



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Εργαστήριο Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων

Μεταπτυχιακή Εργασία

Ανάπτυξη πολυκριτήριου συστήματος για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων

Κωνσταντίνα Γ. Μιτελούδη

Επιβλέπων : Νικόλαος Ματσατσίνης,

Καθηγητής

Μεταπτυχιακή Εργασία

**Ανάπτυξη πολυκριτήριου συστήματος για τη
λήψη ομαδικών αποφάσεων**

Κωνσταντίνα Γ. Μιτελούδη

Εξεταστική Επιτροπή

Ματσατσίνης
Νικόλαος

Δούμπος
Μιχάλης

Τσαφάρáκης
Στέλιος

Καθηγητής

Αναπληρωτής
Καθηγητής

Επίκουρος
Καθηγητής

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά, από βάθους καρδιάς, τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Νικόλαο Ματσατσίνη για την εμπιστοσύνη που έχει δείξει στις ικανότητές μου, για τις ευκαιρίες που μου έχει προσφέρει, για τη μεγάλη υπομονή και κατανόηση που έχει προς το πρόσωπό μου και για την άριστη συνεργασία μας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Μιχάλη Δούμπο και τον επίκουρο καθηγητή κ. Στέλιο Τσαφάρáκη για τη συμμετοχή τους στην εξέταση και αξιολόγηση αυτής της εργασίας.

Ευχαριστώ το σύντροφό μου και συνάδελφο Αλκαίο Σακελλάρη για όλα. Μαζί κάνουμε ένα δυνατό team.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στους γονείς μου, για την άνευ όρων αγάπη που μου δίνουν αδιάκοπα, γιατί με έμαθαν να ονειρεύομαι και με στηρίζουν με υπομονή και επιμονή στην πραγματοποίηση των ονείρων μου.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή	5
1.1.	Σκοπός της εργασίας	5
1.2.	Ομαδικές αποφάσεις	5
Κεφάλαιο 2	Η μέθοδος UTA/UTASTAR και οι παραλλαγές.....	6
2.1.	Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση	6
2.2.	Η μέθοδος UTA.....	7
2.3.	Η μέθοδος UTASTAR.....	12
2.4.	Οι παραλλαγές και οι μετα-UTA τεχνικές	15
Κεφάλαιο 3	Προτεινόμενη μεθοδολογία.....	17
3.1.	Εισαγωγή	17
3.2.	Ελαχιστοποίηση αθροίσματος σφαλμάτων	17
3.3.	Ελαχιστοποίηση μεγίστου αθροίσματος σφαλμάτων	19
3.4.	Μεγιστοποίηση του συντελεστή συσχέτισης Kendall's τ.....	19
3.5.	Ελαχιστοποίηση του Μέγιστου Αριθμού Ανακατατάξεων ανά	20
	Αποφασίζοντα	20
Κεφάλαιο 4	Αρχιτεκτονική του online Σ.Υ.Ο.Α.	22
4.1.	Εισαγωγή	22
4.2.	Ανάπτυξη των μεθοδολογιών σε Python	23
4.3.	Django web framework	23
Κεφάλαιο 5	Παρουσίαση της λειτουργίας του συστήματος	28
Κεφάλαιο 6	Συμπεράσματα και μελλοντικές προεκτάσεις	48
	Βιβλιογραφία	49

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός πολυκριτήριου συστήματος για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων. Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις μεθοδολογίες της αναλυτικής – συνθετικής προσέγγισης (ΑΣΠ) και συγκεκριμένα της οικογένειας των μεθόδων UTA [1]. Δημιουργήθηκε ένα online σύστημα με τη βοήθεια της γλώσσας Python [2] και του framework Django [3]. Το σύστημα μπορεί να επεκταθεί ώστε να υποστηρίζει και άλλες μεθόδους της ΑΣΠ. Τελικός στόχος είναι η δημιουργία ενός online συστήματος που θα προσφέρει στον αναλυτή ολοκληρωμένες λύσεις.

1.2. Ομαδικές αποφάσεις

Οι ομαδικές αποφάσεις αποτελούν ένα πεδίο με μεγάλο ενδιαφέρον για τους ερευνητές. Τα συστήματα λήψης ομαδικών αποφάσεων (Group Decision Support Systems - GDDS) μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο σε περιπτώσεις όπου εμπλέκονται πολλοί αποφασίζοντες, με τον καθένα να έχει το δικό του σύστημα αξιών και προτιμήσεων για τη λήψη μιας απόφασης. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον είναι σύνηθες να υπάρχουν διαφωνίες ανάμεσα στους αποφασίζοντες.

Οι μέθοδοι της πολυκριτήριας ανάλυσης (Multiple Criteria Decision Aid - MCDA) αποτελούν χρήσιμο εργαλείο για τη λύση των διαφωνιών και την επίτευξη συναίνεσης ανάμεσα στα μέλη της ομάδας για τη λήψη της απόφασης. Πιο συγκεκριμένα, μέθοδοι της Αναλυτικής-Συνθετικής Προσέγγισης (ΑΣΠ), που ανήκουν στην οικογένεια μεθόδων UTA, έχουν χρησιμοποιηθεί στη λήψη ομαδικών αποφάσεων και έχουν υλοποιηθεί και στο σύστημα της παρούσας εργασίας και παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια.

Κεφάλαιο 2

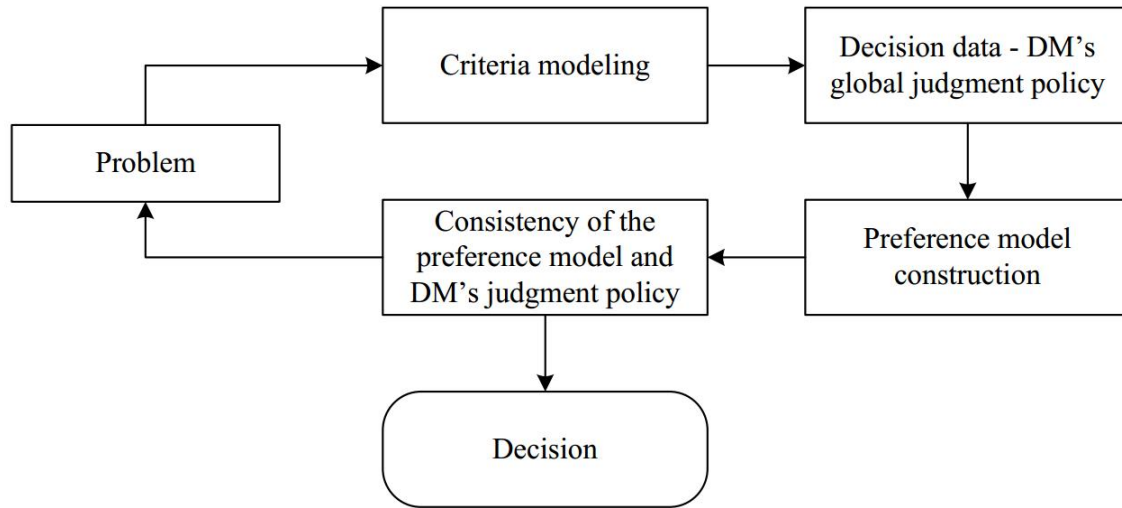
Η μέθοδος UTA/UTASTAR και οι παραλλαγές

2.1. Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση

Η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση αποτελεί ένα σημαντικό πεδίο των πολυκριτήριων συστημάτων αποφάσεων. Θεωρεί ότι ο αποφασίζων παίρνει αποφάσεις στηριζόμενος (συνειδητά ή ασυνείδητα) σε ένα σύστημα αξιών και προτιμήσεων. Αναλύει τη σχέση μεταξύ των αποφάσεων και των επιδόσεων των εναλλακτικών στα κριτήρια κι έτσι εντοπίζει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται αυτές οι αποφάσεις, αναπτύσσοντας ένα υπόδειγμα σύνθεσης των κριτηρίων.

Η ουσιαστική διαφορά από τις άλλες πολυκριτήριες προσεγγίσεις (πολυκριτήρια αξία, σχέσεις υπεροχής) είναι ότι αυτές συνθέτουν τα δεδομένα ενός προβλήματος για να καταλήξουν στο τελικό αποτέλεσμα, ενώ η ΑΣΠ αναλύει τα δεδομένα για να εντοπίσει το υπόδειγμα που αναπαριστά όσο πιο πιστά γίνεται το σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα.

Για το σαφή καθορισμό αυτού του υποδείγματος απαιτείται η συλλογή πληροφοριών σχετικών με το σύστημα αξιών και προτιμήσεων καθώς και η συγκέντρωση και η ανάλυση με κατάλληλο τρόπο ενός επαρκούς συνόλου παραδειγμάτων των αποφάσεων που παίρνει ο αποφασίζων. Οι πληροφορίες συνήθως είναι οι ίδιες οι αποφάσεις χωρίς καμία επιπλέον παράμετρο για το πώς ελήφθησαν και εκφράζονται σε διάφορες μορφές όπως μια μονότονη κλίμακα (κατάταξη ή ταξινόμηση των εναλλακτικών) ή ένας δείκτης (πόσες φορές μια εναλλακτική προτιμάται μιας άλλης). Τα παραδείγματα μπορεί να είναι παλαιότερες αποφάσεις του αποφασίζοντα, ένα μικρό αλλά αντιπροσωπευτικό σύνολο φανταστικών εναλλακτικών ή ένα μικρό αλλά αντιπροσωπευτικό υποσύνολο των υπό εξέταση εναλλακτικών οι οποίες διατυπώνονται με σαφήνεια από τον αποφασίζοντα. Αυτό το σύνολο παραδειγμάτων ορίζει ουσιαστικά ένα σύνολο αναφοράς.



Εικόνα 1 - Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση

2.2. Η μέθοδος UTA

Η μέθοδος UTA (UTility Additives) [4] είναι από τις πιο γνωστές πολυκριτήριες μεθοδολογίες λήψης αποφάσεων και θέτει τις βάσεις της σύγχρονης Αναλυτικής-Συνθετικής προσέγγισης. Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στην ανάπτυξη μιας ή περισσότερων προσθετικών συναρτήσεων αξιών δεδομένου ενός συνόλου εναλλακτικών οι οποίες έχουν μια δοσμένη προ διάταξη από τον αποφασίζοντα. Χρησιμοποιεί ειδικές τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού για να υπολογίσει τις συναρτήσεις αυτές, έτσι ώστε η κατάταξη που προκύπτει από αυτές να είναι όσο το δυνατόν πιο σύμφωνη με την ορισμένη προ διάταξη.

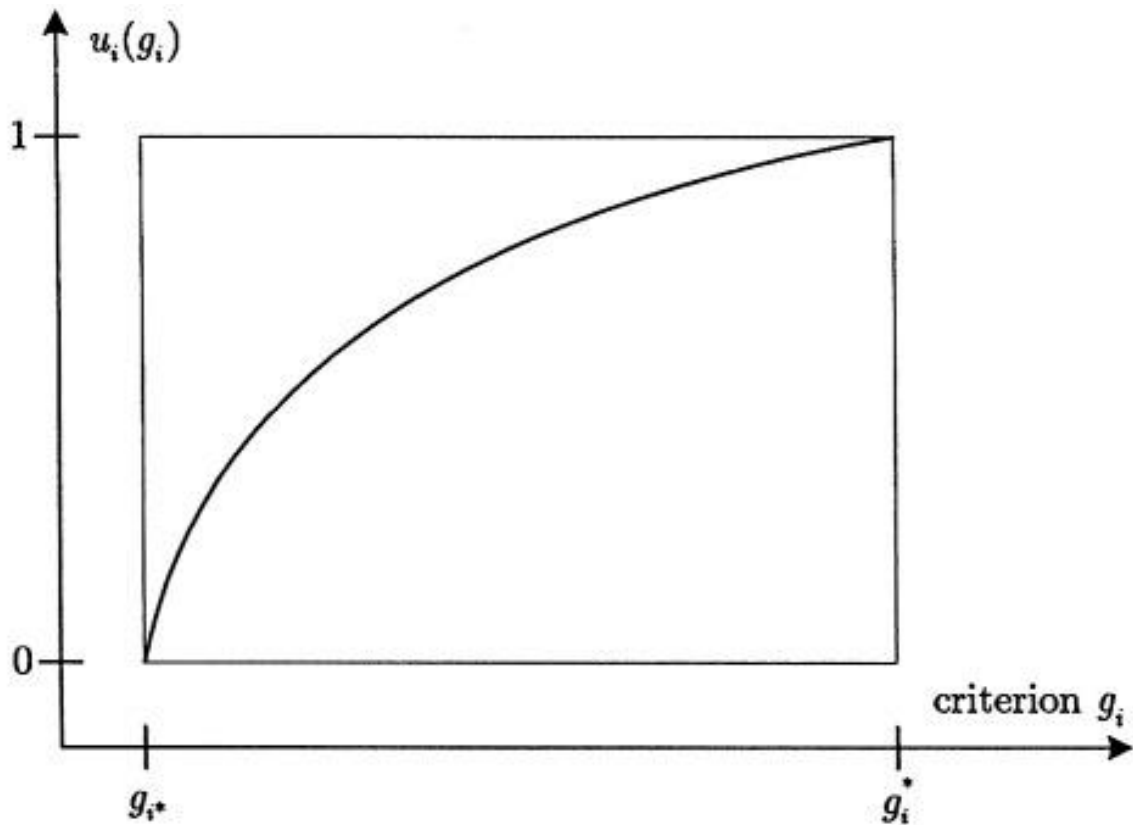
Έστω, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ το σύνολο αναφοράς των εναλλακτικών, οι οποίες εκτιμώνται από μια οικογένεια κριτηρίων $\mathbf{g} = (g_1, g_2, \dots, g_n)$. Το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων στη UTA θεωρείται ως μία προσθετική συνάρτηση αξίας της ακόλουθης μορφής :

$$U(\mathbf{g}) = \sum_{i=1}^n p_i u_i(g_i) \quad (2.1)$$

υπό τους περιορισμούς κανονικοποίησης :

