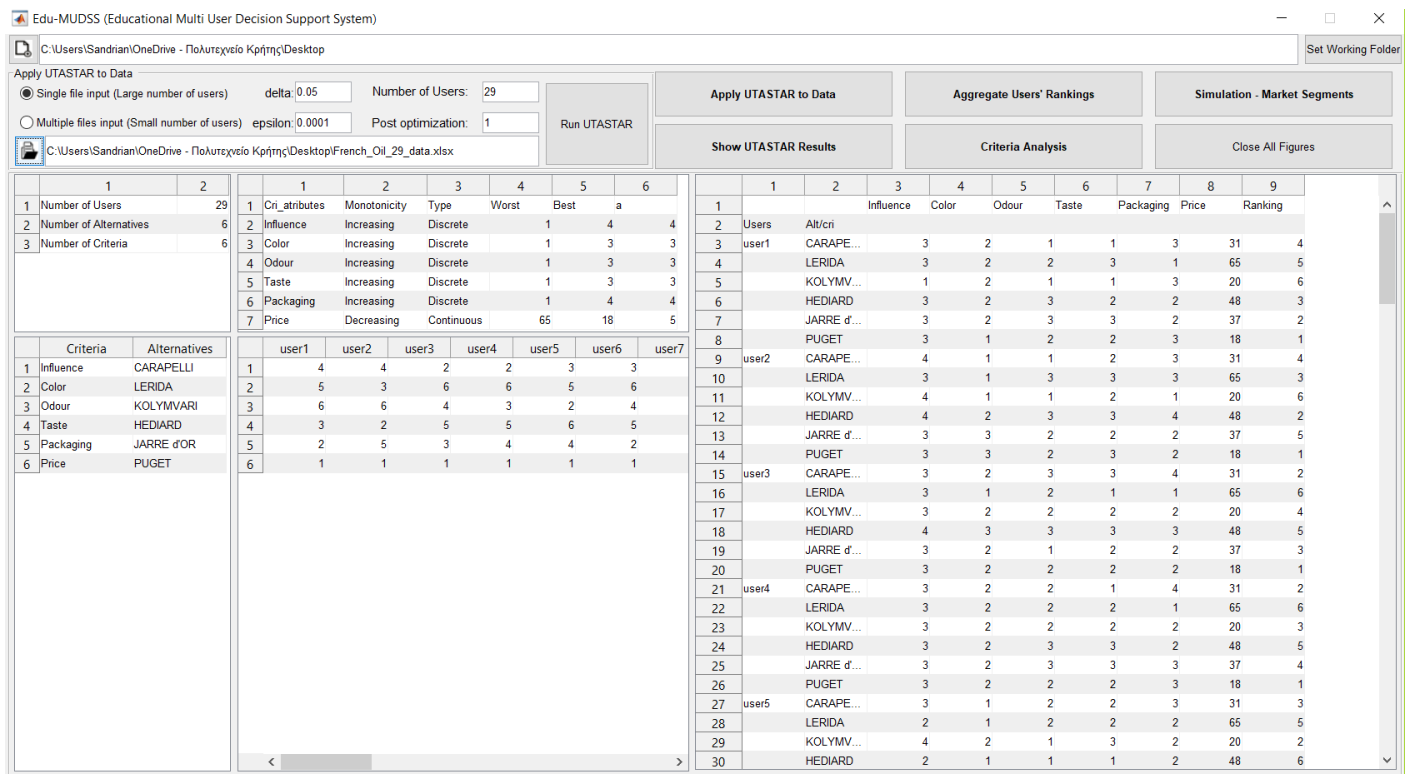
Εικόνα 17 Πίνακας ελέγχου εφαρμογής UTASTAR

Αφού ορισθούν τα παραπάνω και επιλεγεί το αρχείο δεδομένων το Edu-MUDSS συμπληρώνει αυτόματα το πεδίο *Number of Users* με το πλήθος των χρηστών που εντόπισε στα δεδομένα. Αν αυτό το πλήθος αλλαχθεί από τον χρήστη με νούμερο μικρότερο από το πραγματικό πλήθος των χρηστών η εφαρμογή της μεθόδου θα γίνει στο αλλαγμένο πλήθος. Στην Εικόνα 18 φαίνεται η επιλογή του αρχείου *French_Oil_29_data.xlsx* το οποίο περιέχει δεδομένα για είκοσι εννέα χρήστες.



Εικόνα 18 Πίνακας ελέγχου εφαρμογής UTASTAR με επιλεγμένο αρχείο δεδομένων

Κατά την επιλογή του αρχείου δεδομένων, εκτός από το πλήθος των χρηστών το Edu-MUDSS προβάλλει, για εποπτικούς λόγους, τα δεδομένα που έχουν επιλεγεί, όπως φαίνεται στην Εικόνα 19.



Εικόνα 19 Επιλογή δεδομένων για εφαρμογή UTASTAR

Πατώντας το κουμπί *Run UTASTAR* στην δεξιά πλευρά του πίνακα ελέγχου επιλεγμένης λειτουργίας, το Edu-MUDSS ζητάει τις λεπτομέρειες αποθήκευσης του αρχείου αποτελεσμάτων (όνομα αρχείου και θέση στον δίσκο) και αφού ορισθεί αυτό πραγματοποιείται η εφαρμογή της UTASTAR στα δεδομένα και τελικά εξάγεται το αρχείο αποτελεσμάτων, το οποίο στο συγκεκριμένο παράδειγμα ονομάστηκε *French_Oil_29_results.xlsx*.

3.5. Παρουσίαση αποτελεσμάτων UTASTAR

Το αρχείο αποτελεσμάτων της μεθόδου UTASTAR αποτελείται από καρτέλες οι οποίες περιέχουν τα αρχικά δεδομένα, και τα αποτελέσματα της μεθόδου, όπως περιγράφονται στον Πίνακα 2. Οι καρτέλες που περιέχουν την λέξη *post* στο όνομά τους αναφέρονται στα αποτελέσματα που προκύπτουν μετά από μεταβελτιστοποίηση, και αποθηκεύονται στο αρχείο αποτελεσμάτων μόνο όταν ο χρήστης επιλέξει 1 στο πεδίο *Post optimization*:

Πίνακας 2 Καρτέλες αρχείου δεδομένων

| Καρτέλα | Δεδομένα |
|--|--|
| <i>Data, Metadata</i> | Δεδομένα και μεταδεδομένα του προβλήματος |
| <i>Wij_opt, Wij_postopt</i> | Βάρη w_{ij} |
| <i>Marginal, Marginal_post</i> | Μερικές συναρτήσεις χρησιμότητας |
| <i>Marginal_norm, Marginal_post_norm</i> | Κανονικοποιημένες μερικές αξίες χρησιμότητας |
| <i>Weights, Weights_post</i> | Βάρη των κριτηρίων |
| <i>Utilities, Utilities_post</i> | Χρησιμότητες |
| <i>t-Kendall, t-Kendall_post</i> | t του Kendall |

Εκτός από το αρχείο των αποτελεσμάτων, το Edu-MUDSS προσφέρει τη δυνατότητα εποπτικής παρουσίασής τους μέσω πινάκων και γραφημάτων, με την επιλογή *Show UTA STAR Results*. Στην Εικόνα 20 φαίνεται ο πίνακας ελέγχου επιλεγμένης λειτουργίας για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Όταν ο

Εικόνα 20 Πίνακας ελέγχου λειτουργίας παρουσίασης αποτελεσμάτων UTA STAR

χρήστης επιλέξει το αρχείο των αποτελεσμάτων εμφανίζονται αυτόματα τα δεδομένα μέσα στο κυρίως παράθυρο σε πίνακες για κάθε ερωτώμενο όπως φαίνεται στην Εικόνα 21. Στον πρώτο πίνακα εμφανίζεται το t του Kendall, στον δεύτερο τα βάρη των κριτηρίων, στον τρίτο οι χρησιμότητες των εναλλακτικών και στον τέταρτο οι κανονικοποιημένες μερικές συναρτήσεις χρησιμότητας.

Edu-MUDSS (Educational Multi User Decision Support System)

C:\Users\Sandrian\OneDrive - Πολυτεχνείο Κρήτης\Desktop

Set Working Folder

Show UTA Results

All Users

Three random users

Mean Values

Similar marginals in one figure

Only Mean Values

Range of Users: 1-3,5,7-8

Weights in one figure

Utilities in one figure

C:\Users\Sandrian\OneDrive - Πολυτεχνείο Κρήτης\Desktop\French_Oil_29_results.xlsx

Show UTASTAR Results

Apply UTASTAR to Data

Aggregate Users' Rankings

Simulation - Market Segments

Show UTASTAR Results

Criteria Analysis

Close All Figures

1

2

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3

4

5

6

7

1

2

3</

Εικόνα 21 Δεδομένα αποτελεσμάτων

Χρησιμοποιώντας το κουμπί *Show UTA STAR Results* πραγματοποιείται γραφική αναπαράσταση των παραπάνω. Τα διαγράμματα που μπορούν να παρουσιαστούν μέσω του Edu-MUDSS, όπως και οι πίνακες, περιλαμβάνουν τις μερικές συναρτήσεις χρησιμότητας για κάθε εναλλακτική, τα βάρη των κριτηρίων και τις χρησιμότητες των εναλλακτικών και ανοίγουν σε εξωτερικά παράθυρα. Το πλήθος των

διαγραμμάτων που θα προκύψουν εάν ο χρήστης αποφασίσει να απεικονίσει όλα τα παραπάνω δεδομένα για όλους τους χρήστες σε ξεχωριστά διαγράμματα είναι:

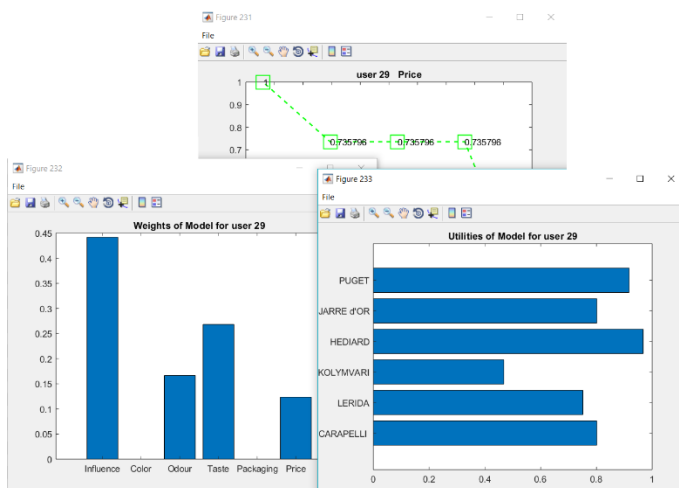
$$\text{πλήθος διαγραμμάτων} = (\text{πλήθος κριτηρίων} + 2) \cdot (\text{πλήθος χρηστών})$$

Οπότε στο παράδειγμα που χρησιμοποιούμε θα είναι:

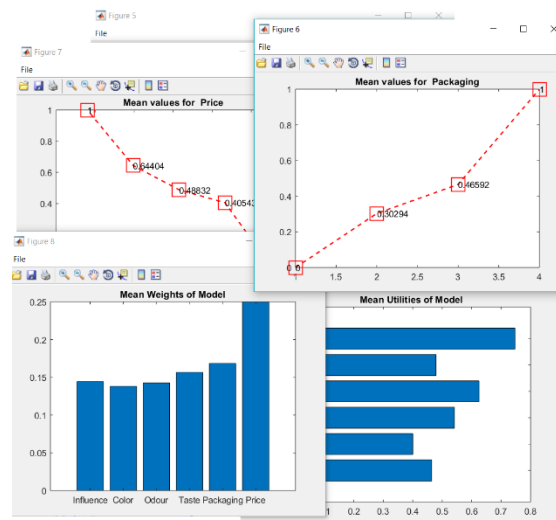
$$\text{πλήθος διαγρ.} = (6 + 2) \cdot 29 = 232 \text{ διαγράμματα}$$

Το 2 στην παραπάνω σχέση προκύπτει από τα δύο επιπλέον διαγράμματα που χρειάζονται για την απεικόνιση των βαρών των κριτηρίων και των χρησιμότητων των εναλλακτικών. Φαίνεται από τα παραπάνω ότι ακόμα και σε όχι πολύ μεγάλο πλήθος κριτηρίων και χρηστών, το πλήθος των διαγραμμάτων γίνεται πολύ μεγάλο. Για την αντιμετώπιση αυτού του θέματος, το Edu-MUDSS προσφέρει τέσσερις τρόπους παρουσίασης των διαγραμμάτων:

- All Users: Με αυτήν την επιλογή, εμφανίζονται όλα τα διαγράμματα των αποτελεσμάτων σε χωριστά παράθυρα, ένα για κάθε μέγεθος που παρουσιάζεται, όπως φαίνεται στην Εικόνα 22.
- Only Mean Values: Η επιλογή αυτή δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να παρουσιάσει μόνο τις μέσες τιμές από όλα τα μεγέθη στα διαγράμματα. Το πλήθος των διαγραμμάτων που θα εμφανιστεί θα είναι: $\text{πλήθος κριτηρίων} + 2$ όπως φαίνεται στην Εικόνα 23.
- Three Random Users: Με χρήση αυτής της επιλογής παρουσιάζονται τυχαία τρεις χρήστες
- Range of Users: Με αυτήν την επιλογή ο χρήστης του Edu-MUDSS έχει τη δυνατότητα να επιλέξει για ποιους ερωτώμενους θα εμφανιστούν διαγράμματα αποτελεσμάτων. Υπάρχει η δυνατότητα να οριστεί κάποιος συγκεκριμένος ερωτώμενος ή διαστήματα ερωτώμενων με χρήση παύλας. Τα διαστήματα θα πρέπει να χωρίζονται με κόμμα. Για παράδειγμα, για να εμφανιστούν τα διαγράμματα για τους ερωτώμενους 2, 3, 4, 5, 12, 17, 18, 22, 23, 24, ο χρήστης πρέπει να γράψει: 2-5, 12, 17-18, 22-24.