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \text{ και } u_i(g_{i*}) = 0, u_i(g_i^*) = 1, \forall i = 1, 2, \dots, n; \quad (2.2)$$

όπου $u_i, i = 1, 2, \dots, n$ είναι οι μερικές συναρτήσεις αξίας ή χρησιμότητας, κανονικοποιημένες στο διάστημα $[0, 1]$ και p_i είναι τα βάρη των u_i .



Εικόνα 2 - Η περιθώρια συνάρτηση αξίας [5]

Και οι μερικές και οι ολικές συναρτήσεις αξίας έχουν την ιδιότητα της μονοτονίας του πραγματικού κριτηρίου. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της συνάρτησης ολικής αξίας ισχύουν οι παρακάτω ιδιότητες :

$$\begin{aligned} U(\mathbf{g}(a)) &> U(\mathbf{g}(b)) \Leftrightarrow a > b \\ U(\mathbf{g}(a)) &= U(\mathbf{g}(b)) \Leftrightarrow a \sim b \end{aligned} \tag{2.3}$$

Η μέθοδος UTA θεωρεί μία μορφή της προσθετικής συνάρτησης αξίας χωρίς βάρη, ισοδύναμη της μορφής των σχέσεων (2.1) και (2.2) :

$$U(\mathbf{g}) = \sum_{i=1}^n u_i(g_i) \tag{2.4}$$

Υπό τους περιορισμούς κανονικοποίησης:

$$\sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1 \text{ και } u_i(g_{i*}) = 0, \forall i = 1, 2, \dots, n; \quad (2.5)$$

Βέβαια, η ύπαρξη ενός τέτοιου μοντέλου προϋποθέτει την προτιμησιακή ανεξαρτησία των κριτηρίων για τον αποφασίζοντα [6], καθώς και άλλες συνθήκες για να ισχύει η προσθετική μορφή [7]. Στη βάση του προσθετικού μοντέλου (2.4)-(2.5) και λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες (2.3), η αξία κάθε εναλλακτικής $a \in A$, μπορεί να γραφτεί ως :

$$U'(\mathbf{g}(a)) = \sum_{i=1}^n u_i(g_i(a)) + \sigma(a) \quad \forall a \in A \quad (2.6)$$

όπου $\sigma(a)$ είναι ένα πιθανό σφάλμα σε σχέση με την $U'(\mathbf{g}(a))$.

Επίσης, για την εκτίμηση των συναρτήσεων μερικών αξιών με τη μορφή κατά τμήματα γραμμικών συναρτήσεων, προτείνεται η χρήση γραμμικής παρεμβολής. Για κάθε κριτήριο, το διάστημα $[g_{i*}, g_i^*]$ χωρίζεται σε $(a_i - 1)$ ίσα υποδιαστήματα, και ως εκ τούτου το τελικό σημείο g_i^j κάθε υποδιαστήματος δίνεται από τον τύπο :

$$g_i^j = g_{i*} + \frac{j-1}{a_i-1} (g_i^* - g_{i*}) \quad \forall j = 1, 2, \dots, a_i. \quad (2.7)$$

Η μερική αξία μιας εναλλακτικής a προσεγγίζεται με γραμμική παρεμβολή, και έτσι, για $g_i(a) \in [g_i^j, g_i^{j+1}]$:

$$u_i(g_i(a)) = u_i(g_i^j) + \frac{g_i(a) - g_i^j}{g_i^{j+1} - g_i^j} (u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j)) \quad (2.8)$$

Το σύνολο αναφοράς των εναλλακτικών $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ αναδιατάσσεται με τέτοιο τρόπο ώστε η εναλλακτική a_1 να είναι η κεφαλή της κατάταξης και η εναλλακτική a_m η ουρά. Δεδομένου ότι η συγκεκριμένη κατάταξη έχει τη μορφή μια προδιάταξης R , για κάθε ζεύγος διαδοχικών δράσεων (a_k, a_{k+1}) ισχύει είτε $a_k > a_{k+1}$ (προτίμηση), είτε $a_k \sim a_{k+1}$ (αδιαφορία). Έτσι, αν τεθεί

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = U'(\mathbf{g}(a_k)) - U'(\mathbf{g}(a_{k+1})) \quad (2.9)$$

τότε ισχύει μια από τις ακόλουθες περιπτώσεις :

$$\begin{aligned} \Delta(a_k, a_{k+1}) &\geq \delta \text{ εάν } a_k > a_{k+1} \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) &= 0 \text{ εάν } a_k \sim a_{k+1} \end{aligned} \quad (2.10)$$

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

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

$$u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq s_i, \forall j = 1, 2, \dots, a_{i-1}, \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (2.11)$$

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

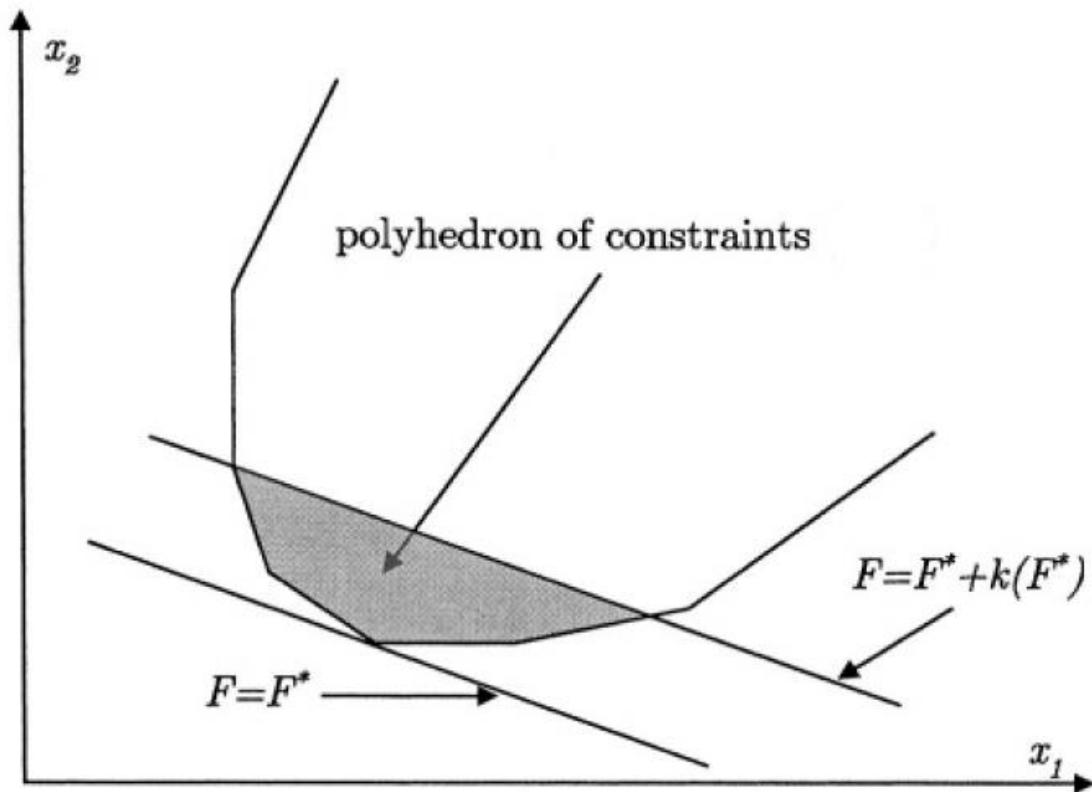
Οι περιθώριες συναρτήσεις αξίας υπολογίζονται τελικά μέσω του ακόλουθου γραμμικού προγράμματος (γ.π.), όπου ως περιορισμοί χρησιμοποιούνται οι σχέσεις (2.4), (2.5), (2.10) και (2.11), ενώ η αντικειμενική συνάρτηση είναι το συνολικό προκαλούμενο σφάλμα :

$$[min]F = \sum_{a \in A} \sigma(a)$$

υπό τους περιορισμούς

$$\begin{aligned} \Delta(a_k, a_{k+1}) &\geq \delta \text{ εάν } a_k > a_{k+1} \forall k \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) &= 0 \text{ εάν } a_k \sim a_{k+1} \forall k \\ u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) &\geq 0 \forall i, j \\ \sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) &= 1 \\ u_i(g_{i_*}) &= 0, u_i(g_i^j) \geq 0, \sigma(a) \geq 0 \forall a \in A, \forall i, j \end{aligned} \quad (2.12)$$

Η ανάλυση ευστάθειας των αποτελεσμάτων του γ.π. (2.12) αντιμετωπίζεται ως ένα πρόβλημα ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης. Πράγματι, αν η βέλτιστη λύση δώσει $F^* = 0$, τότε το υπερπολύεδρο των αποδεκτών λύσεων για τα $u_i(g_i)$ δεν είναι κενό, αλλά υπάρχουν πολλαπλές συναρτήσεις αξίας που είναι απόλυτα συνεπείς με την προδιάταξη R . Ακόμη και στην περίπτωση που η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης είναι μη μηδενική, υπάρχουν άλλες λύσεις, λιγότερο καλές για την F , που είναι σε θέση να βελτιώσουν άλλα εναλλακτικά κριτήρια βελτιστοποίησης (π.χ. τον συντελεστή συσχέτισης τ του Kendall).



Εικόνα 3 - Ανάλυση ευστάθειας στη μέθοδο UTA [5]

Όπως φαίνεται στην εικόνα (3), ο χώρος των μεταβέλιτων λύσεων καθορίζεται από το υπερπολύεδρο :

$$F \leq F^* + k(F^*)$$

όλοι οι περιορισμοί του γ.π. (2.12)

(2.13)

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

Υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός αλγορίθμων που είναι σε θέση να εξετάσουν τις λύσεις-κορυφές του υπερπολύεδρου (2.13), όπως μέθοδοι κλάδου και φράγματος, η μέθοδος αντίστροφης simplex και η μέθοδος Manas /Nedoma. Οι Jacquet-Siskos [4], στην αρχική μορφή της μεθόδου UTA, προτείνουν τη διερεύνηση του πολυέδρου (2.13), μέσω μιας ευρετικής μεθόδου αναζήτησης (ημι)βέλιτων λύσεων, επιλύοντας τα ακόλουθα γ.π. :

$$[min]u_i(g_i^*)$$

στο πολύεδρο (2.13)

$$[max]u_i(g_i^*)$$

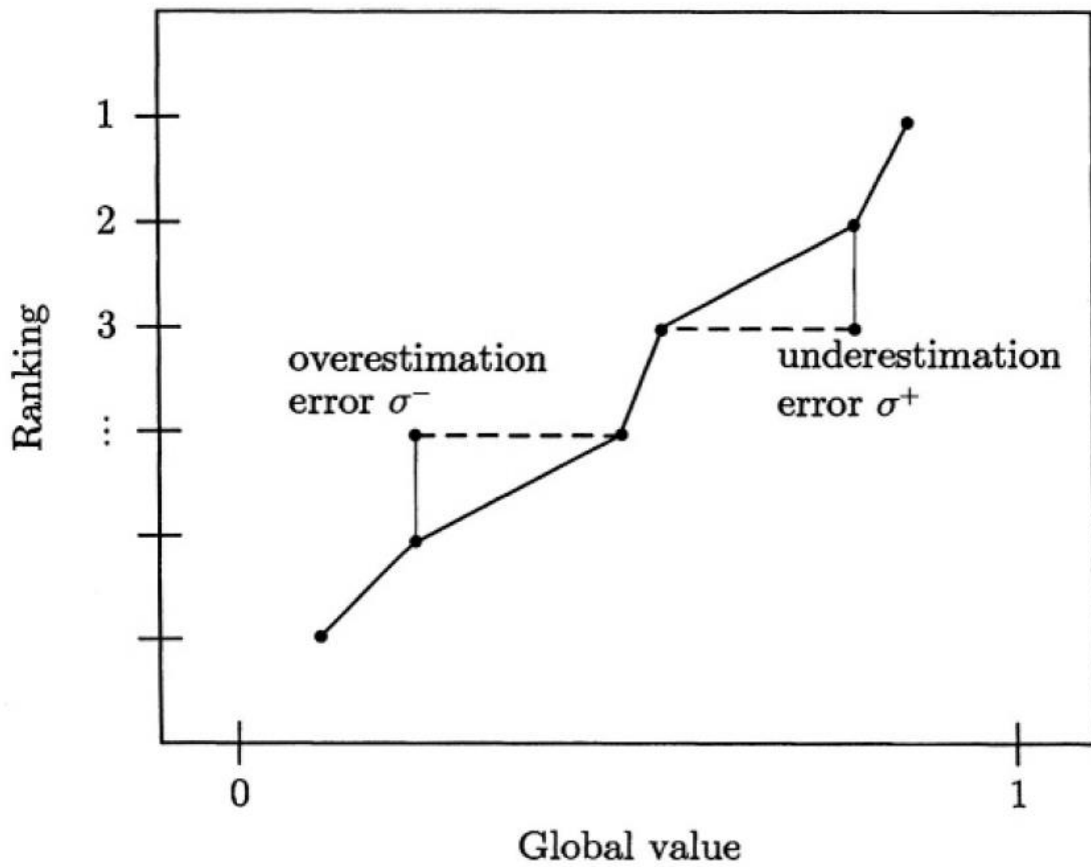
στο πολύεδρο (2.13)

(2.14)

Ως τελική λύση του προβλήματος, υπολογίζεται η μέση τιμή των λύσεων των προηγούμενων γ.π., που είναι και αυτή (ημι)βέλτιστη, λόγω της κυρτότητας του υπερπολύεδρου. Σε περίπτωση αστάθειας, οι λύσεις των γ.π. (2.14) εμφανίζουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους και η εκτιμώμενη μέση λύση είναι λιγότερο αντιπροσωπευτική. Σε κάθε περίπτωση, οι επιμέρους αυτές λύσεις υποδεικνύουν τη διακύμανση των βαρών των κριτηρίων g_i και συνεπώς δίνουν μια ιδέα της σημαντικότητας αυτών των κριτηρίων στο σύστημα προτιμήσεων του αποφασίζοντος.

2.3. Η μέθοδος UTASTAR

Η μέθοδος UTASTAR προτάθηκε από τους Siskos-Yannacopoulos [8] και αποτελεί μια βελτιωμένη έκδοση της πρωτότυπης μεθόδου UTA. Στην αρχική έκδοση της μεθόδου UTA [4], για καθεμία δράση $a \in A$ ορίζεται ένα μοναδικό σφάλμα $\sigma(a)$. Αυτή η συνάρτηση σφάλματος δεν είναι επαρκής για την ελαχιστοποίηση της ολικής διασποράς των σημείων στη μονότονη καμπύλη της εικόνας (4). Το πρόβλημα αφορά τα σημεία που βρίσκονται δεξιά της καμπύλης, από τα οποία θα ήταν προτιμότερο να αφαιρεθεί μια ποσότητα αξίας χωρίς να αυξηθούν οι αξίες των άλλων.



Εικόνα 4 - Καμπύλη μονότονης παλινδρόμησης

Στη μέθοδο UTASTAR, εισάγεται μια διπλή θετική συνάρτηση σφάλματος και έτσι ο τύπος (2.1) γίνεται :

$$U'(\mathbf{g}(a)) = \sum_{i=1}^n u_i(g_i(a)) - \sigma^+(a) + \sigma^-(a) \quad \forall a \in A \quad (2.15)$$

όπου $\sigma^+(a)$ και $\sigma^-(a)$ είναι τα σφάλματα υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης, αντίστοιχα.

Επιπρόσθετα, μια άλλη σημαντική τροποποίηση αφορά τους περιορισμούς μονοτονίας των κριτηρίων, οι οποίοι μοντελοποιούνται με τη βοήθεια των ακόλουθων μετασχηματισμών των μεταβλητών :

$$w_{ij} = u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \text{ και } j = 1, 2, \dots, a_i - 1 \quad (2.16)$$

Με αυτό τον τρόπο, οι συνθήκες μονοτονίας (2.11) μπορούν να αντικατασταθούν από περιορισμούς μη αρνητικότητας των μεταβλητών w_{ij} .

Συνεπώς, ο αλγόριθμος UTASTAR συνοψίζεται στα ακόλουθα βήματα :

Βήμα 1: Η ολική αξία των δράσεων $U(g(a_k)), k = 1, 2, \dots, m$, εκφράζεται αρχικά ως συνάρτηση των περιθώριων αξιών $u_i(g_i)$ και στη συνέχεια των μεταβλητών w_{ij} , σύμφωνα με την εξίσωση (2.16), μέσω των ακόλουθων σχέσεων :

$$\begin{aligned} u_i(g_i^1) &= 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \\ u_i(g_i^j) &= \sum_{t=1}^{j-1} w_{it} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \text{ και } j = 2, 3, \dots, a_i - 1 \end{aligned} \quad (2.17)$$

Βήμα 2: Εισάγονται δύο συναρτήσεις σφάλματος $\sigma^+(a)$ και $\sigma^-(a)$ στο A , γράφοντας για κάθε ζεύγος διαδοχικών δράσεων στην προδιάταξη τις αναλυτικές εκφράσεις :

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = U(g(a_k)) - \sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k) - U(g(a_{k+1})) + \sigma^+(a_{k+1}) - \sigma^-(a_{k+1}) \quad (2.18)$$

Βήμα 3: Σχηματίζεται το παρακάτω γ.π. προς επίλυση :

$$[min]Z = \sum_{k=1}^m \sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k)$$

υπό τους περιορισμούς

$$\begin{aligned} \Delta(a_k, a_{k+1}) &\geq \delta \text{ εάν } a_k > a_{k+1} \forall k \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) &= 0 \text{ εάν } a_k \sim a_{k+1} \forall k \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{a_i-1} w_{ij} &= 1 \\ w_{ij} &\geq 0, \quad \sigma^+(a_k) \geq 0, \quad \sigma^-(a_k) \geq 0 \quad \forall i, j \text{ και } k \end{aligned} \quad (2.19)$$

όπου δ ένας μικρός θετικός αριθμός.

Βήμα 4: Ελέγχεται η ύπαρξη πολλαπλών βέλτιστων ή ημιβέλτιστων λύσεων στο γ.π. (2.19), υπολογίζοντας το βαρύκεντρο των προσθετικών συναρτήσεων αξίας που μεγιστοποιούν τις ακόλουθες αντικειμενικές συναρτήσεις :

$$u_i(g_i^*) = \sum_{j=1}^{a_i-1} w_{ij} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (2.20)$$

στο υπερπολύεδρο των περιορισμών γ.π. (2.19) που περιορίζεται από τον επόμενο νέο περιορισμό :

$$\sum_{k=1}^m (\sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k)) \leq z^* + \varepsilon \quad (2.21)$$

όπου z^* είναι η βέλτιστη τιμή (σφάλμα) του γ.π. του βήματος 3 και ε είναι ένας πολύ μικρός θετικός αριθμός ή μηδέν.

Οι Siskos-Yannacopoulos [8] απέδειξαν, σε ένα σύνολο πειραματικών δεδομένων, ότι η UTASTAR δίνει καλύτερα αποτελέσματα από τον πρωτότυπο αλγόριθμο UTA.

2.4. Οι παραλλαγές και οι μετα-UTA τεχνικές

Πολλές είναι οι παραλλαγές που έχουν αναπτυχθεί βασιζόμενες στη μέθοδο UTA, σε κάποιες από τις οποίες η συνάρτηση ολικής αξίας του αποφασίζοντα παρουσιάζει διαφορετική μορφή, ενώ σε άλλες διαφοροποιούνται τα κριτήρια βελτιστοποίησης στα γ.π. που δομούν το πρόβλημα.

Ένα εναλλακτικό κριτήριο βελτιστοποίησης σχετίζεται με την ελαχιστοποίηση των ανακατατάξεων (παραβιαζόμενων ζευγών), που υπάρχουν μεταξύ της αρχικής διάταξης R του αποφασίζοντα και της τελικής κατάταξης R^* που προκύπτει κατά τη μοντελοποίηση, το οποίο ισοδυναμεί με τη μεγιστοποίηση του συντελεστή συσχέτισης Kendall's τ , μεταξύ των δυο διατάξεων.

Έτσι, για κάθε ζεύγος $(a, b) \in R$, εισάγεται η μεταβλητή γ_{ab} , η οποία είναι δίτιμη και παίρνει την τιμή $\gamma_{ab} = 0$ όταν υπάρχει συμφωνία με την προτίμηση του αποφασίζοντα ενώ παίρνει $\gamma_{ab} = 1$ όταν δεν υπάρχει συμφωνία με την προτίμηση του αποφασίζοντα. Επίσης, είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν με διαφορετικό τρόπο οι περιορισμοί προτίμησης και αδιαφορίας που προκύπτουν από την κατάταξη R του αποφασίζοντα, εξετάζοντας δηλαδή στην περίπτωση αδιαφορίας και το ζεύγος $(a, b) \in R$ αλλά και το ζεύγος $(b, a) \in R$. Οι δυο προτεινόμενες συναρτήσεις ολικής αξίας είναι μη προσθετικές και η γενική μορφή του μεικτού ακέραιου γ.π. που επιλύεται είναι η ακόλουθη:

$$[min]F = \sum_{(a,b) \in R} \gamma_{ab} \Leftrightarrow [max]\tau(R, R')$$

$$\sum_{i=1}^n \{u_i[g_i(a)] - u_i[g_i(b)]\} + M\gamma_{ab} \geq \delta, \text{ εάν } a \succ b, \forall k$$

$$\sum_{i=1}^n \{u_i[g_i(\alpha_k)] - u_i[g_i(\alpha_{k+1})]\} + M\gamma_{ab} \geq 0, \text{ εάν } \alpha_k \sim \alpha_{k+1}, \forall k, r$$

$$\sum_{i=1}^n \{u_i[g_i(\alpha_k)] - u_i[g_i(\alpha_{k+1})]\} + M\gamma_{ab} \leq 0, \text{ εάν } \alpha_k \sim \alpha_{k+1}, \forall k, r$$

$$\sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1$$

$$\begin{aligned}
u_i(g_{i*}) &= 0, \forall i \in R \\
u_i(g_i^j) &\geq 0, \forall i, j \in R \\
\gamma_{ab} &\in \{0,1\}, \forall (a,b) \in R
\end{aligned}
\tag{2.22}$$

όπου M είναι ένας πολύ μεγάλος αριθμός. Παρατηρείται ότι πλέον, οι σχέσεις προτίμησης και αδιαφορίας μοντελοποιούνται ξεχωριστά στο γ.π.

Άλλες τεχνικές που ονομάζονται μετα-UTA, έχουν βασικό στόχο είτε τη διερεύνηση των συναρτήσεων αξιών στα πλαίσια της ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης, είτε τη βελτίωσή τους για την καλύτερη υποστήριξη της απόφασης. Η ελαχιστοποίηση του μέγιστου αθροίσματος σφαλμάτων ανήκει σε αυτή την κατηγορία μεθόδων.

Οι Despotis et al. [9] πρότειναν την ελαχιστοποίηση της διασποράς των σφαλμάτων (κριτήριο Tchebycheff) κατά το στάδιο της μεταβελτιστοποίησης της UTASTAR. Στην περίπτωση αυστηρά θετικού σφάλματος ($z^* > 0$), στόχος είναι η διερεύνηση της ύπαρξης ημιβέλτιστων λύσεων οι οποίες να φέρουν ως αποτέλεσμα κατατάξεις R τέτοιες ώστε $\tau(R, R) > \tau(R^*, R)$, όπου R^* είναι η κατάταξη που αντιστοιχεί στη βέλτιστη λύση z^* .