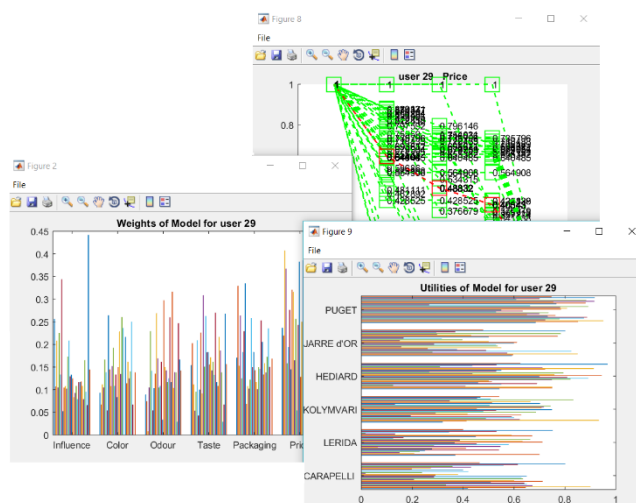
Εικόνα 22 Επιλογή All Users



Εικόνα 23 Επιλογή Only Mean Values

Μαζί με τις παραπάνω επιλογές προσφέρεται η δυνατότητα προσθήκης της μέσης τιμής μέσα στα διαγράμματα καθώς και εμφάνισης των διαγραμμάτων σε μία εικόνα για κάθε είδος δεδομένου με τα κουμπιά επιλογής *Mena Values*, *Similar marginals in one figure*, *Weights in one figure*, *Utilities in one figure* του πίνακα ελέγχου (Εικόνα 20). Στην Εικόνα 24 φαίνονται οι εικόνες των αποτελεσμάτων με όλα τα διαγράμματα μαζί και για τους 29 χρήστες.

Για το κλείσιμο όλων των εξωτερικών παραθύρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί το κουμπί *Close All Figures* στην δεξιά πλευρά των κουμπιών επιλογής λειτουργίας



Εικόνα 24 Όλα τα διαγράμματα ίδιου είδους σε μία εικόνα

3.6. Σύνθεση αρχικών κατατάξεων χρηστών

Τα δεδομένα εισόδου, μεταξύ των άλλων, περιέχουν και την αρχική προτίμηση του εκάστοτε ερωτώμενου, δηλαδή την προδιατάξη στην οποία δηλώνεται με ποια σειρά ο ερωτώμενος κατατάσσει τις διάφορες εναλλακτικές. Ένας γρήγορος και απλός τρόπος αξιολόγησης των εναλλακτικών είναι η εύρεση μιας συνολικής κατάταξης η οποία να βασίζεται σε αυτές τις προδιατάξεις. Το Edu-MUDSS χρησιμοποιεί τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 2.2 για να πραγματοποιήσει την σύνθεση των προδιατάξεων. Στην Εικόνα 25 φαίνεται ο πίνακας ελέγχου για την λειτουργία της σύνθεσης των προδιατάξεων. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ποιες από τις μεθόδους θα χρησιμοποιηθούν.

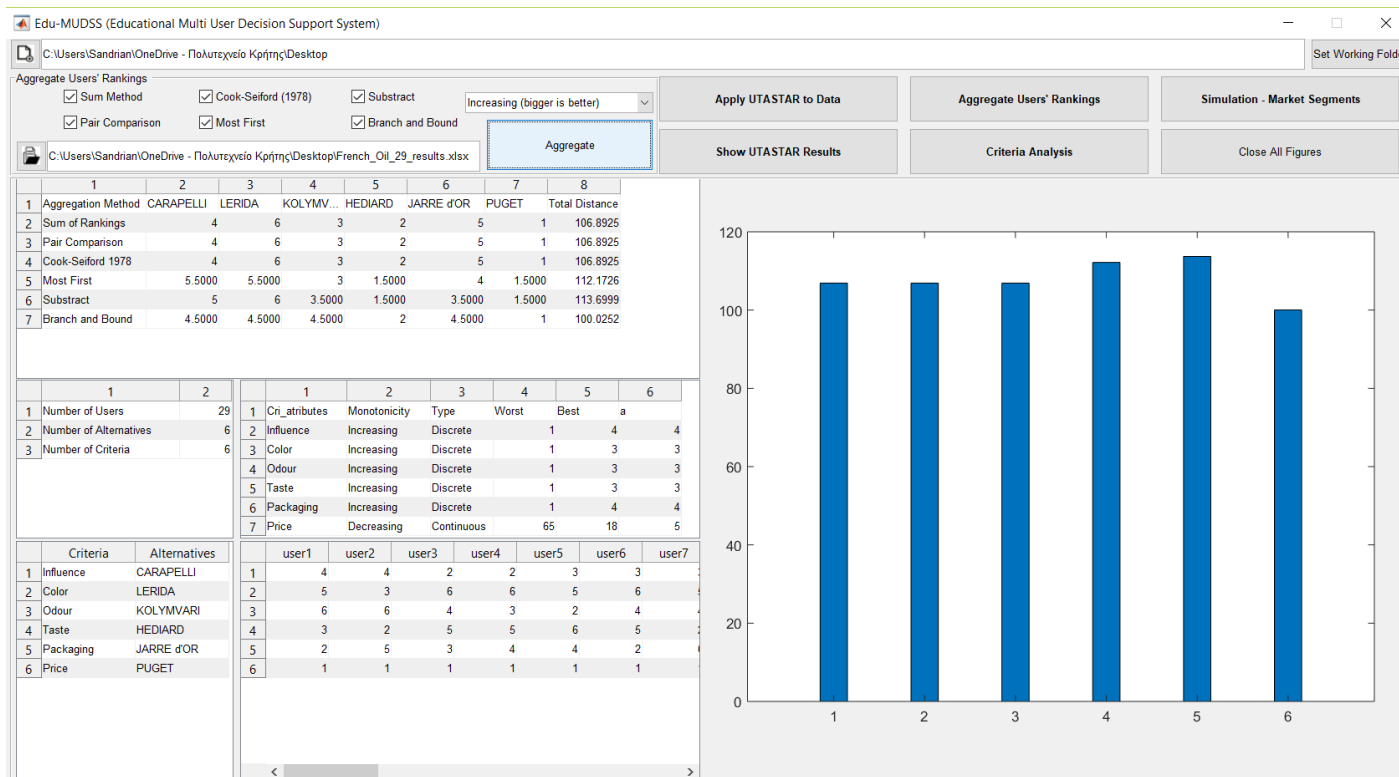
Εικόνα 25 Πίνακας ελέγχου λειτουργίας σύνθεσης προδιατάξεων

Στον Πίνακα 3 φαίνεται η αντιστοιχία των μεθόδων που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 2.2 για τον υπολογισμό της τελικής σύνθεσης των προδιατάξεων των ερωτώμενων, με τις επιλογές στον πίνακα ελέγχου της σύνθεσης αποτελεσμάτων του Edu-MUDSS.

Πίνακας 3 Επιλογές μεθόδων σύνθεσης προδιατάξεων

| Επιλογή | Μέθοδος |
|-------------------|--|
| Sum Method | 2.2.1 Μέθοδος Borda – Άθροισμα Κατατάξεων |
| Pair Comparison | 2.2.2 Κανόνες πλειοψηφίας συγκρίσεων ανά ζεύγη (pairwise comparison majority rule) |
| Cook-Seiford 1978 | 2.2.3 Μέθοδος Cook-Seiford (1978) |
| Branch and Bound | 2.2.4 Μέθοδος ελάχιστης διακύμανσης (Branch and Bound) |
| Most First | 2.2.5 Μέθοδος πλειονότητας |
| Substract | 2.2.6 Μέθοδος πλειονότητας με αφαίρεση |

Αφού ο χρήστης επιλέξει το αρχείο, είτε των αποτελεσμάτων είτε των δεδομένων, γιατί αυτό που χρειάζεται στη συγκεκριμένη λειτουργία είναι οι προδιατάξεις των χρηστών που υπάρχουν και στα δύο, εμφανίζονται αυτόματα τα δεδομένα του προβλήματος σε πίνακες στην κάτω αριστερή γωνία του χώρου εμφάνισης των αποτελεσμάτων. Η διαδικασία της σύνθεσης των προδιατάξεων, αφού έχει επιλεγεί το αρχείο με τα δεδομένα, πραγματοποιείται με τη χρήση του κουμπιού *Aggregate*. Επιπλέον πρέπει να επιλεγεί εάν η κλίμακα των προδιατάξεων είναι αύξουσα (μικρότερο = χειρότερο) ή φθίνουσα (μικρότερο = καλύτερο) με την αντίστοιχη επιλογή στην πτυσσόμενη λίστα στον πίνακα ελέγχου. Αφού πραγματοποιηθεί η διαδικασία τα αποτελέσματα έχουν τη μορφή της Εικόνα 26. Παρατηρούμε ότι οι



Εικόνα 26 Αποτελέσματα σύνθεσης προδιατάξεων

τελικές προδιατάξεις των εναλλακτικών για κάθε μέθοδο εμφανίζονται στο πάνω αριστερό μέρος του χώρου των αποτελεσμάτων. Οι αδιαφορίες (ισοπαλίες) αν υπάρχουν αντιμετωπίζονται από κάθε μέθοδο ενώ έχει προστεθεί και μία επιπλέον στήλη που ονομάζεται *Total Distance* στην οποία φαίνεται η συνολική

απόσταση κάθε συνολικής διάταξης από όλες τις προδιατάξεις από τις οποίες προέκυψε και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$D = \sum_{k=1}^n \sqrt{\sum_{l=1}^m (x_l^A - x_l^k)^2}$$

όπου:

n = πλήθος ερωτώμενων

m = πλήθος εναλλακτικών

x_l^A = τιμές (συντεταγμένες) τελικής διάταξης που προκύπτει από την εφαρμογή κάθε μεθόδου, $l = 1, \dots, m$

x_l^k = τιμές (συντεταγμένες) κάθε προδιάταξης από κάθε ερωτώμενο, $l = 1, \dots, m$ και $k = 1, \dots, n$

Αυτές οι αποστάσεις, για καλύτερη σύγκριση εμφανίζονται και γραφικά στο γράφημα που φαίνεται στην δεξιά πλευρά του χώρου των αποτελεσμάτων.