Σχετικές έρευνες [10] απέδειξαν ότι εκτός από το συνολικό σφάλμα z^* , κρίσιμο ρόλο για τη συσχέτιση $\tau(R^*, R)$ διαδραματίζει και η διασπορά των σφαλμάτων σ^\pm . Κατά συνέπεια, στη συγκεκριμένη τεχνική καταβάλλεται προσπάθεια για να ελαχιστοποιηθεί η διαφορά μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου σφάλματος, γεγονός που ισοδυναμεί με την ελαχιστοποίηση του μέγιστου σφάλματος σ_{max} , δεδομένου ότι όλα τα σφάλματα είναι μη αρνητικοί αριθμοί.

Το γ.π. είναι το εξής :

$$\begin{aligned}
[min] F &= \sigma_{max} \\
\text{όλοι οι περιορισμοί του γ.π.} & \quad (2.19) \\
\sum_{k=1}^m [\sigma^+(\alpha_k) + \sigma^-(\alpha_k)] &\leq z^* + \varepsilon \\
\sigma_{max} - \sigma^+(\alpha_k) &\geq 0 \\
\sigma_{max} - \sigma^-(\alpha_k) &\geq 0 \\
\sigma_{max} &\geq 0
\end{aligned}
\tag{2.23}$$

Κεφάλαιο 3

Προτεινόμενη μεθοδολογία

3.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο πάνω στο οποίο στηρίζεται η κατασκευή του συστήματος [1]. Για την επίλυση των πολυκριτήριων προβλημάτων γίνεται χρήση της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων και πιο συγκεκριμένα της Αναλυτικής-Συνθετικής Προσέγγισης. Στην ουσία πρόκειται για τις μεθοδολογίες που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, με τη διαφορά ότι εκείνες εφαρμόζονταν σε έναν αποφασίζοντα, ενώ τώρα έχουν επεκταθεί ώστε να εφαρμόζονται και σε μια ομάδα αποφασιζόντων. Οι μέθοδοι αυτές είναι οι εξής:

- Ελαχιστοποίηση Αθροίσματος Σφαλμάτων
- Ελαχιστοποίηση Μεγίστου Αθροίσματος Σφαλμάτων
- Μεγιστοποίηση του συντελεστή συσχέτισης Kendall's τ
- Ελαχιστοποίηση του Μέγιστου Αριθμού Ανακατατάξεων ανά αποφασίζοντα

Ανεξάρτητα από το στόχο που θέτει η αντικειμενική συνάρτηση της κάθε μεθόδου, η παράμετρος βάσει της οποίας τα αποτελέσματα κρίνονται σε πρώτη στάδιο ως ικανοποιητικά ή μη, είναι ο μέσος όρος των συντελεστών συσχέτισης Kendall's τ μεταξύ των αρχικών κατατάξεων των αποφασιζόντων και της κατάταξης που προκύπτει από τη μοντελοποίηση. Η τελική αξιολόγηση όμως των εξαγόμενων αποτελεσμάτων θα πραγματοποιηθεί από τους ίδιους τους αποφασίζοντες, οπότε και θα αποφασιστεί η υιοθέτηση είτε η περαιτέρω διερεύνηση του προβλήματος.

3.2. Ελαχιστοποίηση αθροίσματος σφαλμάτων

Η μέθοδος UTA/UTASTAR μπορεί να επεκταθεί ώστε να εφαρμόζεται για πολλούς αποφασίζοντες σε προβλήματα όπου πρέπει να παραχθούν συλλογικά συστήματα προτιμήσεων. Η φιλοσοφία της μεθόδου παραμένει η ίδια όμως, γίνεται αναφορά πλέον στο σύνολο των αποφασιζόντων και όχι στον καθένα ξεχωριστά.

Στο συγκεκριμένο πρόβλημα, ο στόχος της αντικειμενικής συνάρτησης είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού αθροίσματος σφαλμάτων όλων των αποφασιζόντων.

Έστω ότι υπάρχουν q αποφασίζοντες που πρέπει να αξιολογήσουν m εναλλακτικές (a_k με $k = 1, 2, \dots, m$) σύμφωνα με ένα σύνολο n κριτηρίων (g_i με $i = 1, 2, \dots, n$) στα διαστήματα $[g_i^* = g_i^1, g_i^2, \dots, g_i^* = g_i^{a_i}]$. Επιπλέον, ας υποθεθεί ότι $g_i^r(a_k)$ είναι η αξιολόγηση του r -th αποφασίζοντα για την k -th εναλλακτική στο i -th κριτήριο και ότι $R^r(a_k)$ είναι η κατάταξη της k -th εναλλακτικής από τον r -th αποφασίζοντα.

Ο τύπος (2.15) που αναπαριστά τη συνάρτηση ολικής αξίας μπορεί να γραφτεί ως εξής :

$$u'[g^r(\alpha)] = \sum_{i=1}^n u_i[g_i^r(\alpha)] - \sigma_r^+(\alpha) + \sigma_r^-(\alpha), \quad \forall \alpha \in A_R \quad (3.1)$$

όπου παρατηρείται ότι υπάρχει διπλό σφάλμα, όπως και στη UTASTAR.

Αντίστοιχα, λαμβάνοντας υπόψη τους πολλούς αποφασίζοντες, ο τύπος (2.18) γίνεται :

$$\Delta^r(\alpha_k, \alpha_{k+1}) = u'[g^r(\alpha_k)] - u'[g^r(\alpha_{k+1})] \quad (3.2)$$

και τελικά, το γ.π. (2.19) είναι πλέον το εξής :

$$[min] F_1 = \sum_{r=1}^q \sum_{k=1}^m [\sigma_r^+(\alpha) + \sigma_r^-(\alpha)]$$

υπό τους περιορισμούς :

$$\Delta^r(\alpha_k, \alpha_{k+1}) \geq \delta, \quad \text{εάν } \alpha_k > \alpha_{k+1}, \forall k, r$$

$$\Delta^r(\alpha_k, \alpha_{k+1}) = 0, \quad \text{εάν } \alpha_k \sim \alpha_{k+1}, \forall k, r$$

$$u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq s_i, \quad \forall i, j$$

$$\sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1$$

$$u_i(g_{i*}) = 0, u_i(g_i^j) \geq 0, \sigma_r^+(\alpha), \sigma_r^-(\alpha) \geq 0, \quad \forall i, j, k, r \quad (3.3)$$

Στόχος αυτής της μεθόδου είναι η ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των σφαλμάτων όλων των αποφασιζόντων. Το αποτέλεσμα που εξάγεται, σε πολλές περιπτώσεις, δεν είναι ικανοποιητικό για όλους τους αποφασίζοντες και δεν υπάρχει μια συμβιβαστική λύση. Γι' αυτό το λόγο έχουν δοκιμαστεί διαφορετικά κριτήρια βελτιστοποίησης στο παραπάνω γ.π. έχοντας ως τελικό στόχο τη μείωση της απόκλισης του ενός αποφασίζοντα από τις συνολικές προτιμήσεις της ομάδας αποφασιζόντων.

3.3. Ελαχιστοποίηση μεγίστου αθροίσματος σφαλμάτων

Η ελαχιστοποίηση του μεγίστου αθροίσματος σφαλμάτων, που παρουσιάστηκε και στην ενότητα (2.4), μπορεί να εφαρμοστεί σε μια ομάδα αποφασιζόντων. Το γ.π. είναι το εξής :

$$[min] F_2 = \sigma_{max}$$

υπό τους περιορισμούς του γ.π. (3.3)

$$\sum_{k=1}^m [\sigma_r^+(\alpha) + \sigma_r^-(\alpha)] \leq \sigma_{max}, \quad \forall r \quad (3.4)$$

3.4. Μεγιστοποίηση του συντελεστή συσχέτισης Kendall's τ

Η ελαχιστοποίηση των ανακατατάξεων μεταξύ της αρχικής και της τελικής κατάταξης δηλαδή, η μεγιστοποίηση του συντελεστή συσχέτισης Kendall's τ , που παρουσιάστηκε και στην ενότητα (2.4), μπορεί να εφαρμοστεί και σε μια ομάδα αποφασιζόντων. Παρουσιάζονται δύο δίτιμες μεταβλητές για κάθε αποφασίζοντα, με την τιμή 0 να αντιπροσωπεύει τη διατήρηση της προτίμησης του αποφασίζοντα ενώ η τιμή 1 τη διαφωνία με την προτίμηση του αποφασίζοντα :

$$\gamma_{ab}^r = \begin{cases} 0 & \text{εάν } u[g^r(a)] - u[g^r(b)] \geq \delta \\ 1 & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad (3.5)$$

Το γ.π. είναι το εξής:

$$[min] F_3 = \sum_{r=1}^q \sum_{(a,b) \in R^r} \gamma_{ab}^r$$

$$\sum_{i=1}^n \{u_i[g_i^r(\alpha_k)] - u_i[g_i^r(\alpha_{k+1})]\} + M\gamma_{ab}^r \geq \delta, \quad \text{εάν } \alpha_k > \alpha_{k+1}, \forall k, r$$

$$\sum_{i=1}^n \{u_i[g_i^r(\alpha_k)] - u_i[g_i^r(\alpha_{k+1})]\} + M\gamma_{ab}^r \geq 0, \quad \text{εάν } \alpha_k \sim \alpha_{k+1}, \forall k, r$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{i=1}^n \{u_i[g_i^r(\alpha_k)] - u_i[g_i^r(\alpha_{k+1})]\} + M\gamma_{ab}^r \leq 0, \quad \text{εάν } \alpha_k \sim \alpha_{k+1}, \forall k, r \\
& \sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1 \\
& u_i(g_{i*}) = 0, \quad \forall i \in R^r \\
& u_i(g_i^j) \geq 0, \quad \forall i, j \in R^r \\
& \gamma_{ab}^r \in \{0,1\}, \quad \forall r, (a,b) \in R^r
\end{aligned} \tag{3.6}$$

3.5. Ελαχιστοποίηση του Μέγιστου Αριθμού Ανακατατάξεων ανά Αποφασίζοντα

Η ελαχιστοποίηση του μέγιστου αριθμού ανακατατάξεων ανήκει και αυτή στην κατηγορία μεθόδων που είναι γνωστές ως meta-UTA, όπως και η μέθοδος ελαχιστοποίηση μέγιστου αθροίσματος σφαλμάτων. Η συγκεκριμένη τεχνική στηρίζεται στο γεγονός ότι, όπως και η συσχέτιση $\tau(R^*, R)$ δεν εξαρτάται μόνο από το συνολικό σφάλμα z^* αλλά επηρεάζεται και από τη διασπορά των σφαλμάτων [9], με την ίδια λογική, κρίσιμο ρόλο για τη συσχέτιση $\tau(R^*, R)$ θα διαδραματίζει και η διασπορά του συνολικού αριθμού ανακατατάξεων.

Επομένως, στόχος της συγκεκριμένης τεχνικής είναι η ελαχιστοποίηση της διαφοράς μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου αριθμού ανακατατάξεων ανά αποφασίζοντα. Το γεγονός αυτό ισοδυναμεί με την ελαχιστοποίηση του μέγιστου αριθμού ανακατατάξεων γ_{max} ανά αποφασίζοντα, δεδομένου ότι όλες οι ανακατατάξεις γ_{ab} είναι δίτιμες μεταβλητές και άρα μη αρνητικοί αριθμοί.

Η μέθοδος αυτή ακολουθεί τη φιλοσοφία της μεθόδου ελαχιστοποίησης του μέγιστου αθροίσματος σφαλμάτων ανά αποφασίζοντα. Αποσκοπεί δηλαδή, στη μείωση της διασποράς του αριθμού των ανακατατάξεων κάθε αποφασίζοντα που προκύπτουν κατά τη μοντελοποίηση. Το μεικτό γραμμικό πρόβλημα που επιλύεται είναι το ακόλουθο:

$$[min] F_4 = \gamma_{max}$$

υπό τους περιορισμούς του γ.π. (3.6)

$$\sum_{(a,b) \in R^r} \gamma_{ab}^r \leq \gamma_{max}, \quad \forall r \quad (3.7)$$

Να σημειωθεί πως κατά την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων σε έναν μόνο αποφασίζοντα, εξάγονται τα ίδια αποτελέσματα με τις κλασικές μεθόδους που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στην ουσία, όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, πρόκειται για προεκτάσεις των κλασικών μεθόδων που μπορούν να εφαρμοστούν και σε έναν και σε πολλούς αποφασίζοντες.