3.7. Ανάλυση κριτηρίων

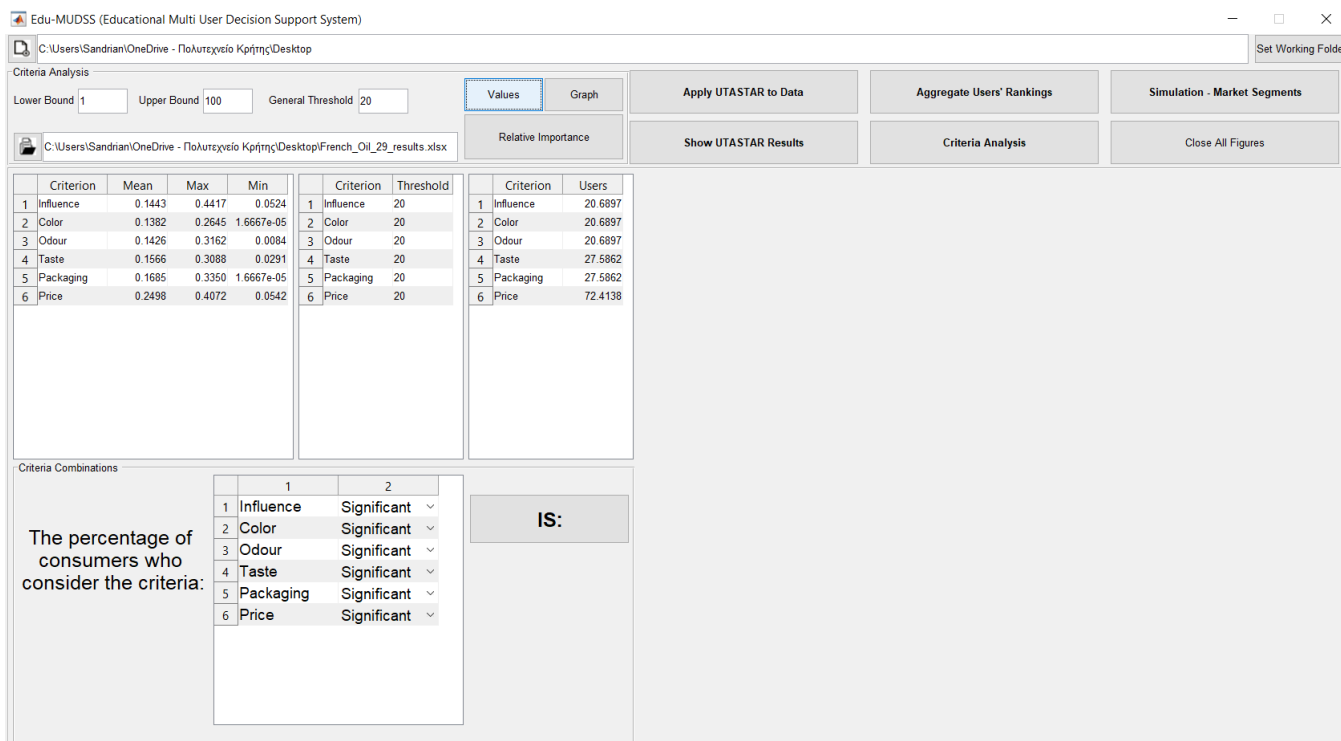
Για την εκτίμηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών βασικό ρόλο παίζει το πόσο σημαντικά θεωρούνται από τους καταναλωτές – ερωτώμενους τα διάφορα κριτήρια των εναλλακτικών. Για την μελέτη της σημαντικότητας των κριτηρίων το Edu-MUDSS χρησιμοποιεί δύο μεθόδους: την ανάλυση συμπεριφοράς καταναλωτή (Ματσατσίνης, 2010) σελ. 874), και την *Μεθοδολογία Σχετικής Σημαντικότητας* που περιγράφεται στην Παράγραφο 2.3.2.

Εικόνα 27 Πίνακας ελέγχου λειτουργίας ανάλυσης κριτηρίων

Στην Εικόνα 27 φαίνεται ο πίνακας ελέγχου της λειτουργίας ανάλυσης κριτηρίων. Η σημαντικότητα των κριτηρίων, όπως αναφέρθηκε στην Παράγραφο 2.3.1, καθορίζεται συγκριτικά με ένα κατώφλι σημαντικότητας. Ένα κριτήριο θεωρείται σημαντικό εάν το βάρος του είναι μεγαλύτερο από το κατώφλι. Το κατώφλι ορίζεται από τον χρήστη του Edu-MUDSS, και με το δεδομένο ότι τα βάρη είναι κανονικοποιημένα στο διάστημα $[0,1]$, το κατώφλι ορίζεται ως ποσοστό 0-100. Το Edu-MUDSS προσφέρει τη δυνατότητα υπολογισμού του ποσοστού των καταναλωτών που θεωρούν σημαντικό ένα κριτήριο σύμφωνα με το κατώφλι που έχει οριστεί, αλλά και του ποσοστού των χρηστών που θεωρούν ταυτόχρονα κάποια κριτήρια σημαντικά ή μη σημαντικά, ανάλογα με το κατώφλι. Επίσης δίνεται η δυνατότητα γραφικής απεικόνισης της διακύμανσης της σημαντικότητας κάθε κριτηρίου για όλο το εύρος των κατωφλίων (0-100). Οι λειτουργίες αυτές αναλύονται στις επόμενες παραγράφους.

3.7.1. Σημαντικότητα κριτηρίων ως προς ένα συγκεκριμένο κατώφλι

Αφού επιλεγεί το αρχείο δεδομένων και πιεστεί το κουμπί *Values* το Edu-MUDSS εμφανίζει τα δεδομένα που φαίνονται στην Εικόνα 28. Όπως φαίνεται στην πάνω αριστερή πλευρά παρουσιάζονται τα μέγιστα,



Εικόνα 28 Αποτελέσματα ανάλυσης συμπεριφοράς καταναλωτή

τα ελάχιστα και τα μέσα βάρη κάθε κριτηρίου, από όλους τους χρήστες. Στον δεύτερο πίνακα ο χρήστης ορίζει το κατώφλι σημαντικότητας. Η τιμή του κατωφλίου για όλα τα κριτήρια καθορίζεται στην επιλογή *General Threshold* στον πίνακα ελέγχου και η προεπιλογή της είναι 20%. Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει την τιμή στον πίνακα ελέγχου, οπότε με το κουμπί *Values* χρησιμοποιείται αυτή η τιμή σε όλα τα κριτήρια, είτε να αλλάξει την τιμή σε κάποιο από τα κριτήρια, ώστε να χρησιμοποιηθεί η νέα αυτή τιμή στον συνδυασμό σημαντικότητας που παρουσιάζεται παρακάτω. Στον τρίτο πίνακα παρουσιάζονται τα ποσοστά των καταναλωτών που θεωρούν σημαντικό το αντίστοιχο κριτήριο. Για να υπολογιστεί του πλήθους των χρηστών που θεωρεί σημαντικά τα κριτήρια σε αυτόν τον πίνακα πρέπει να πιεστεί το κουμπί *Values* και πάντα χρησιμοποιείται η τιμή από το πεδίο *General Threshold*. Αν αλλάξει η τιμή κατωφλίου στον δεύτερο πίνακα, δεν επηρεάζονται τα πλήθη των χρηστών, παρά μόνο οι συνδυασμοί σημαντικότητας που περιγράφονται παρακάτω.

3.7.2. Συνδυασμοί σημαντικότητας

Αφού υπολογιστούν τα ποσοστά των χρηστών που θεωρούν τα κριτήρια σημαντικά, σύμφωνα με το ορισμένο κατώφλι, το Edu-MUDSS παρέχει τη δυνατότητα εύρεσης πλήθους χρηστών για συνδυασμούς σημαντικότητας ή μη σημαντικότητας των κριτηρίων. Στην κάτω πλευρά του χώρου εμφάνισης αποτελεσμάτων στον πίνακα που φαίνεται στην Εικόνα 28, δίνεται η δυνατότητα επιλογής για το αν κάποιο κριτήριο, μέσα στους συνδυασμούς σημαντικότητας θα είναι *Σημαντικό (Significant)*, *Μη Σημαντικό (Insigificant)* ή *Αδιάφορο (Indifferent)*. Όπου σημαντικό σημαίνει *Βάρος Κριτηρίου > Κατωφλίου* και αντίστοιχα

μη σημαντικό σημαίνει *Βάρος Κριτηρίου* < *Κατωφλίου* ενώ τέλος αδιάφορο σημαίνει ότι δεν λαμβάνεται υπόψιν. Επιλέγοντας τους επιθυμητούς συνδυασμούς των παραπάνω, και συμπληρώνοντας τα αντίστοιχα κατώφλια, που μπορεί να είναι διαφορετικά για κάθε κριτήριο, στον δεύτερο πίνακα της πάνω πλευράς (πίνακας κατωφλίων), με τη χρήση του κουμπιού *IS*, το Edu-MUDSS υπολογίζει το ποσοστό των χρηστών του επιθυμητού συνδυασμού. Για παράδειγμα, το ποσοστό των καταναλωτών που θεωρεί για τα κριτήρια τον συνδυασμό που φαίνεται στον Πίνακας 4, είναι 58,6207%, όπως φαίνεται στην Εικόνα 29.

Πίνακας 4 Παράδειγμα συνδυασμού σημαντικότητας κριτηρίων

| Κριτήριο | Είδος σημαντικότητας | Κατώφλι |
|-----------|----------------------|---------|
| Influence | Αδιάφορο | - |
| Color | Μη Σημαντικό | 25 |
| Odour | Αδιάφορο | - |
| Taste | Αδιάφορο | - |
| Packaging | Σημαντικό | 12 |
| Price | Σημαντικό | 15 |

Edu-MUDSS (Educational Multi User Decision Support System)

C:\Users\Sandrian\OneDrive - Πολυτεχνείο Κρήτης\Desktop

Criteria Analysis

Lower Bound 1 Upper Bound 100 General Threshold 20

Values Graph Apply

C:\Users\Sandrian\OneDrive - Πολυτεχνείο Κρήτης\Desktop\French_Oil_29_results.xlsx

Relative Importance Show

| | Criterion | Mean | Max | Min |
|---|-----------|--------|--------|------------|
| 1 | Influence | 0.1443 | 0.4417 | 0.0524 |
| 2 | Color | 0.1382 | 0.2645 | 1.6667e-05 |
| 3 | Odour | 0.1426 | 0.3162 | 0.0084 |
| 4 | Taste | 0.1566 | 0.3088 | 0.0291 |
| 5 | Packaging | 0.1685 | 0.3350 | 1.6667e-05 |
| 6 | Price | 0.2498 | 0.4072 | 0.0542 |

| | Criterion | Threshold |
|---|-----------|-----------|
| 1 | Influence | 20 |
| 2 | Color | 25 |
| 3 | Odour | 20 |
| 4 | Taste | 20 |
| 5 | Packaging | 12 |
| 6 | Price | 15 |

| | Criterion | Users |
|---|-----------|---------|
| 1 | Influence | 20.6897 |
| 2 | Color | 20.6897 |
| 3 | Odour | 20.6897 |
| 4 | Taste | 27.5862 |
| 5 | Packaging | 27.5862 |
| 6 | Price | 72.4138 |

Criteria Combinations

The percentage of consumers who consider the criteria:

| | 1 | 2 |
|---|-----------|---------------|
| 1 | Influence | Indifferent |
| 2 | Color | Insignificant |
| 3 | Odour | Indifferent |
| 4 | Taste | Indifferent |
| 5 | Packaging | Significant |
| 6 | Price | Significant |

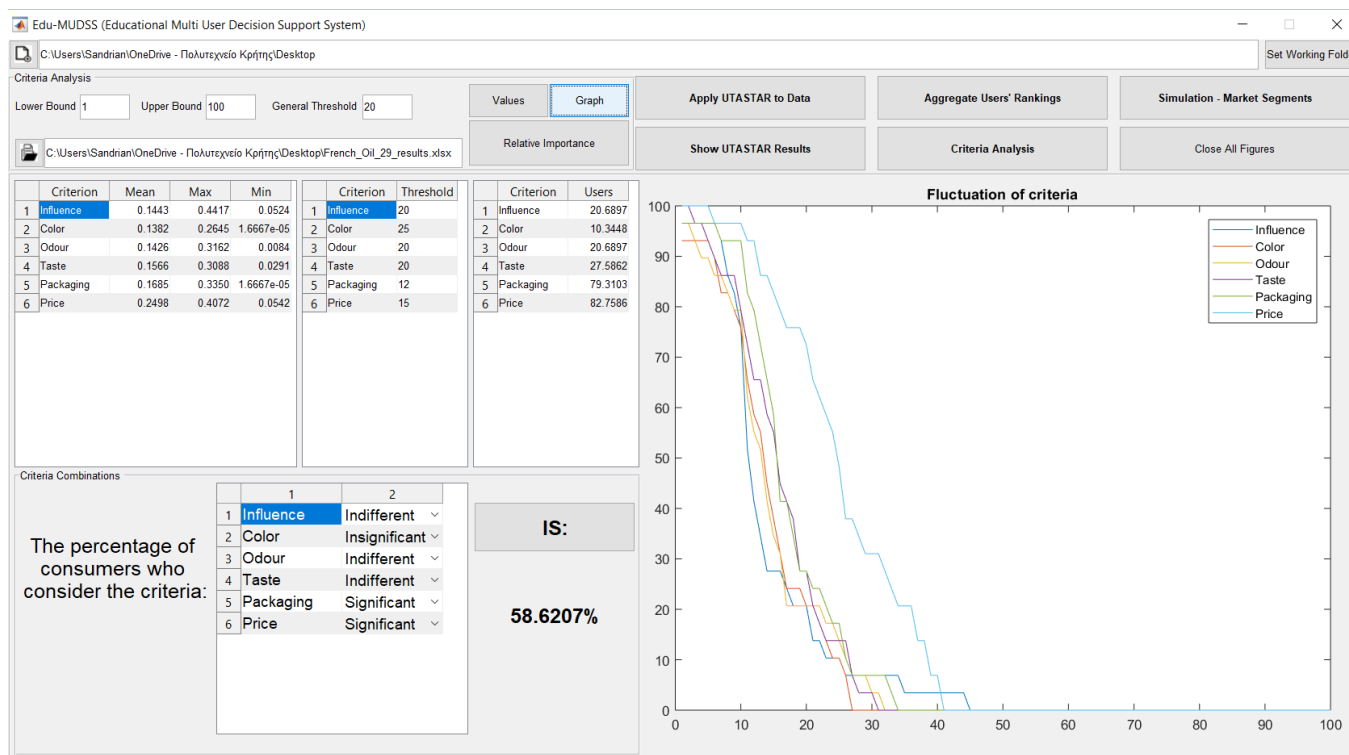
IS:

58.6207%

Εικόνα 29 Παράδειγμα συνδυασμού σημαντικότητας κριτηρίων

3.7.3. Διακύμανση σημαντικότητας κριτηρίων

Για την εποπτική μελέτη της σημαντικότητας των κριτηρίων, το Edu-MUDSS προσφέρει γραφική απεικόνιση του πλήθους των χρηστών που θεωρούν σημαντικό το εκάστοτε κριτήριο, για όλες τις τιμές των κατωφλίων. Έτσι πατώντας το κουμπί *Graph* στην δεξιά πλευρά του χώρου των αποτελεσμάτων εμφανίζεται το διάγραμμα που φαίνεται στην Εικόνα 30. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα ο οριζόντιος άξονας περιέχει τα κατώφλια για τη σημαντικότητα, ενώ ο κατακόρυφος το ποσοστό των χρηστών των



Εικόνα 30 Διακύμανση σημαντικότητας κριτηρίων. Συνολική εικόνα λειτουργίας ανάλυσης κριτηρίων.

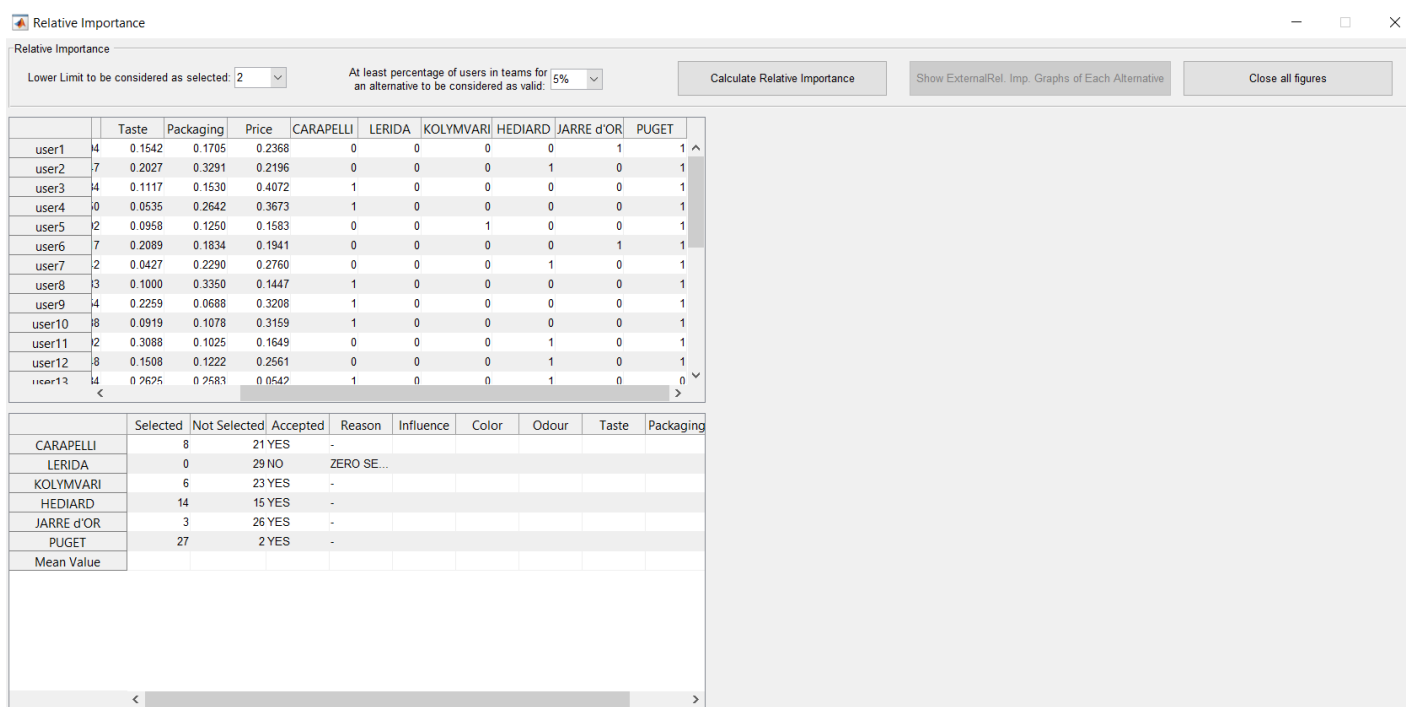
οποίων η σημαντικότητα για το κάθε κριτήριο ξεπερνάει την αντίστοιχη τιμή του κατωφλίου, δηλαδή το ποσοστό των χρηστών οι οποίοι θεωρούν σημαντικό το αντίστοιχο κριτήριο, σύμφωνα με το εκάστοτε κατώφλι. Όπως είναι λογικό, από μία τιμή των κατωφλίων και πάνω, το ποσοστό μηδενίζεται. Γι' αυτόν τον λόγο στον πίνακα ελέγχου της λειτουργίας δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να ορίσει κάτω και πάνω όριο στα κατώφλια προς μελέτη για την δημιουργία του γραφήματος.

3.7.4. Μεθοδολογία σχετικής σημαντικότητας

Ένας δεύτερος τρόπος εκτίμησης της σημαντικότητας των κριτηρίων είναι η *Μεθοδολογία Σχετικής Σημαντικότητας*, η οποία περιγράφεται στην Παράγραφο 2.3.2. Με χρήση του κουμπιού *Relative Importance*, εμφανίζεται το παράθυρο λειτουργίας της μεθόδου που φαίνεται στην Εικόνα 31. Στην αριστερή πλευρά, ο πρώτος πίνακας παρουσιάζει τα βάρη των κριτηρίων, όπως προέκυψαν από την μέθοδο UTASTAR, καθώς και η ομάδα που ανήκει κάθε εναλλακτική (ομάδα a ή ομάδα b της μεθοδολογίας σχετικής σημαντικότητας) για κάθε χρήστη ως προς την επιλογή της σύμφωνα με τη θέση της στην αντίστοιχη προδιάταξη. Με 1 αναπαρίστανται οι επιλεγμένες εναλλακτικές ενώ με 0 οι μη επιλεγμένες. Το όριο στην θέση των προδιατάξεων για τον διαχωρισμό των ομάδων a και b καθορίζεται με την επιλογή *Lower Limit*

to be considered as selected στην πάνω αριστερή πλευρά, απ' όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την ελάχιστη θέση στην προδιατάξη η οποία θα θεωρείται ότι ο καταναλωτής θα επιλέξει την ελάχιστοτε εναλλακτική. Για παράδειγμα, εάν ο χρήστης επιλέξει το 3, θα θεωρείται ότι οι καταναλωτές επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν τις εναλλακτικές με βαθμολογία 1 – 3 στις προδιατάξεις τους. Το εύρος των τιμών που μπορούν να επιλεγούν είναι $[1, (n-1)]$, όπου n , το πλήθος των εναλλακτικών και κατά συνέπεια η χαμηλότερη θέση στις προδιατάξεις.

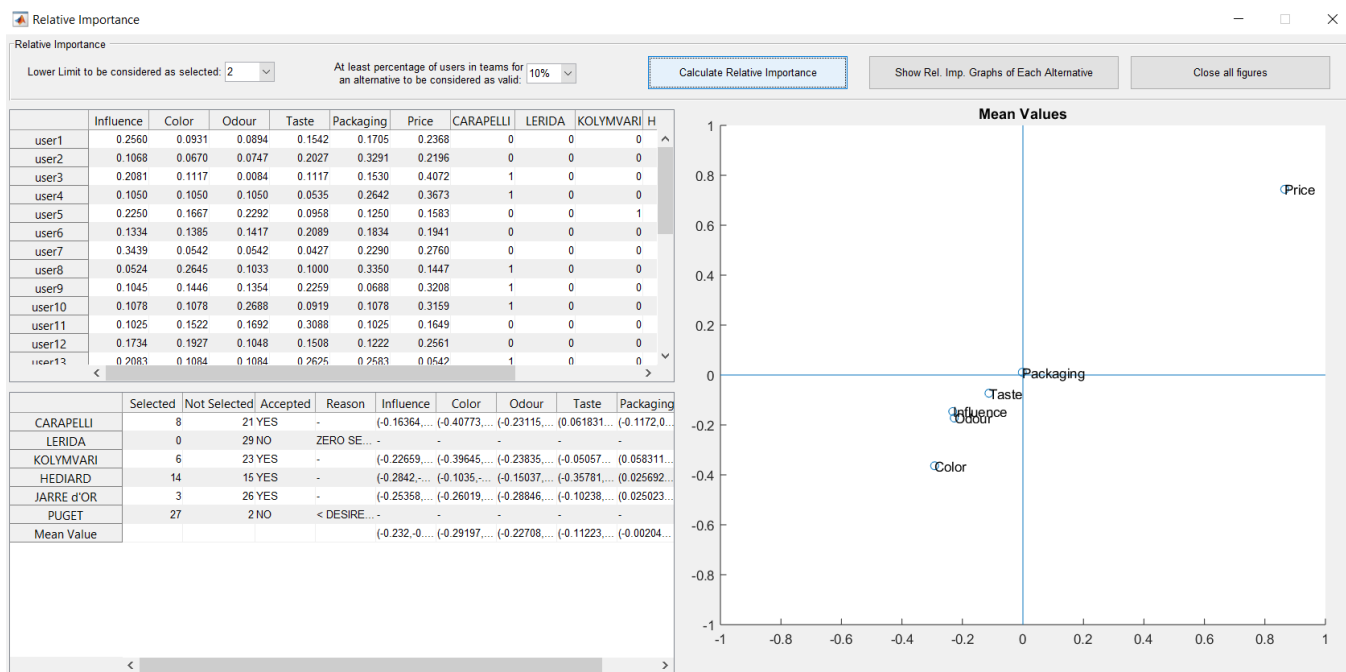
Οι προϋποθέσεις για την εφαρμογή της Μεθοδολογίας Σχετικής Σημαντικότητας, είναι να υπάρχουν τουλάχιστον δύο επιλεγμένες εναλλακτικές σε κάθε ομάδα, για να μπορεί να εφαρμοστεί η σχέση κανονικοποίησης, το οποίο ελέγχεται κατά την εφαρμογή της μεθόδου από το Edu-MUDSS. Επίσης, ο χρήστης του Edu-MUDSS μπορεί να ορίζει το ελάχιστο ποσοστό των χρηστών που έχουν επιλέξει (ομάδα α) ή δεν έχουν επιλέξει (ομάδα β) μία εναλλακτική, ώστε η εναλλακτική αυτή να θεωρείται έγκυρη. Η επιλογή *At least percentage of users in teams for an alternative to be considered as valid*, ορίζει αυτό το ποσοστό



Εικόνα 31 Αρχικό παράθυρο Μεθοδολογίας Σχετικής Σημαντικότητας

καταναλωτών. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης ορίσει, μέσω τις παραπάνω επιλογής, ότι για να θεωρηθεί έγκυρη μια εναλλακτική πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 20% των καταναλωτών σε κάθε ομάδα (επιλεγμένες εναλλακτικές και μη επιλεγμένες εναλλακτικές) και το σύνολο των χρηστών είναι 30, τότε πρέπει να περιέχονται σε κάθε ομάδα τουλάχιστον 6 καταναλωτές, διαφορετικά δε θα θεωρείται έγκυρη η εναλλακτική και δε θα συμμετέχει στον υπολογισμό. Ο δεύτερος πίνακας του παραθύρου εφαρμογής την μεθόδου αρχικά, πριν την εφαρμογή της μεθόδου, στις τέσσερις πρώτες στήλες δίνει το πλήθος χρηστών που επέλεξαν την αντίστοιχη εναλλακτική, δηλαδή αυτούς που ανήκουν στην ομάδα α (στήλη *Selected*), το πλήθος των χρηστών που δεν επέλεξαν την αντίστοιχη εναλλακτική, δηλαδή ανήκουν στην ομάδα β (στήλη *Not Selected*), το αν η εναλλακτική είναι αποδεκτή ή όχι (στήλη *Accepted*) και τον λόγο για τον οποίο κάποια εναλλακτική δεν είναι αποδεκτή (στήλη *Reason*).