Στόχος της εφαρμογής σε πολλούς αποφασίζοντες είναι η εκτίμηση των συλλογικών προσθετικών συναρτήσεων αξίας οι οποίες θα είναι –κατά το δυνατόν- συνεπείς με τις προτιμήσεις του συνόλου των αποφασιζόντων. Με αυτό τον τρόπο θα επιτευχθεί συναίνεση ή τουλάχιστον να ελαχιστοποιηθούν οι συγκρούσεις ανάμεσα στους αποφασίζοντες.

Κεφάλαιο 4

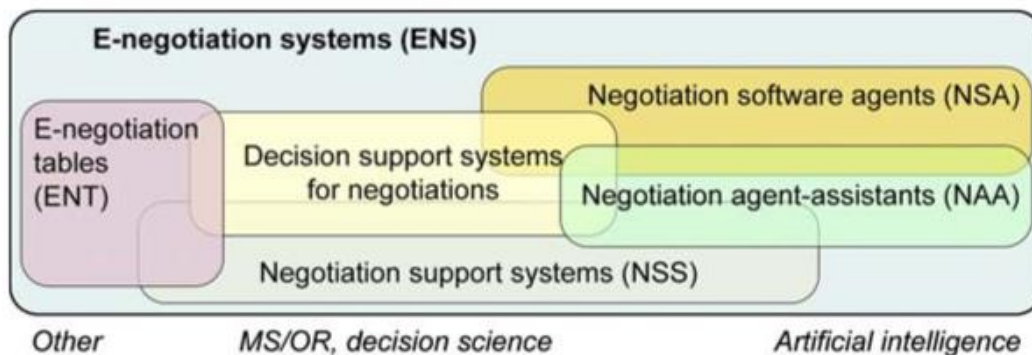
Αρχιτεκτονική του online Σ.Υ.Ο.Α.

4.1. Εισαγωγή

Τα Συστήματα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων (Σ.Υ.Ο.Α.) αποτελούν μια σχετικά πρόσφατη τεχνολογική εξέλιξη, αφού αναπτύχθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '80. Αποτελούν εξέλιξη των κλασικών ΣΥΑ, με τη διαφορά ότι πλέον καλύπτουν μια ομάδα αποφασίζοντων. Στόχος τους είναι η επίλυση ενός προβλήματος, κοινού σε όλη την ομάδα. Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή αυτής της εργασίας, τα μέλη της ομάδας παίρνουν αποφάσεις βασιζόμενοι ο καθένας σε ένα διαφορετικό πλαίσιο αξιών και προτιμήσεων. Βασικότερος στόχος ενός GDSS είναι η εξομάλυνση των διαφορών και των διαφωνιών ανάμεσα στους αποφασίζοντες και η εξαγωγή μιας συναινετικής και καθολικά αποδεκτής απόφασης.

Ένας ενδεικτικός ορισμός είναι ο εξής : «Τα Συστήματα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων συνδυάζουν τεχνολογίες επικοινωνίας, υπολογιστών και υποστήριξης αποφάσεων με στόχο να διευκολύνουν τη δόμηση και επίλυση αδόμητων προβλημάτων που απασχολούν μια ομάδα ανθρώπων».

Τα Σ.Υ.Ο.Α. μπορούν να αποτελέσουν υποσυστήματα σε ένα ευρύτερο σύστημα διαπραγματεύσεων. Στην εικόνα (5) απεικονίζονται οι σχέσεις και οι μεθοδολογικές βάσεις των διαφόρων ειδών συστημάτων λογισμικού που σχεδιάστηκαν για να υποστηρίξουν τους διαπραγματευτές κατά τη διάρκεια της λήψης μιας ομαδικής απόφασης. Τα συστήματα αυτά παρέχουν διευκόλυνση και διαμεσολάβηση και αναλαμβάνουν δραστηριότητες εκ μέρους των διαπραγματευτών. [11] [12] [13]



Εικόνα 5 - Συστήματα λογισμικού για τη διευκόλυνση, υποστήριξη και αυτοματοποίηση της διαπραγμάτευσης [11]

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του συστήματος.

4.2. Ανάπτυξη των μεθοδολογιών σε Python

Οι τέσσερις μεθοδολογίες του προηγούμενου κεφαλαίου υλοποιήθηκαν σε Python 2.7 [2] και στο περιβάλλον Anaconda [14]. Η Python είναι μια γλώσσα υψηλού επιπέδου γενικού σκοπού που δίνει τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να γράψει το πρόγραμμά του με λιγότερες γραμμές κώδικα. Υποστηρίζει πολλά προγραμματιστικά υποδείγματα όπως αντικειμενοστραφή και συναρτησιακό, αυτόματη διαχείριση μνήμης και το πιο βασικό, που χρησιμοποιήθηκε ευρέως στην παρούσα υλοποίηση, τον τύπο δεδομένων Dataframe.

Τα Dataframes είναι δυσδιάστατες δομές δεδομένων που μπορούν να κρατήσουν διαφορετικά είδη μεταβλητών (σε αντίθεση με τις λίστες που δέχονται μόνο ίδιους τύπους μεταβλητών). Αυτή η δομή δεδομένων επιλέχθηκε γιατί διαχειρίζεται καλύτερα τον πολυκριτήριο πίνακα που είναι η είσοδος του συστήματος. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τα Dataframes των βιβλιοθηκών NumPy [15] και Pandas [16].

Η επίλυση των γραμμικών προβλημάτων των ενοτήτων (3.2) και (3.3) έγινε με τη συνάρτηση linprog() [17] της Python που χρησιμοποιεί τη μέθοδο simplex. Η επίλυση των γ.π. των ενοτήτων (3.4) και (3.5) που είναι προβλήματα μεικτού προγραμματισμού έγινε με τον επιλυτή lp_solve [18].

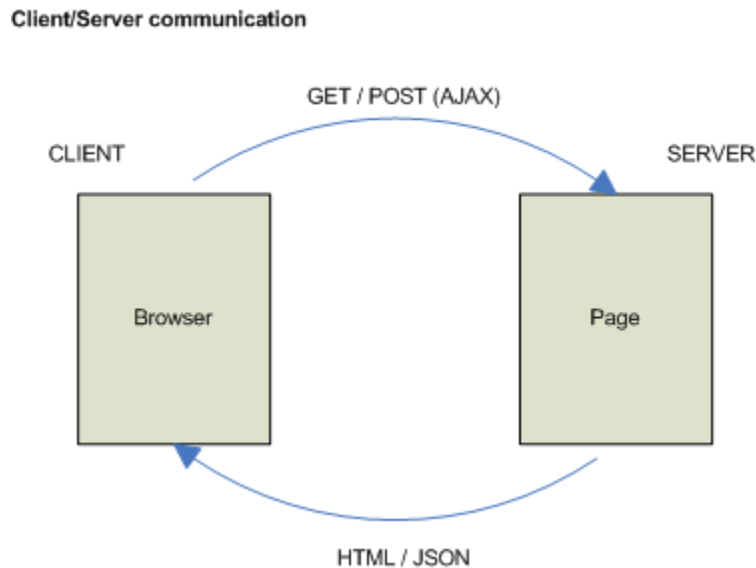
Το σύστημα επιλύει και τις τέσσερις μεθόδους και παρουσιάζει τα αποτελέσματα σε γραφήματα. Για τη δημιουργία των γραφημάτων χρησιμοποιήθηκαν οι βιβλιοθήκες chart.js της Javascript [19].

4.3. Django web framework

Για την ανάπτυξη του online GDSS της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε το web framework Django, που είναι ένα ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα γραμμένο στη γλώσσα προγραμματισμού Python. Ο βασικός σκοπός του Django είναι να διευκολύνει τη δημιουργία web applications που χρειάζονται βάσεις δεδομένων, χάρη στα components που περιέχει, μερικά εκ των οποίων είναι :

- Ένας ελαφρύς web server για τη δημιουργία και τη δοκιμή του site, γραμμένος αμιγώς σε Python.
- Ένα σύστημα που επιτρέπει τη μετατροπή από HTML σε άλλες φόρμες και μετασχηματίζει τις τιμές ώστε να μπορούν να αποθηκευτούν σε βάση δεδομένων.
- Ένα σύστημα που μεταφράζει τα στοιχεία του Django σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού.
- Μια διεπαφή με την Python και το ενσωματωμένο της framework.

Σε ένα κλασικό website που βασίζεται σε δεδομένα (data-driven), μια web εφαρμογή περιμένει αιτήματα HTTP από το πρόγραμμα περιήγησης ιστού (ή άλλον πελάτη). Όταν λαμβάνεται ένα αίτημα, η εφαρμογή το επεξεργάζεται βάσει της διεύθυνσης URL και, ενδεχομένως, βάσει των πληροφοριών που υπάρχουν σε δεδομένα POST ή GET. Ανάλογα με το αίτημα, η εφαρμογή μπορεί να διαβάσει ή να γράψει πληροφορίες σε μια βάση δεδομένων ή να εκτελέσει άλλες εργασίες που απαιτούνται για την ικανοποίηση του αιτήματος. Η εφαρμογή θα επιστρέψει στη συνέχεια μια απάντηση στο web browser, δημιουργώντας συχνά, μια δυναμική σελίδα HTML ώστε να την εμφανίσει στο browser, εισάγοντας τα ανακτημένα δεδομένα σε τοποθετημένα αντικείμενα μέσα σε ένα πρότυπο HTML.



Εικόνα 6 - Επικοινωνία client-server

Οι εφαρμογές ιστού Django συνήθως ομαδοποιούν τον κώδικα που χειρίζεται κάθε ένα από αυτά τα βήματα σε ξεχωριστά αρχεία:

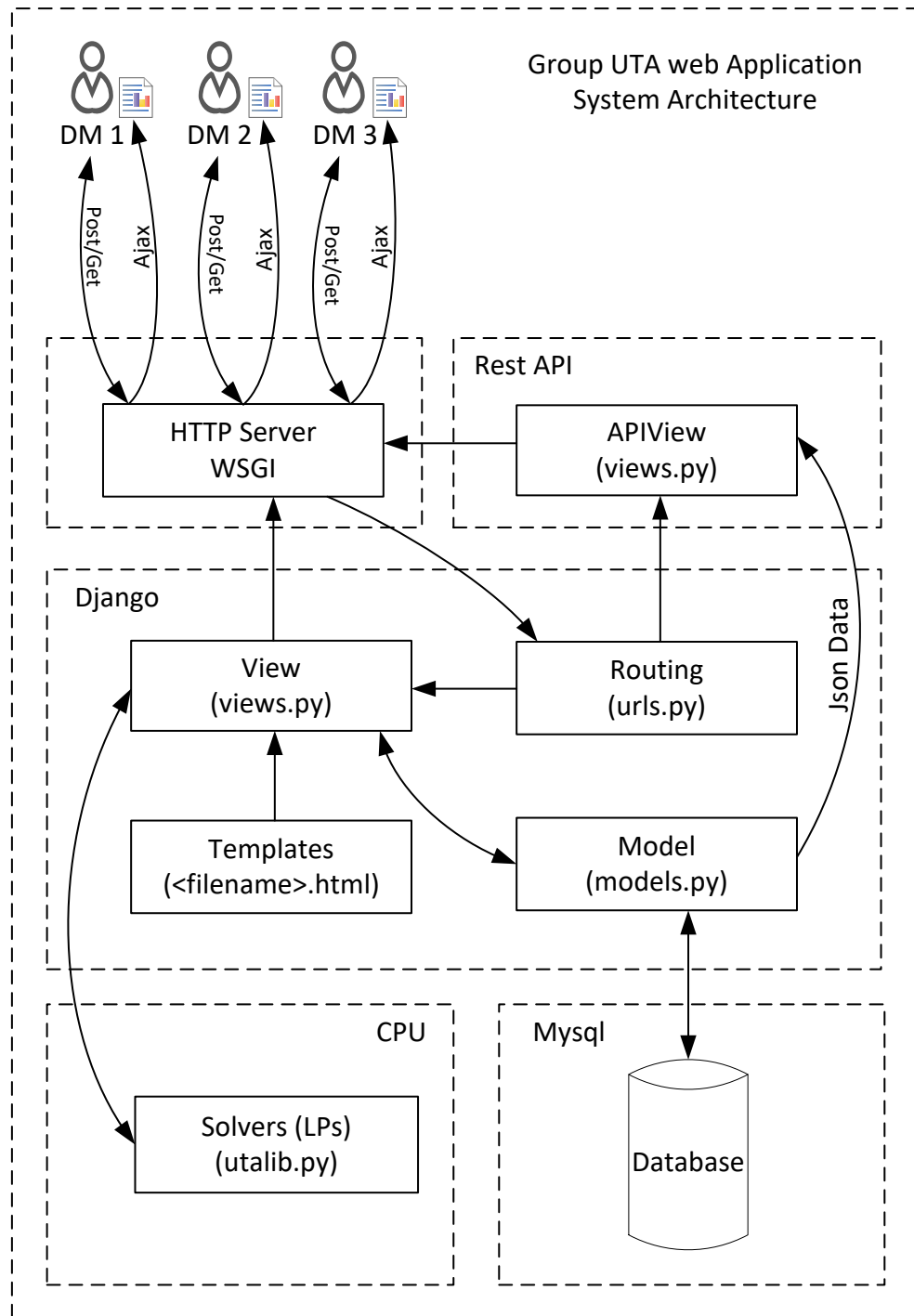
- **URLs:** Παρόλο που είναι δυνατή η επεξεργασία αιτημάτων από κάθε μία διεύθυνση URL μέσω μίας μόνο συνάρτησης, είναι πιο αποτελεσματικό να γράφεται μια ξεχωριστή λειτουργία προβολής, για να υπάρχει καλύτερη διαχείριση όλων των πόρων. Ένας URL mapper χρησιμοποιείται για να ανακατευθύνει τα αιτήματα HTTP στην κατάλληλη προβολή, με βάση τη διεύθυνση URL του αιτήματος. Ο URL mapper μπορεί επίσης να ταιριάζει συγκεκριμένα μοτίβα των συμβολοσειρών ή των ψηφίων που εμφανίζονται σε μια διεύθυνση URL και να τα μεταβιβάσει σε μια λειτουργία προβολής ως δεδομένα.
- **Views:** Μια προβολή είναι μια λειτουργία χειρισμού αιτήματος, η οποία λαμβάνει αιτήματα HTTP και επιστρέφει απαντήσεις HTTP. Τα views έχουν πρόσβαση στα δεδομένα που απαιτούνται για την ικανοποίηση αιτημάτων μέσω μοντέλων και μεταβιβάζουν τη μορφοποίηση της απάντησης σε πρότυπα.
- **Models:** Τα μοντέλα είναι Python objects που ορίζουν τη δομή των δεδομένων μιας εφαρμογής και παρέχουν μηχανισμούς διαχείρισης (προσθήκης, τροποποίησης, διαγραφής) εγγραφών και ερωτήσεων στη βάση δεδομένων.
- **Templates:** Ένα πρότυπο ορίζει τη δομή ή τη διάταξη ενός αρχείου (όπως μια σελίδα HTML), με τα σύμβολα κράτησης θέσης (tags) να χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύουν το πραγματικό περιεχόμενο. Ένα view μπορεί να δημιουργήσει δυναμικά μια σελίδα HTML, χρησιμοποιώντας ένα πρότυπο HTML και γεμίζοντας το με δεδομένα από ένα μοντέλο. Ένα template μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον ορισμό της δομής οποιουδήποτε τύπου αρχείου. Δεν χρειάζεται να είναι HTML.

Στην αρχιτεκτονική του συστήματος, όπως φαίνεται στην εικόνα (7), ο χρήστης κάνει αιτήματα, είτε για να στείλει δεδομένα μέσα από κάποια φόρμα ή να πάρει κάποιο έγγραφο HTML. Στο σχήμα είναι τα post και get αντίστοιχα. Από το server, τα αιτήματα πηγαίνουν στο URLs υποσύστημα όπου, ανάλογα το αίτημα, το Django κατευθύνει στο Views ή στο APIView.

Έστω ότι ο χρήστης ζητάει επεξεργασία δεδομένων, τότε το Views συλλέγει και στέλνει τα δεδομένα για επεξεργασία στο Solvers (utalib.py) και τα αποτελέσματα που παίρνει πίσω, τα στέλνει στο Models και αυτό, με τη βοήθεια της Mysql, τα αποθηκεύει στη βάση δεδομένων. Στη συνέχεια το APIView τα ζητάει από τη βάση και τα στέλνει στο χρήστη να τα δει σε μορφή JSON.

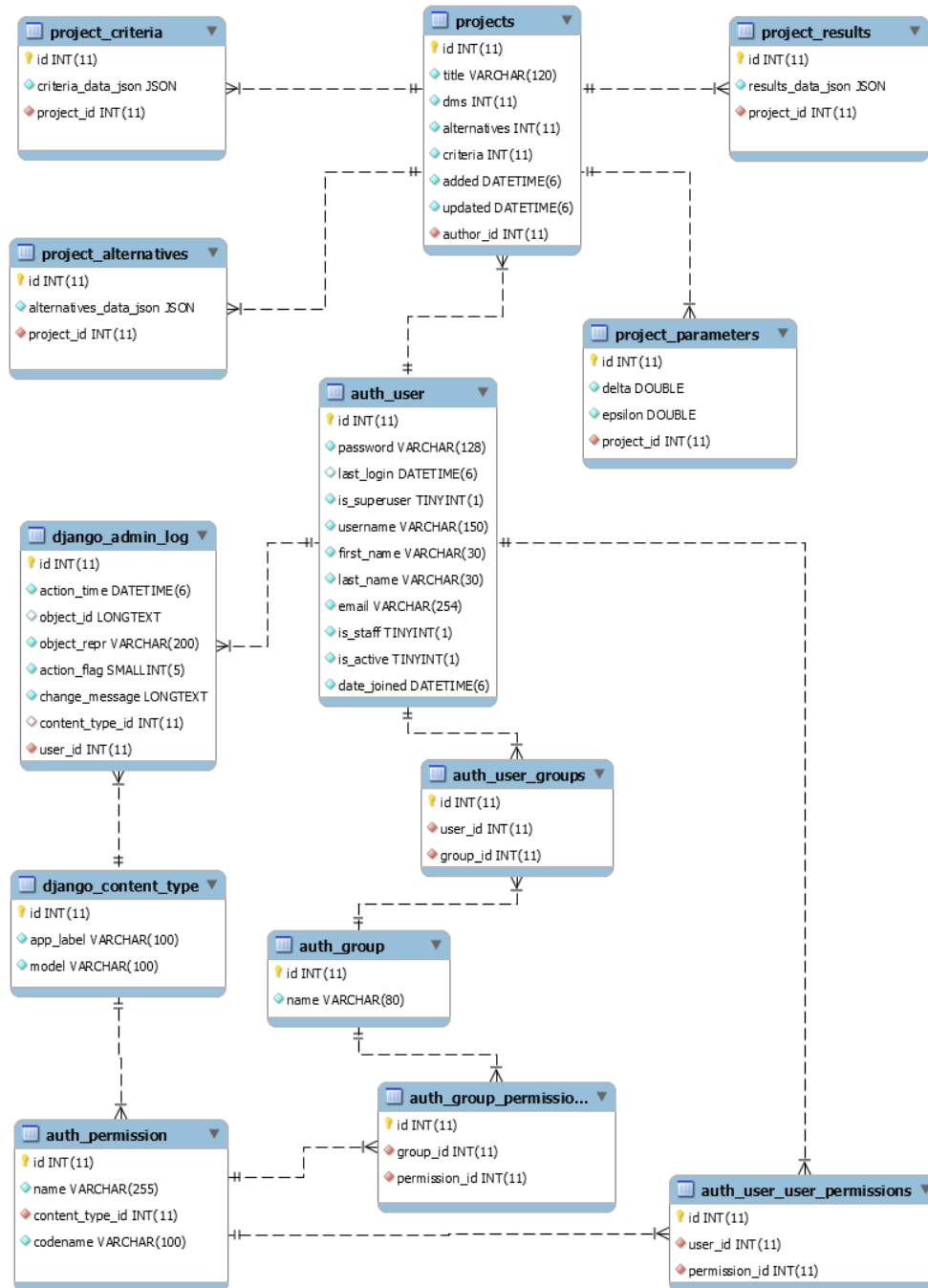
Με αυτό τον τρόπο, δηλαδή διαχωρίζοντας το χειρισμό των δεδομένων από την εμφάνιση της ιστοσελίδας, δίνεται στο σύστημα η δυνατότητα να λαμβάνει τις αποφάσεις του κάθε αποφασίζοντα ασύγχρονα. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης 1 και 2

αλλάζουν τις αποφάσεις τους, ο χρήστης 3 δεν χρειάζεται να ξαναστείλει αίτημα για επεξεργασία, απλώς κάνει ανανέωση στη ιστοσελίδα των αποτελεσμάτων και παίρνει τα νέα συλλογικά μοντέλα.



Εικόνα 7 - Αρχιτεκτονική του συστήματος

Για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η MySQL 5.7. Στο σχήμα της βάσης, όπως απεικονίζεται στην εικόνα (8), υπάρχει το βασικό table «projects», που αποθηκεύονται τα projects. Τα tables «project_criteria», «project_alternatives» και «project_parameters» αποθηκεύουν τις εισόδους του χρήστη. Στο table «project_results» αποθηκεύονται τα αποτελέσματα. Τα υπόλοιπα tables είναι του Django και χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των χρηστών και την ασφάλεια του συστήματος.



Εικόνα 8 - Σχήμα βάσης δεδομένων της εφαρμογής

Κεφάλαιο 5

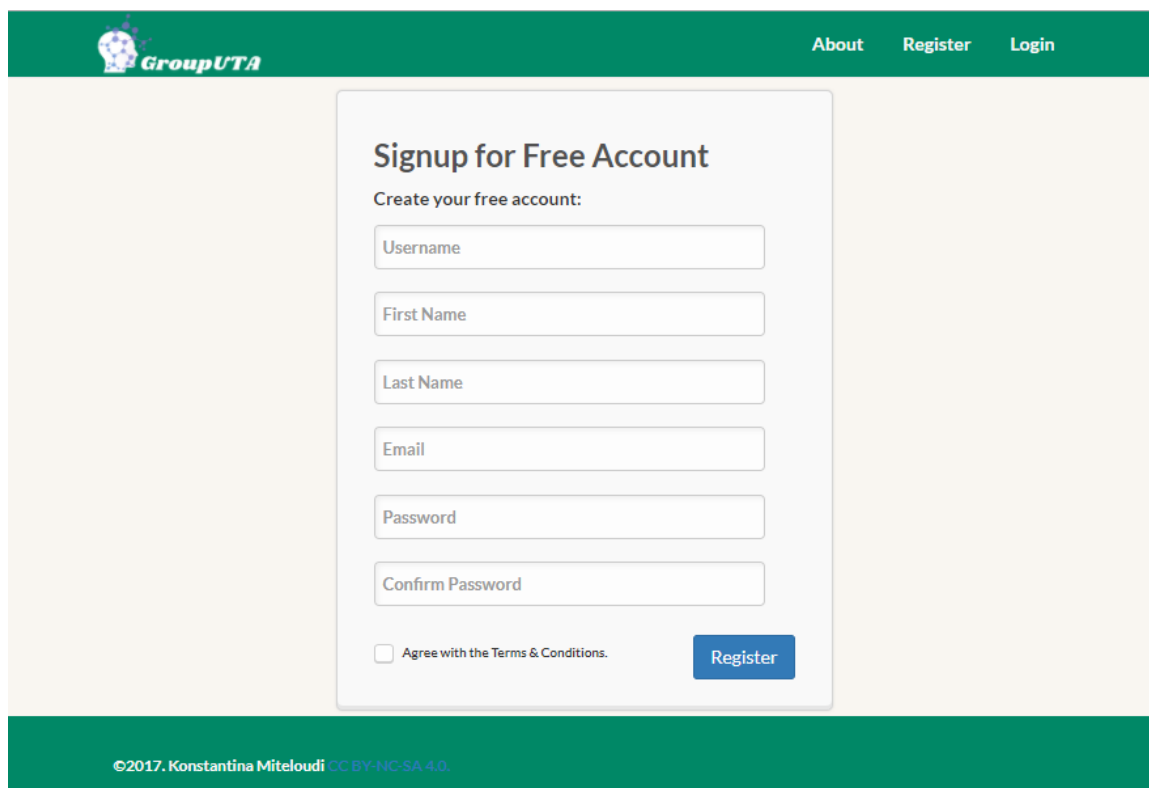
Παρουσίαση της λειτουργίας του συστήματος

Η πρόσβαση στο σύστημα γίνεται μέσω ενός web browser (για παράδειγμα Chrome ή Mozilla).