Αφού επιλεγούν τα επιθυμητά μεγέθη (όριο επιλογής εναλλακτικής και ποσοστό αποδεκτής εναλλακτικής), με τη χρήση του κουμπιού *Calculate Relative Importance*, το Edu-MUDSS υπολογίζει τη θέση κάθε κριτηρίου στο διάγραμμα επιλογής – μη επιλογής αγοράς προϊόντος (Εικόνα 2) για κάθε εναλλακτική, και παρουσιάζει τη μέση τιμή από όλες τις έγκυρες εναλλακτικές για κάθε κριτήριο στην δεξιά πλευρά του παραθύρου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 32. Όπως φαίνεται στην εικόνα, οι εναλλακτικές *LERIDA* και *PUGET* δεν είναι έγκυρες, η πρώτη γιατί δεν υπάρχει κανένας χρήστης στην ομάδα a, και η δεύτερη επειδή στην ομάδα b δεν συμπληρώνεται το απαιτούμενο πλήθος χρηστών που είναι 10% του συνολικού πλήθους. Επίσης, φαίνεται ότι ο δεύτερος πίνακας συμπληρώθηκε με τα b'_i , ενώ στην δεξιά πλευρά του παραθύρου εμφανίζεται το διάγραμμα. Για να εμφανιστούν τα επιμέρους διαγράμματα για κάθε εναλλακτική πρέπει να πιεστεί το κουμπι *Show Relative Importance Graphs of Each Alternative*.



Εικόνα 32 Εφαρμογή Μεθοδολογίας Σχετικής Σημαντικότητας

3.8. Προσομοιώσεις, σενάρια και τμηματοποίηση αγοράς

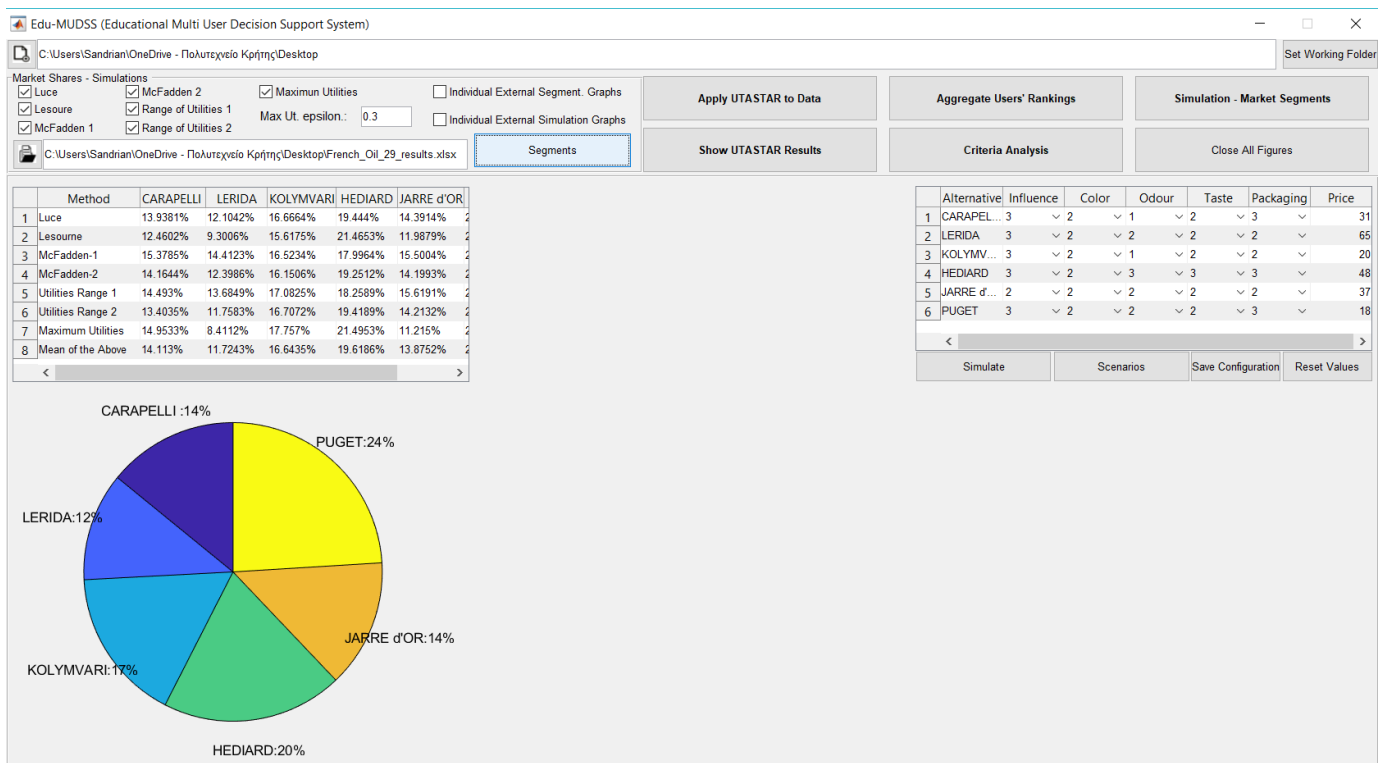
Βασική λειτουργία στην μελέτη βελτίωσης υπαρχόντων προϊόντων, αλλά και στην μελέτη διείσδυσης νέων προϊόντων είναι η δημιουργία σεναρίων και προσομοιώσεων της αγοράς. Το Edu-MUDSS προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας τέτοιων σεναρίων μέσω της τμηματοποίησης της αγοράς. Με την επιλογή της λειτουργίας *Simulation – Market Segmentation*, ο πίνακας ελέγχου παίρνει τη μορφή που φαίνεται στην Εικόνα 33.

Εικόνα 33 Πίνακας ελέγχου λειτουργίας τμηματοποίησης και προσομοίωσης αγοράς

Η αντιπροσωπευτική αγορά βάσει της οποίας θα πραγματοποιηθεί η μελέτη βελτίωσης ενός υπάρχοντος, ή εισαγωγής ενός νέου προϊόντος, φτιάχνεται με δημιουργία τμημάτων αγοράς που αντιστοιχούν στις εναλλακτικές του προβλήματος με χρήση των χρησιμοτήτων που υπολογίστηκαν με την εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR. Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία μέσω της οποίας το Edu-MUDSS πραγματοποιεί την προαναφερθείσα μελέτη.

3.8.1. Τμηματοποίηση αντιπροσωπευτικής αγοράς

Τα διάφορα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την διαδικασία τμηματοποίησης της αγοράς δίνονται στην Παράγραφο 2.4. Το Edu-MUDSS δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει ποιες μέθοδοι επιθυμεί να χρησιμοποιηθούν για την τμηματοποίηση. Αφού επιλεγούν τα δεδομένα εισόδου, δηλαδή τα αποτελέσματα της UTASTAR, με τη χρήση του κουμπιού *Segments* εμφανίζονται τα τμήματα της αγοράς όπως φαίνεται στην Εικόνα 34. Επειδή ο χρήστης ενδέχεται να έχει επιλέξει πολλές μεθόδους τμηματοποίησης, στο κυρίως παράθυρο αποτελεσμάτων φαίνονται μόνο οι μέσες τιμές των



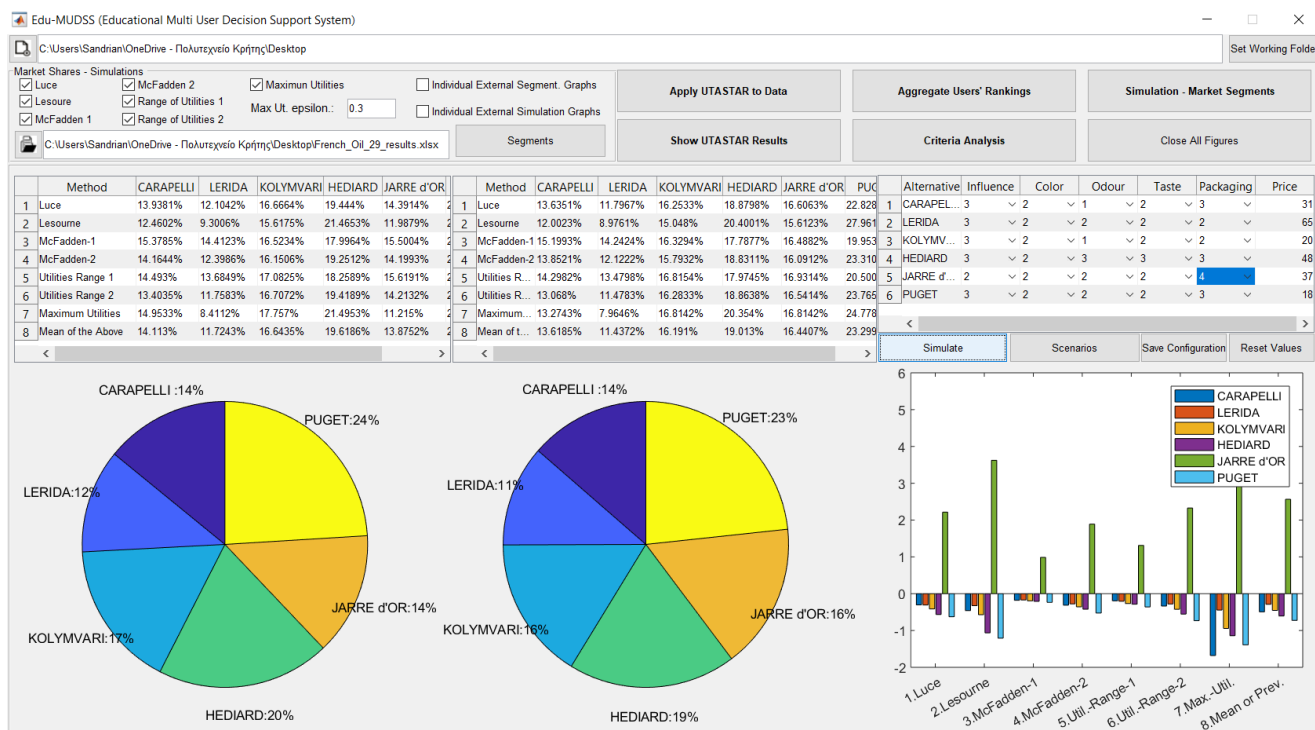
Εικόνα 34 Τμηματοποίηση αγοράς

αποτελεσμάτων από κάθε μέθοδο. Για να απεικονιστούν γραφικά όλες οι επιλεγμένες μέθοδοι πρέπει να έχει επιλεγεί το κουμπί επιλογής *Individual External Segment. Graphs* στην πάνω δεξιά πλευρά του πίνακα ελέγχου. Η εμφάνιση των αποτελεσμάτων γίνεται τόσο ποσοτικά, στον πίνακα που φαίνεται στην πάνω αριστερή πλευρά του κυρίως χώρου εμφάνισης αποτελεσμάτων, όπου εμφανίζονται τα ποσοστά της αγοράς που καταλαμβάνει κάθε εναλλακτική, όσο και γραφικά, σε μορφή γραφήματος πίτας, για ευκολότερη εποπτική σύγκριση. Ο πίνακας που φαίνεται στην πάνω δεξιά γωνία του χώρου αποτελεσμάτων περιέχει τις μέσες στρογγυλοποιημένες τιμές από όλους τους καταναλωτές των

βαθμολογιών των κριτηρίων για κάθε εναλλακτική, και θα χρησιμοποιηθεί στο επόμενο βήμα για τη δημιουργία προσομοιώσεων.

3.8.2. Προσομοιώσεις αγοράς

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της τμηματοποίησης της αγοράς, ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει προσομοιώσεις μεταβάλλοντας μία ή περισσότερες από τις μέσες τιμές των κριτηρίων. Η μεταβολή που θα πραγματοποιήσει εφαρμόζεται στο αντίστοιχο κριτήριο της εναλλακτικής. Σε όλους τους χρήστες ως εξής: το ποσό της μεταβολής στην βαθμολογία ενός κριτηρίου περνάει σε όλα τα κριτήρια, αρκεί να μην βγαίνει η βαθμολογία έξω από τα όρια του καλύτερου και του χειρότερου που έχουν τεθεί στα μεταδεδομένα. Στα κριτήρια τα οποία αν τους εφαρμοστεί η μεταβολή βγαίνουν εκτός ορίων, μεταβάλλονται τόσο όσο επιτρέπεται ώστε να πάρουν την μέγιστη αν πρόκειται για αύξηση, ή την ελάχιστη αν πρόκειται για μείωση βαθμολογία. Για παράδειγμα, αν ένα κριτήριο επιτρέπεται από τα μεταδεδομένα να πάρει τιμές στο διάστημα [1,5], και η μέση βαθμολογία του είναι 2 τότε, αν ο χρήστης του Edu-MUDSS θέσει για την προσομοίωση βαθμολογία 4, το Edu-MUDSS προσθέτει δύο μονάδες σε όλους τους χρήστες, που είναι η διαφορά της αρχικής τιμής του κριτηρίου από αυτήν της προσομοίωσης, εάν η βαθμολογία μετά από αυτήν την πρόσθεση δεν ξεπερνάει το 5, που είναι η μέγιστη επιτρεπτή βαθμολογία, δηλαδή προσθέτει 2 μονάδες στη βαθμολογία του συγκεκριμένου κριτηρίου σε όλους τους χρήστες που έχουν δώσει βαθμολογία στο διάστημα [1,3], σε όσους έχουν δώσει βαθμολογία 4, θα προστεθεί μία μονάδα και σε όσους έχουν δώσει βαθμολογία 5 δε θα γίνει καμία αλλαγή. Αντίστοιχη λειτουργία γίνεται και για μείωση βαθμολογίας. Αφού πραγματοποιηθούν οι αλλαγές που επιθυμεί ο χρήστης στις βαθμολογίες των κριτηρίων, με χρήση του κουμπιού *Simulate* υπολογίζονται τα νέα ποσοστά των εναλλακτικών στην αγορά. Στην Εικόνα 35 φαίνεται η μεταβολή της αγοράς για αλλαγή στην εναλλακτική *JARRE d'OR*, στο κριτήριο *Packaging* το οποίο από 2 έγινε 4. Το αποτέλεσμα της



Εικόνα 35 Προσομοίωση αγοράς με αλλαγή κριτηρίου *Packaging* εναλλακτικής *JARRE d'OR* από 2 σε 4

προσομοίωσης παρουσιάζεται με τρία νέα στοιχεία στον χώρο των αποτελεσμάτων. Στην μεσαία στήλη υπάρχει ο αντίστοιχος πίνακας και το γράφημα πίτα των νέων τμημάτων αγοράς με την ίδια λογική που υπολογίστηκαν και στην αρχική τμηματοποίηση της αγοράς. Για να παρουσιαστούν τα επιμέρους γραφήματα για κάθε μέθοδο πρέπει να επιλεγεί το κουμπί επιλογής *Individual External Simulation Graphs*. Το επιπλέον γραφικό στοιχείο που εμφανίστηκε στην κάτω δεξιά γωνία είναι οι διαφορές μεταξύ των ποσοστών των τμημάτων αγοράς για κάθε μία από τις μεθόδους τμηματοποίησης. Ο υπολογισμός των νέων χρησιμότητων των εναλλακτικών μετά την αλλαγή στη βαθμολογία πραγματοποιείται με χρήση των ήδη υπολογισμένων αποτελεσμάτων που βρίσκονται στην καρτέλα *Marginal_post*, παίρνοντας σαν επίπεδο από την προδιάταξη το επίπεδο που ορίζει η νέα βαθμολογία.

3.8.3. Δημιουργία απλών σεναρίων

Για την μελέτη των αλλαγών των τμημάτων της αγοράς που επιφέρουν οι αλλαγές όλων ή ενός υποσυνόλου συνδυασμών βαθμολογίας των διακριτών κριτηρίων, ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει απλά σεσνάκια.

Πατώντας το κουμπί *Scenarios* ανοίγει ένα νέο παράθυρο όπως φαίνεται στην Εικόνα 36. Για τη δημιουργία

| Alternatives | Selection |
|--------------|-------------------------------------|
| 1 CARAPELLI | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 LERIDA | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 KOLYMVARI | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 HEDIARD | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5 JARRE d'OR | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6 PUGET | <input checked="" type="checkbox"/> |

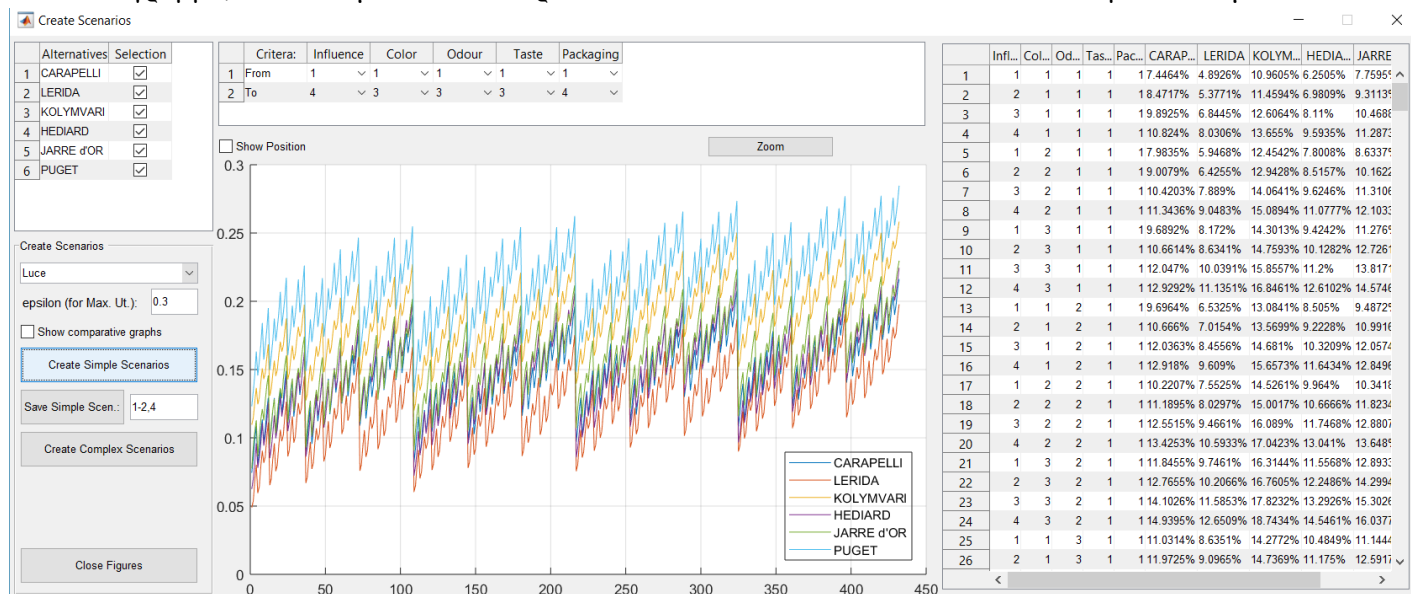
| Criteria: | Influence | Color | Odour | Taste | Packaging |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| 1 From | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 To | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 |

Εικόνα 36 Δημιουργία απλών σεναρίων

των απλών σεναρίων, ο χρήστης του Edu-MUDSS πρέπει να επιλέξει για ποιες εναλλακτικές θα δημιουργηθούν τα σεσνάκια, από τα κουμπιά επιλογής στην πάνω αριστερή πλευρά και το εύρος των τιμών για τις οποίες θα δημιουργηθούν τα σεσνάκια, από τις πτυσσόμενες λίστες που βρίσκονται στην πάνω πλευρά του παραθύρου. Όπως και στην δημιουργία απλών προσομοιώσεων, πρέπει να επιλεγεί η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί και αυτό γίνεται από την πτυσσόμενη λίστα στην αριστερή πλευρά στο πλαίσιο *Create Scenarios*. Αφού γίνουν οι παραπάνω επιλογές, με το κουμπί *Create Simple Scenarios* παίρνουμε το αποτέλεσμα που φαίνεται στην Εικόνα 37. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει επιλεγεί να δημιουργηθούν όλα τα σεσνάκια για όλες τις εναλλακτικές, με τη μέθοδο *Luce*. Τα αποτελέσματα των σεναρίων φαίνονται τόσο ποσοτικά στον πίνακα που εμφανίζεται στη δεξιά πλευρά του παραθύρου, όσο και γραφικά στο κεντρικό γράφημα. Το συνολικό πλήθος των σεναρίων για όλους τους συνδυασμούς βαθμολογιών των διακριτών κριτηρίων στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι:

$$(\text{βαθμ. Influence}) \cdot (\text{βαθμ. Color}) \cdot (\text{βαθμ. Odour}) \cdot (\text{βαθμ. Taste}) \cdot (\text{βαθμ. Packaging}) = 4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 4 = 432$$

Το πλήθος λοιπόν των γραμμών στον πίνακα των αποτελεσμάτων και το πλήθος των σημείων στο διάγραμμα, το οποίο φαίνεται στον οριζόντιο άξονα είναι συνολικά 432. Τα αποτελέσματα που φαίνονται



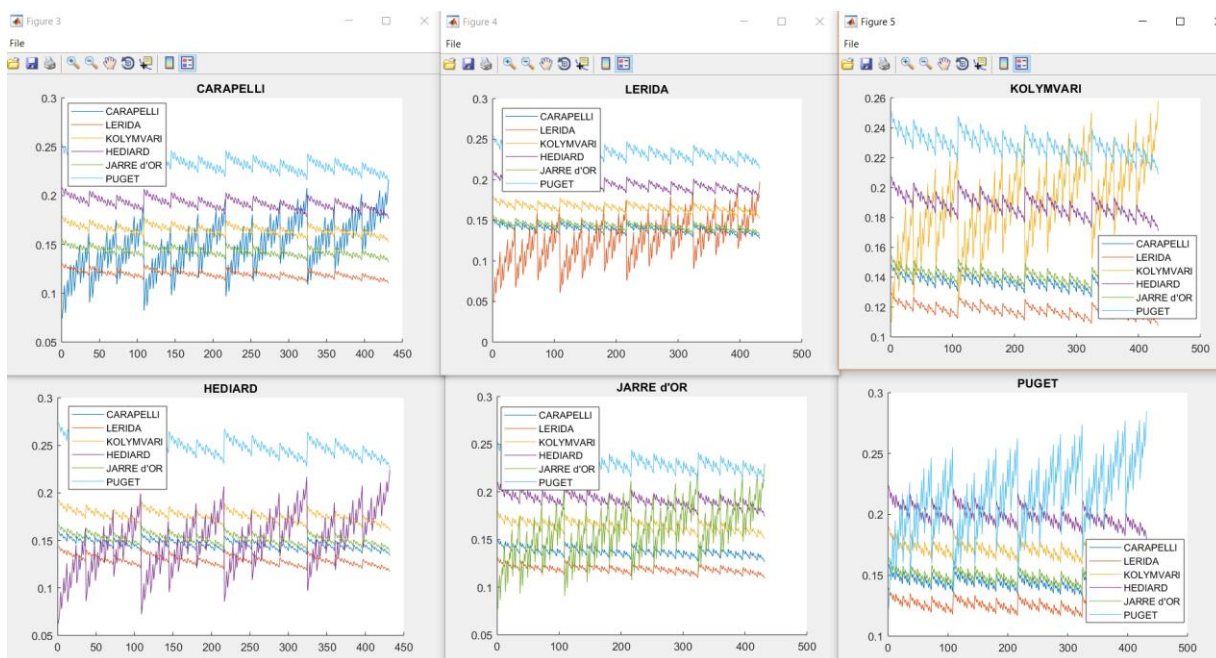
Εικόνα 37 Δημιουργία σεναρίων για όλους τους συνδυασμούς των διακριτών κριτηρίων με τη μέθοδο Luce