Εικόνα 9 - Αρχική Σελίδα

Ο χρήστης που το χρησιμοποιήσει για πρώτη φορά πρέπει πρώτα να δημιουργήσει καινούριο λογαριασμό, επιλέγοντας «Register».



The screenshot displays the 'Signup for Free Account' page of the GroupUTA website. The page has a green header with the GroupUTA logo and navigation links for 'About', 'Register', and 'Login'. The main content area is a light beige color. A white box in the center contains the title 'Signup for Free Account' and the instruction 'Create your free account:'. Below this are six input fields: 'Username', 'First Name', 'Last Name', 'Email', 'Password', and 'Confirm Password'. At the bottom of the form, there is a checkbox labeled 'Agree with the Terms & Conditions.' and a blue 'Register' button. The footer is green and contains the copyright notice '©2017. Konstantina Miteloudi CC BY-NC-SA 4.0.'.

GroupUTA

About Register Login

Signup for Free Account

Create your free account:

Username

First Name

Last Name

Email

Password

Confirm Password

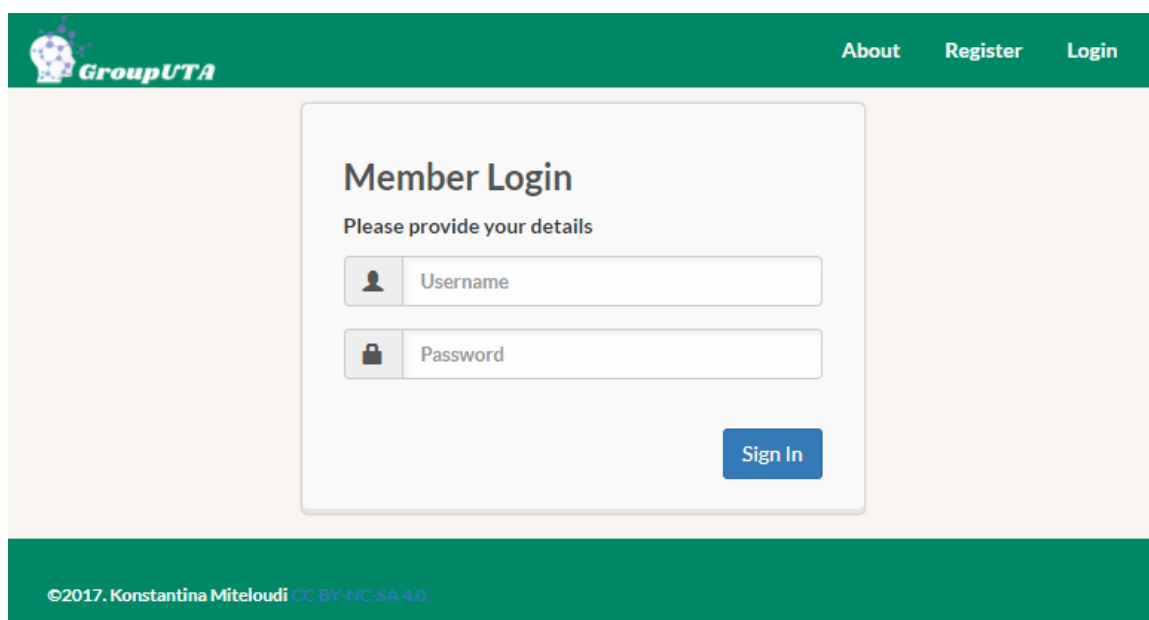
☐ Agree with the Terms & Conditions.

Register

©2017. Konstantina Miteloudi CC BY-NC-SA 4.0.

Εικόνα 10 - Εγγραφή χρήστη

Εάν έχει ήδη λογαριασμό, πρέπει να κάνει απλά «Login» για να εισέλθει.



The screenshot displays the 'Member Login' page of the GroupUTA website. The page has a green header with the GroupUTA logo and navigation links for 'About', 'Register', and 'Login'. The main content area is a light beige color. A white box in the center contains the title 'Member Login' and the instruction 'Please provide your details'. Below this are two input fields: 'Username' (with a person icon) and 'Password' (with a lock icon). A blue 'Sign In' button is located at the bottom right of the form. The footer is green and contains the copyright notice '©2017. Konstantina Miteloudi CC BY-NC-SA 4.0.'.

GroupUTA

About Register Login

Member Login

Please provide your details

Username

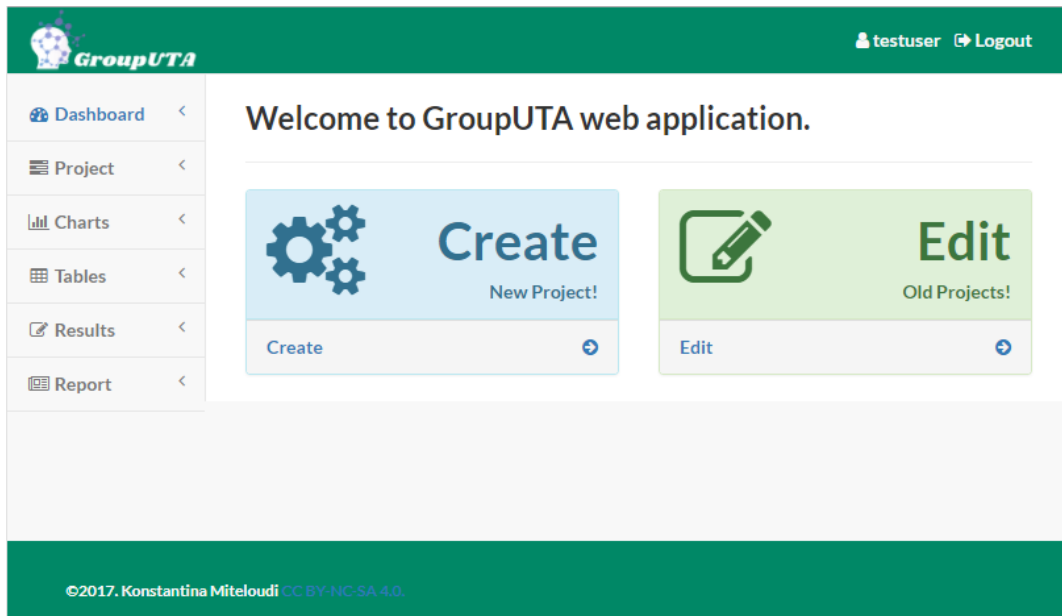
Password

Sign In

©2017. Konstantina Miteloudi CC BY-NC-SA 4.0.

Εικόνα 11 - Είσοδος χρήστη

Η πρώτη σελίδα που θα δει ο χρήστης αφού μπει στο λογαριασμό του είναι αυτή του «Dashboard» όπου μπορεί να δημιουργήσει καινούριο project ή να δει υπάρχοντα projects.



Εικόνα 12 - Dashboard

Για τη δημιουργία του project, ο χρήστης πρέπει να δώσει υποχρεωτικά τις αρχικές πληροφορίες του, δηλαδή τον τίτλο του project, τον αριθμό των αποφασιζόντων, τον αριθμό των εναλλακτικών καθώς και τον αριθμό των κριτήριων και να επιλέξει «Submit».

Πλέον το project έχει δημιουργηθεί στη βάση δεδομένων. Το όνομα του project δεν μπορεί να αλλάξει, ενώ τα υπόλοιπα δεδομένα μπορούν να τροποποιηθούν όσες φορές θέλει ο χρήστης.

GroupUTA

testuser Logout

Dashboard <

Create Project

Edit Projects

Project <

Charts <

Tables <

Results <

Report <

Project | Create

Create new project

Title

Enter title of project

Decision Makers

Enter number of Decision Makers

Alternatives

Enter number of Alternatives

Criteria

Enter number of Criteria

Cancel Submit

©2017. Konstantina Miteloudi CC BY-NC-SA 4.0.

Εικόνα 13 - Δημιουργία νέου project

Μετά τη δημιουργία του project, ο χρήστης μεταβαίνει στη σελίδα διαχείρισης. Εκεί, μπορεί να επεξεργαστεί τις παραμέτρους κάποιου υπάρχοντος project, να το διαγράψει ολοκληρωτικά, ή να το επιλέξει και να πάει στο επόμενο βήμα.

GroupUTA

testuser Logout

Dashboard <

Create Project

Edit Projects

Project <

Charts <

Tables <

Results <

Report <

Projects

List of projects

#	Title	DMs	Alt	Cri	Last edited	Actions
1	Car selection group	3	7	6	30/07/2017	Edit Delete Select

Create new

Info

Hit the edit button to change initial parameters. This values are being updated automatically.

Info

Select a project from the list to continue.

Warning

If a project is deleted, then it doesn't have a record in the Project table any more and all data are lost!

©2017. Konstantina Miteloudi CC BY-NC-SA 4.0.

Εικόνα 54 - Λίστα με υπάρχοντα projects

Για την παρουσίαση της λειτουργίας του συστήματος χρησιμοποιείται το πρόβλημα της επιλογής αυτοκινήτου με τρεις αποφασίζοντες, όπως παρουσιάστηκε και στο [1].

Το σύστημα δέχεται ως εισόδους τον πολυκριτήριο πίνακα καθώς και τον πίνακα ιδιοτήτων των κριτηρίων. Στον πολυκριτήριο πίνακα κάθε γραμμή είναι μια εναλλακτική που αντιστοιχεί σε κάθε αποφασίζοντα. Κάθε στήλη είναι η τιμή που παίρνει ένα κριτήριο για συγκεκριμένη εναλλακτική και αποφασίζοντα. Στην τελευταία στήλη του πολυκριτηρίου βρίσκεται το ranking.

Users	Alt/crit	Horse power (CV)	Max Speed (km/h)	Acceleration (0-100km/h)	Consumption (lt/100km)	Design	Price	Ranking
user1	Daewoo Matiz	75	152	16	7	4	9000	6
user1	Opel Agila	80	155	13	7	4	10500	1
user1	Hyundai Atos	55	142	15	6,5	2	8400	3
user1	Daihatsu Cuore	60	140	13	5	1	7500	4
user1	Ford CA	70	155	15	6	5	8600	5
user1	Suzuki Wagon	50	145	19	6	1	9000	2
user1	Fiat Seicento	55	150	14	6,5	3	8300	6
user2	Daewoo Matiz	75	152	16	7	1	9000	4
user2	Opel Agila	80	155	13	7	4	10500	5
user2	Hyundai Atos	55	142	15	6,5	5	8400	2
user2	Daihatsu Cuore	60	140	13	5	2	7500	1
user2	Ford CA	70	155	15	6	3	8600	2
user2	Suzuki Wagon	50	145	19	6	4	9000	4
user2	Fiat Seicento	55	150	14	6,5	3	8300	3
user3	Daewoo Matiz	75	152	16	7	2	9000	6
user3	Opel Agila	80	155	13	7	4	10500	3
user3	Hyundai Atos	55	142	15	6,5	5	8400	1
user3	Daihatsu Cuore	60	140	13	5	1	7500	2
user3	Ford CA	70	155	15	6	4	8600	4
user3	Suzuki Wagon	50	145	19	6	2	9000	3
user3	Fiat Seicento	55	150	14	6,5	3	8300	5