στην Εικόνα 37 είναι αυτά που προκύπτουν για κάθε εναλλακτική ξεχωριστά, ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες. Δηλαδή, για παράδειγμα, στην θέση 15 όπου μελετάται ο συνδυασμός βαθμολογιών (3, 1, 2, 1, 1), τα ποσοστά που δίνονται δεν είναι η συνολική τμηματοποίηση της αγοράς, που θα έπρεπε να αθροίζουν στο 100%, αλλά τα ποσοστά καθεμιάς από τις εναλλακτικές εάν η συγκεκριμένη εναλλακτική στα κριτήρια θα έπαιρνε την υπό μελέτη βαθμολογία. Για να φανεί η συνολική αγορά για κάθε εναλλακτική, σχετικά με τις υπόλοιπες, πρέπει να επιλεγεί το *Show comparative graphs* στην αριστερή πλευρά, πάνω από το κουμπί *Create Simple Scenarios*. Με αυτήν την επιλογή ενεργοποιημένη, όταν ξανατρέξει η δημιουργία σεναρίων, εμφανίζονται εξωτερικά γραφήματα για τις εναλλακτικές που έχουν επιλεγεί, με την συνολική εικόνα της αγοράς όπως φαίνεται στην Εικόνα 39. Επειδή το κεντρικό διάγραμμα τμημάτων της αγοράς για κάθε συνδυασμό κριτηρίων, ειδικά στην περίπτωση μεγάλου πλήθους συνδυασμών, είναι δύσκολο να μελετηθεί λόγω τις πυκνότητας των γραμμών, το EduMUDSS δίνει τη δυνατότητα εστίασης (zoom) και παρουσίασης της θέσης που στοχεύει ο χρήστης πάνω στο διάγραμμα με το ποντίκι. Αυτά επιτυγχάνονται με τις επιλογές *Show Position* και *Zoom* που βρίσκονται πάνω από το διάγραμμα. Στην Εικόνα 40 φαίνονται οι παραπάνω λειτουργίες για εστίαση στα όρια μεταξύ 100 και 200 στον οριζόντιο άξονα. Για επιστροφή στο πλήρες διάγραμμα αρκεί διπλό κλικ πάνω στο εστιασμένο. Τέλος, στην περίπτωση που κάποια από τα σενάρια που έχουν μελετηθεί θεωρηθούν

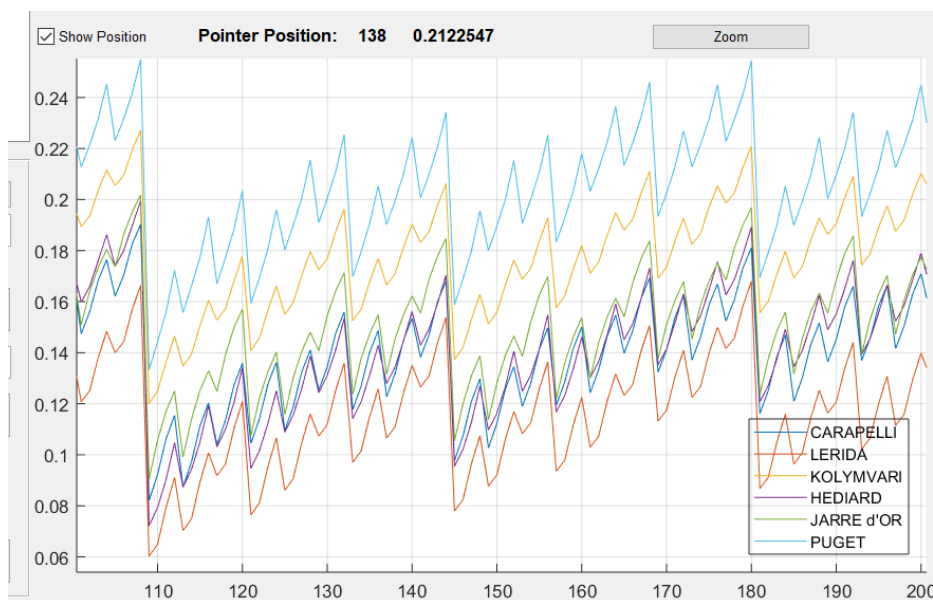
scenarios_OIL_29_CARAPELLI_Scen1_1_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_CARAPELLI_Scen2_2_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_CARAPELLI_Scen4_4_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_LERIDA_Scen1_1_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_LERIDA_Scen2_2_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_LERIDA_Scen4_4_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_KOLYMVARI_Scen1_1_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_KOLYMVARI_Scen2_2_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_KOLYMVARI_Scen4_4_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_HEDIARD_Scen1_1_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_HEDIARD_Scen2_2_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_HEDIARD_Scen4_4_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_JARRE d'OR_Scen1_1_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_JARRE d'OR_Scen2_2_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_JARRE d'OR_Scen4_4_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_PUGET_Scen1_1_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_PUGET_Scen2_2_1_1_1_1_1.xlsx
scenarios_OIL_29_PUGET_Scen4_4_1_1_1_1_1.xlsx

Εικόνα 38 Αρχεία αποθήκευσης σεναρίων

ενδιαφέροντα για περαιτέρω διερεύνηση, το Edu-MUDSS προσφέρει τη δυνατότητα αποθήκευσής τους με το κουμπί *Save Simple Scen..* Τα σενάρια που θα αποθηκευτούν δίνονται στο πλαίσιο κειμένου δίπλα στο κουμπί αποθήκευσης και ορίζονται με τον τρόπο που περιγράφεται για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων στην Παράγραφο 3.5 για την επιλογή *Range of Users*. Κατά τη λειτουργία της αποθήκευσης, ζητείται το όνομα του αρχείου, το οποίο χρησιμοποιείται ως πρόθεμα και ακολουθείται από το όνομα της εναλλακτικής στην οποία αναφέρεται, το πρόθεμα *Όνομα_Εναλλακτικής_ScenX*, όπου *X* το νούμερο του σεναρίου και τη βαθμολογία του αντίστοιχου σεναρίου, και όλα αυτά ενωμένα με κάτω παύλα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 37, για αποθήκευση των σεναρίων 1,2 και 4.



Εικόνα 39 Διαγράμματα συνολικής τμηματοποίησης αγοράς για κάθε εναλλακτική



Εικόνα 40 Εστίαση στο διάστημα 100-200 και θέση πάνω στο διάγραμμα

3.8.4. Δημιουργία σύνθετων σεναρίων

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία δημιουργίας απλών σεναρίων και επιλεγούν αυτά που πληρούν τους στόχους που έχουν τεθεί, ο χρήστης μπορεί να προχωρήσει στην δημιουργία σύνθετων σεναρίων ώστε να μελετήσει αναλυτικότερα τα σενάρια που επιλέχθηκαν συναρτήσει ενός ανεξάρτητου κριτηρίου που συνήθως είναι η τιμή ή, αν υπάρχει, κάποιο άλλο συνεχές κριτήριο. Για τη δημιουργία σύνθετων σεναρίων χρησιμοποιείται το κουμπί *Create Complex Scenarios* κάτω από τις επιλογές αποθήκευσης στο παράθυρο των απλών σεναρίων. Το νέο παράθυρο που ανοίγει φαίνεται στην Εικόνα 41. Η δομή του παραθύρου

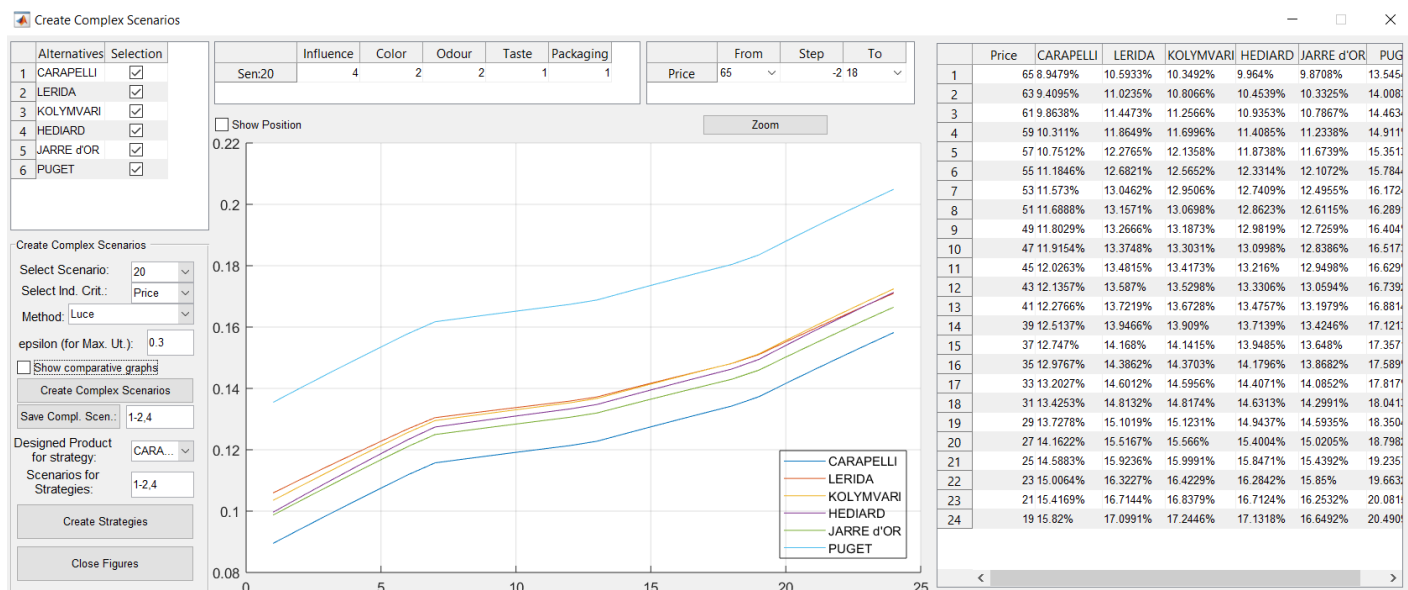
| Alternatives | Selection |
|--------------|-------------------------------------|
| 1 CARAPELLI | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 LERIDA | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 KOLYMVARI | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 HEDIARD | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5 JARRE d'OR | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6 PUGET | <input checked="" type="checkbox"/> |

| Influence | Color | Odour | Taste | Packaging |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| Sen:1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

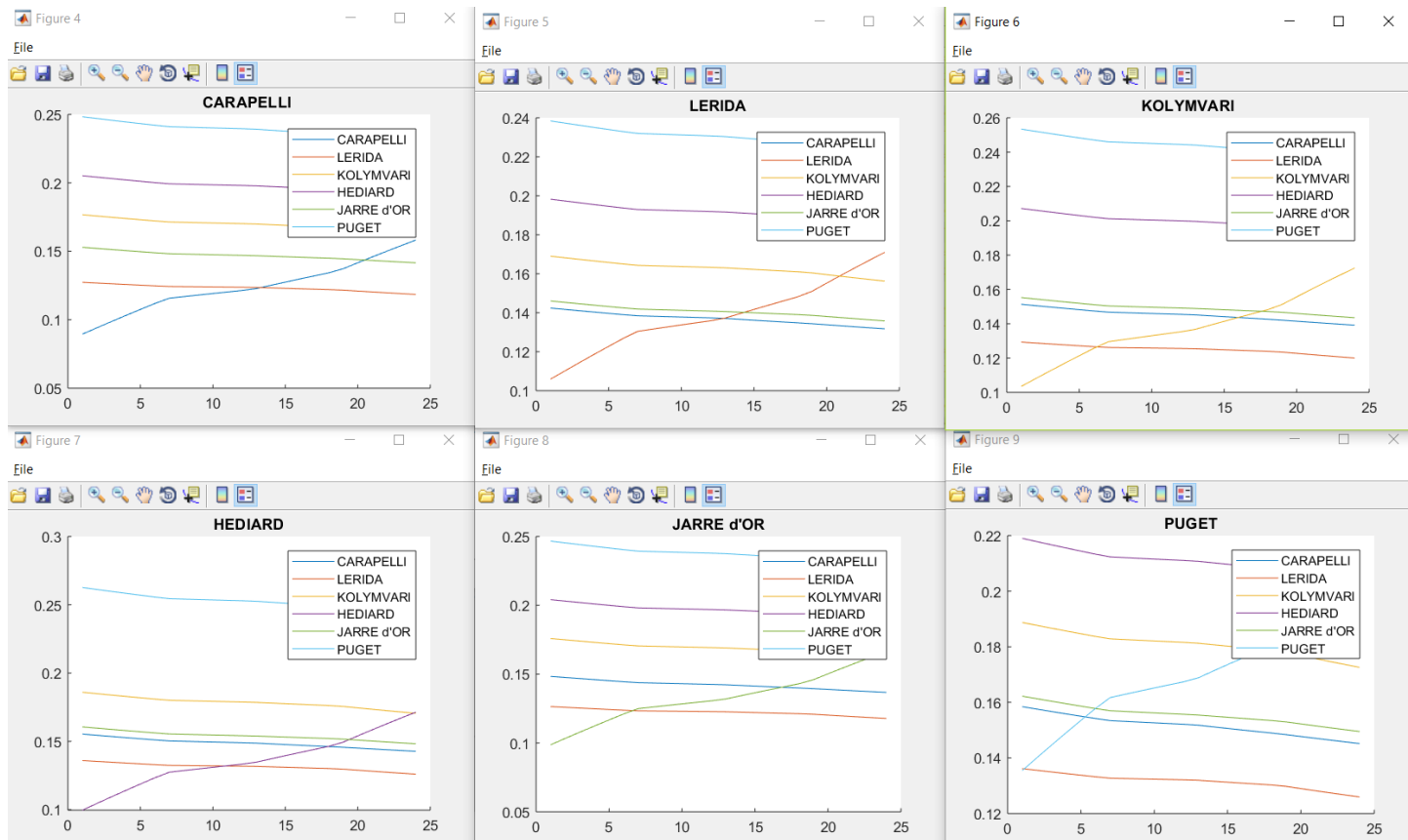
| From | Step | To |
|-------|------|-------|
| Price | 65 | -2 18 |

Εικόνα 41 Δημιουργία σύνθετων σεναρίων

που ανοίγει για την δημιουργία σύνθετων σεναρίων έχει παρόμοια δομή με αυτήν του παραθύρου για τα απλά σενάρια. Η διαφορά είναι ότι στην αριστερή πλευρά, στις επιλογές ελέγχου, ο χρήστης πρέπει να επιλέξει το απλό σενάριο, από το προηγούμενο βήμα, το οποίο επιθυμεί να μελετήσει, καθώς και την ανεξάρτητη μεταβλητή, η οποία είναι, όπως αναφέρθηκε, ένα από τα συνεχή κριτήρια, συνήθως η τιμή. Στην πάνω πλευρά φαίνεται σε πίνακα η βαθμολογία των κριτηρίων που έχει το απλό σενάριο που επιλέχθηκε. Δίπλα στη βαθμολογία του επιλεγμένου σεναρίου ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει το διάστημα μέσα στο οποίο θα κινηθεί η μελέτη. Το Edu-MUDSS δίνει τη δυνατότητα επιλογής των άκρων μέσα στο επιτρεπτό διάστημα τιμών, καθώς και του βήματος με το οποίο θα αλλάζει η ανεξάρτητη μεταβλητή, το οποίο μπορεί να είναι είτε θετικό (αύξηση) είτε αρνητικό (μείωση). Στην Εικόνα 43 φαίνεται η δημιουργία σύνθετου σεναρίου για το απλό σενάριο 20 με βαθμολογία διακριτών κριτηρίων (4, 2, 2, 1, 1), για την ανεξάρτητη μεταβλητή *Price* η οποία παίρνει τιμές στο διάστημα [65, 18], με βήμα μείωσης -2. Όπως και στην περίπτωση των απλών σεναρίων, στο κεντρικό διάγραμμα φαίνεται η συμπεριφορά των εναλλακτικών που έχουν επιλεγεί για τις τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής, χωρίς να φαίνεται η αλληλεπίδραση μεταξύ τους, δηλαδή χωρίς να φαίνεται πόσο μειώνονται (ή αυξάνονται) τα τμήματα της αγοράς των υπολοίπων, όσο αυξάνεται (ή μειώνεται) η υπό μελέτη εναλλακτική. Για να φανεί αυτή η αλληλεξάρτηση, πρέπει να επιλεγεί το *Show comparative graphs*. Τα εξωτερικά παράθυρα γραφημάτων που ανοίγουν και τα οποία απεικονίζουν την αλληλεξάρτηση μεταξύ των αλλαγών για κάθε εναλλακτική φαίνονται στην Εικόνα 42. Η αποθήκευση των σύνθετων σεναρίων γίνεται με τον ίδιο τρόπο που αποθηκεύονται τα απλά σενάρια, με τη διαφορά ότι το πρόθεμα είναι *Όνομα_Εναλλακτικής_complexScenX_ΌνομαΑνεξάρτητηςΜεταβλητήςX*, με *X*, την τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής του σεναρίου, με τη χρήση του κουμπιού *Save Complex Scenarios*.



Εικόνα 43 Δημιουργία σύνθετου σεναρίου



Εικόνα 42 Διαγράμματα συνολικής τμηματοποίησης της αγοράς σύνθετων σεναρίων για κάθε εναλλακτική

3.8.5. Δημιουργία στρατηγικών

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω βημάτων, όπου ο χρήστης μπορεί να μελετήσει σε βάθος την επίδραση που έχουν στα μερίδια της αγοράς κάθε εναλλακτικής οι βελτιώσεις των διαφόρων χαρακτηριστικών που εκφράζονται από τα κριτήρια του προβλήματος, το τελευταίο στάδιο της μελέτης είναι η δημιουργία διάφορων στρατηγικών για συγκεκριμένη εναλλακτική με χρήση τόσο απλών σεναρίων που περιλαμβάνουν τα διακριτά όσο και αλλαγών στις συνεχείς μεταβλητές, με κυριότερη από αυτές την τιμή. Για την μελέτη των στρατηγικών πρέπει αρχικά ο χρήστης, από το παράθυρο σύνθετων σεναρίων να επιλέξει για ποια εναλλακτική επιθυμεί να πραγματοποιήσει την μελέτη, από την πτυσσόμενη λίστα *Designed Product for Strategy*, καθώς και ποια σενάρια επιθυμεί να μελετήσει, τα οποία δηλώνονται στο πεδίο *Scenarios for Strategies*, με την ίδια σύνταξη που δηλώνονται τα προς παρουσίαση αποτελέσματα (Παράγραφος 3.5, στο *Range of Users*:). Αφού δοθούν οι παραπάνω πληροφορίες, με χρήση του κουμπιού *Create Strategies*, ανοίγει το παράθυρο των στρατηγικών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 44, όπου έχουν

| | Str. 1 - Sen. 12 | Str. 2 - Sen. 35 |
|-----------|------------------|------------------|
| Influence | 4 | 3 |
| Color | 3 | 3 |
| Odour | 1 | 3 |
| Taste | 1 | 1 |
| Packaging | 1 | 1 |

Strategies for Product: CARAPELLI

Create Strategies

| | From | Step | To |
|-------|------|------|----|
| Price | 65 | -2 | 18 |

Select Indep. Criterion.: Price

Select Method: Luce

epsilon (for Max. Ut.): 0.3

☐ Show comparative graphs

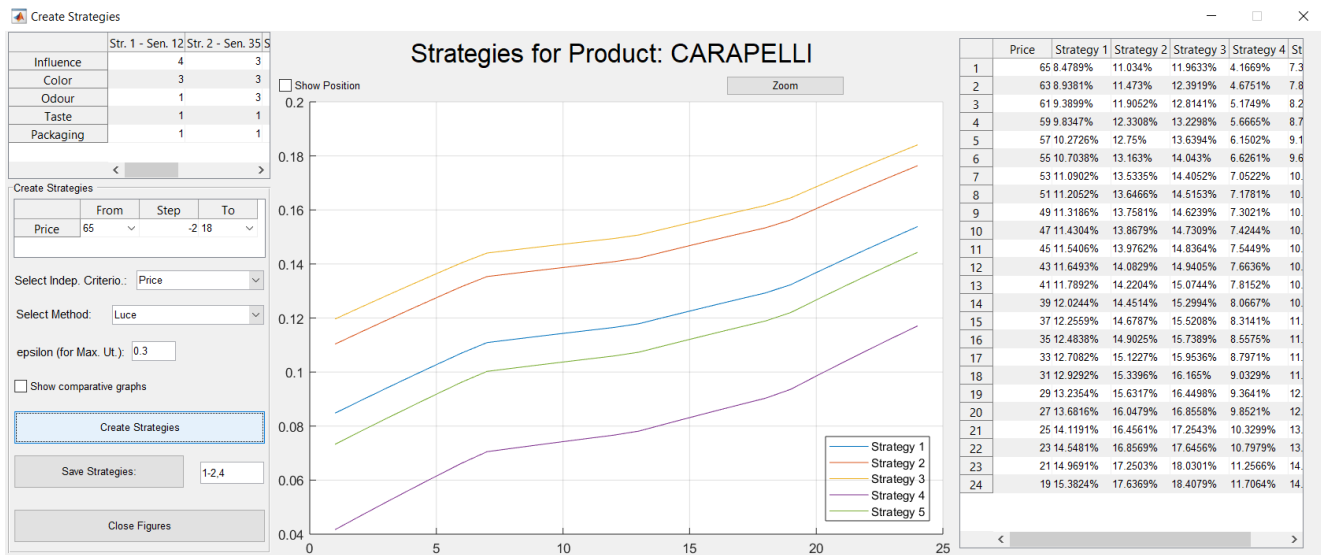
Create Strategies

Save Strategies: 1-2,4

Close Figures

Εικόνα 44 Δημιουργία στρατηγικών για την εναλλακτική CARAPELLI

επιλεγεί για δημιουργία στρατηγικών τα σενάρια 12, 35, 36, 37 και 43. Οι επιλογές που πρέπει να κάνει ο χρήστης για τη δημιουργία των σεναρίων είναι το εύρος και το βήμα αύξησης ή μείωσης της ανεξάρτητης μεταβλητής, καθώς και η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί. Με χρήση του κουμπιού *Create Strategies* δημιουργούνται οι επιθυμητές στρατηγικές όπως φαίνεται στην Εικόνα 45. Η αποθήκευση των στρατηγικών, όπως στα απλά και σύνθετα σενάρια, χρησιμοποιεί το όνομα του χρήστη ως πρόθεμα για το όνομα αρχείου και μετά προσθέτει το *STR_ΌνομαΕναλλακτικής_ΑνεξάρτητοΚριτήριοΤιμή_Ανεξ.Κρ. _ScenΒαθμολογίεςΚριτηρίωνΣεναρίου*. Οι υπόλοιπες λειτουργίες είναι αντίστοιχες με προηγούμενως.



Εικόνα 45 Σταθμητικές για σενάρια 12, 35, 36, 37, 43

Κεφάλαιο 4

Συμπεράσματα - Προεκτάσεις

Ο βασικός στόχος της εργασίας ήταν να δημιουργηθεί ένα εκπαιδευτικό εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων που θα απευθύνεται σε προπτυχιακούς και σε μεταπτυχιακούς φοιτητές οι οποίοι ενδεχομένως να έχουν μικρή ή και καθόλου εμπειρία στην χρήση Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων. Σκοπός ήταν να παρουσιαστούν οι διάφορες μέθοδοι με απλό και κατανοητό τρόπο ώστε να μπορέσει ο εκπαιδευόμενος να εστιάσει στην ανάλυση των δεδομένων, να πειραματιστεί εύκολα με τις διάφορες μεθόδους και τα δεδομένα ώστε να κατανοήσει την έννοια της πολυκριτήριας ανάλυσης σε βασικό επίπεδο.

Επίσης, όπως έχει αναφερθεί, το Edu-MUDSS έχει αναπτυχθεί εξ ολοκλήρου στο προγραμματιστικό περιβάλλον MATLAB το οποίο προσφέρει μεγάλες δυνατότητες ακόμα και σε ανθρώπους με ελάχιστες γνώσεις προγραμματισμού. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα να γίνει κατανοητή η προγραμματιστική λογική πάνω στην οποία έχει αναπτυχθεί, και έτσι να αναπτυχθούν στη βάση του νέες μέθοδοι, ή ακόμα και να βελτιωθούν οι ήδη υπάρχουσες.

Βιβλιογραφία

- Borda, J. C. (1781). *Memoire sur les Elections au scrutiny*. Paris: Histoire de l'Academie Royale des Sciences.
- Cook, W. D., & Seiford, L. M. (1978, Dec. 16). Priority ranking and consensus formation. *Management Science*, 1721-1732.
- Cook, W. D., & Seiford, L. M. (1982, June). On the Borba-Kendall consensus method for priority ranking problems. *Management Science*, 28(6), 621-637.
- Jacquet-Lagrange, E., & Siskos, J. (1982). Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method. *European Journal of Operational Research*, 10(2), 151-164.
- Lesourne, J. (1977). A theory of the individual for economic analysis. *North-Holland publishing company*, 1.
- Luce, R. D. (1977). The choice axiom after twenty years. *Journal of Mathematical Psychology*, 215-233.
- McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. Στο *Frontiers in Econometrics* (σσ. 105-142). New York: Zarembka.
- McFadden, D. (1976). Quantal Choice Analysis: A Survey. *Annals of Economic and Social Measurement*, 5(4), 363-390.
- McFadden, D. (1980). Econometric Models for Probabilistic Choice among Products. *The Journal of Business*, 53(3), 13-29.
- Y. Siskos, D. Y. (1985). Utastar - an ordinal regression method for building additive value functions. *Investigação Operacional*, 5(1), 39-53.
- Ματσατσίνης, Ν. (2010). *Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.