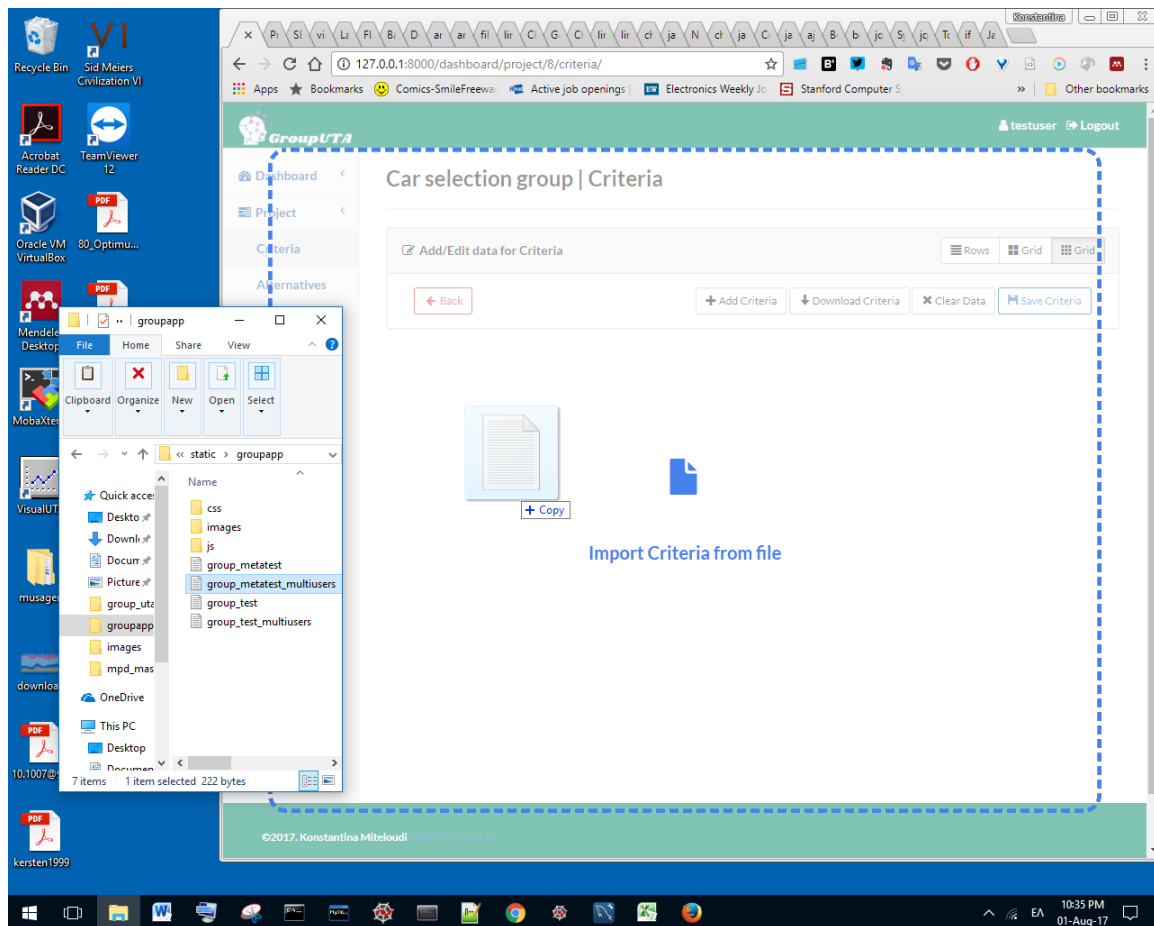
Εικόνα 15 - Πολυκριτήριος πίνακας παραδείγματος

Στον πίνακα ιδιοτήτων των κριτηρίων κάθε γραμμή είναι ένα κριτήριο και κάθε στήλη δίνει διαφορετική πληροφορία για το συγκεκριμένο κριτήριο. Η πρώτη στήλη χαρακτηρίζει την μονοτονία των κριτηρίων, δηλαδή για τιμές 0 το κριτήριο θεωρείται ότι έχει αύξουσα μονοτονία, ενώ για τιμές 1 η μονοτονία είναι φθίνουσα. Η δεύτερη στήλη περιγράφει το είδος του κριτηρίου δηλαδή εάν είναι ποιοτικό (τιμή 1) ή ποσοτικό (τιμή 0). Η τρίτη και η τέταρτη στήλη είναι το διάστημα που κυμαίνεται το κριτήριο, δηλαδή $[g_*, g^*]$ αντίστοιχα. Η τελευταία στήλη ορίζει σε πόσα διαστήματα $(\alpha - 1)$ θα διακριτοποιηθεί το κάθε κριτήριο.

Cri_atributes	Monotonicity	Type	Worst	Best	a
Horse power (CV)	0	0	50	80	4
Max Speed (km/h)	0	0	140	155	4
Acceleration (0-100km/h)	1	0	19	13	3
Consumption (lt/100km)	1	0	7	5	3
Design	0	1	1	5	5
Price	1	0	10500	7500	4

Εικόνα 16 - Πίνακας ιδιοτήτων κριτηρίων παραδείγματος

Η εισαγωγή των δεδομένων των δύο πινάκων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι χειροκίνητα, ένα-ένα, στις φόρμες του site. Ο δεύτερος είναι να «φορτώσει» ο χρήστης δύο αρχεία τύπου .txt, όπου οι στήλες είναι χωρισμένες μεταξύ τους με tab, το table (για τις εναλλακτικές) και το metatable (για τα κριτήρια), κάνοντας τα drag and drop από τον υπολογιστή του κατευθείαν στον browser.



Εικόνα 17 - Εισαγωγή στοιχείων από αρχείο

Η φόρμα με τα δεδομένα που εισήχθησαν φαίνεται στις εικόνες (18) και (19). Μπορούν να τροποποιηθούν, να διαγραφούν κάποια από αυτά ή και όλα και να εισαχθούν νέα. Επίσης, όπως φαίνεται και στην εικόνα ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κατεβάσει τα δεδομένα σε ένα αρχείο τύπου .csv. Για να περάσει στο επόμενο βήμα ο χρήστης πρέπει να επιλέξει «Save».

GroupUTA

testuser Logout

Dashboard

Project

Criteria

Alternatives

Run Analysis

Car selection group | Criteria

Add/Edit data for Criteria

RowsGridGrid

1. Horse power (CV)

DecreasingIncreasing

NominalContinuous

Worst50

Best80

Scale4

2. Max Speed (km/h)

DecreasingIncreasing

NominalContinuous

Worst140

Best155

Scale4

3. Acceleration (0-100km/h)

DecreasingIncreasing

NominalContinuous

Worst19

Best13

Scale3

4. Consumption (lt/100km)

DecreasingIncreasing

NominalContinuous

Worst7

Best5

Scale3

5. Design

DecreasingIncreasing

NominalContinuous

Worst1

Best5

Scale5

6. Price

DecreasingIncreasing

NominalContinuous

Worst10500

Best7500

Scale4

Back

Add Criteria

Download Criteria

Clear Data

Save Criteria

©2017. Konstantina Miteloudi CC BY-NC-SA 4.0.

Εικόνα 18 - Εισαγωγή κριτηρίων

Group/TA

testuser Logout

Dashboard

Project

Criteria

Alternatives

Run Analysis

Car selection group | Alternatives

DMs

Alternatives

Horse power (CV)

Max Speed (km/h)

Acceleration (0-100km/h)

Consumption (lt/100km)

Design

Price

Ranking

1. user1

Daciao Matiz

75

152

16

7

4

9000

6

2. user1

Opel Agila

80

155

13

7

4

10500

1

3. user1

Hyundai Atos

55

142

15

6.5

2

8400

3

4. user1

Daihatsu Cuore

60

140

13

5

1

7500

4

5. user1

Ford CA

70

155

15

6

5

8400

5

6. user1

Suzuki Wagon

50

145

19

6

1

9000

2

7. user1

Fiat Seicento

55

150

14

6.5

3

8300

6

8. user2

Daciao Matiz

75

152

16

7

1

9000

4

9. user2

Opel Agila

80

155

13

7

4

10500

5

10. user2

Hyundai Atos

55

142

15

6.5

5

8400

2

11. user2

Daihatsu Cuore

60

140

13

5

2

7500

1

12. user2

Ford CA

70

155

15

6

3

8400

2

13. user2

Suzuki Wagon

50

145

19

6

4

9000

4

14. user2

Fiat Seicento

55

150

14

6.5

3

8300

3

15. user3

Daciao Matiz

75

152

16

7

2

9000

6

16. user3

Opel Agila

80

155

13

7

4

10500

3

17. user3

Hyundai Atos

55

142

15

6.5

5

8400

1

18. user3

Daihatsu Cuore

60

140

13

5

1

7500

2

19. user3

Ford CA

70

155

15

6

4

8400

4

20. user2

Suzuki Wagon

50

145

19

6

2

9000

3

21. user2

Fiat Seicento

55

150

14

6.5

3

8300

5

Back

Add DM

Add Alternative


Download Data

Clear Data

Save Data

Εικόνα 19 - Εισαγωγή εναλλακτικών

Αφού ολοκληρωθεί η εισαγωγή όλων των εισόδων που απαιτούνται, ο χρήστης μεταβαίνει σε μια σελίδα όπου βλέπει εποπτικά τα δεδομένα. Επίσης, σε αυτό το σημείο μπορεί να δει και να τροποποιήσει, εάν θέλει, τις παραμέτρους delta (δ) και epsilon (ε) που χρειάζονται για την επίλυση των γραμμικών προβλημάτων του κεφαλαίου 3. Συγκεκριμένα, οι τιμές των παραμέτρων είναι $\delta = 0,05$ και $\varepsilon = 0,01$. Η τιμή της παραμέτρου M για τα γ.π. των ενοτήτων (3.4) και (3.5) είναι $M = 1000$. Η επιλογή των τιμών βασίστηκε στη βιβλιογραφία [1]. Εάν έχει ολοκληρωθεί η εισαγωγή δεδομένων, το σύστημα είναι έτοιμο προς επίλυση και ο χρήστης επιλέγει «Run Analysis».

GroupUTA

testuser Logout

Dashboard <

Project <

Charts <

Tables <

Results <

Report <

Project | Car selection group

Criteria number = 6

- Acceleration (0-100km/h)
- Consumption (lt/100km)
- Design
- Horse power (CV)
- Max Speed (km/h)
- Price

Edit Criteria

Alternatives number = 7

- Daewoo Matiz
- Daihatsu Cuore
- Fiat Seicento
- Ford CA
- Hyundai Atos
- Opel Agila
- Suzuki Wagon

Edit Alternatives

Decision Makers number = 3

- user1
- user2
- user3

Edit Data

Algorithms parameters

Delta

0.05

Epsilon

0.01

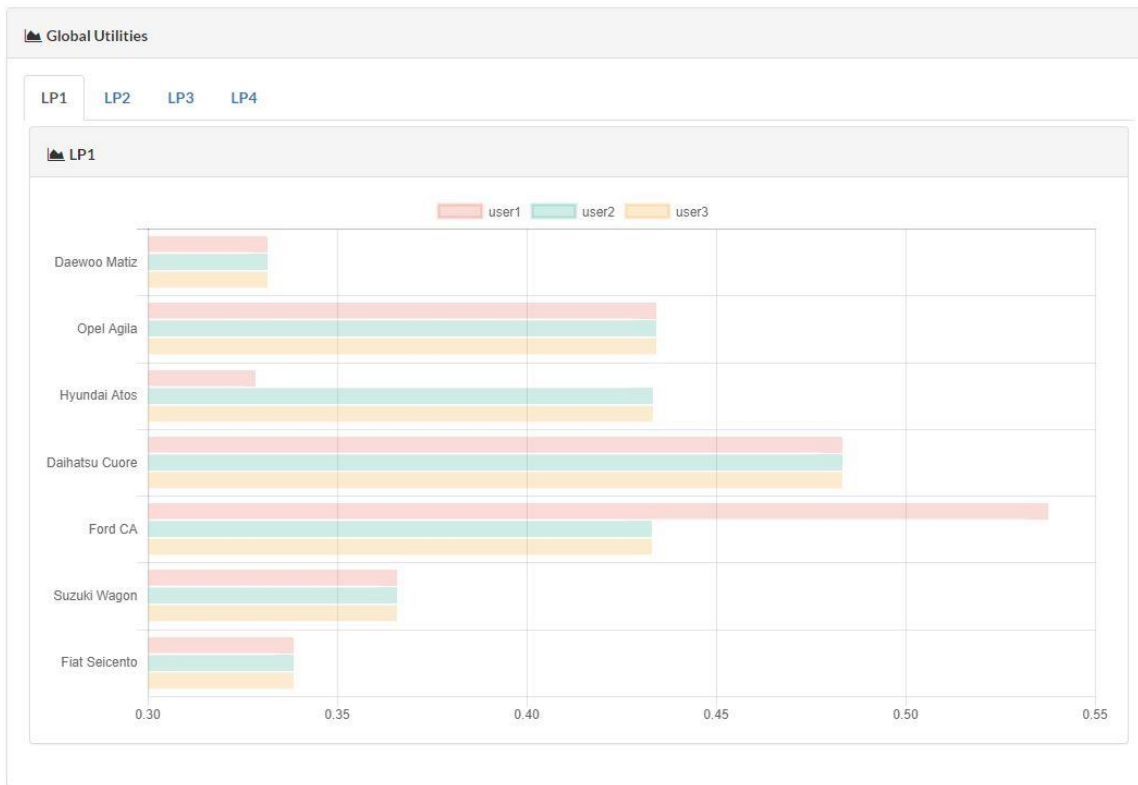
Submit

Run Analysis

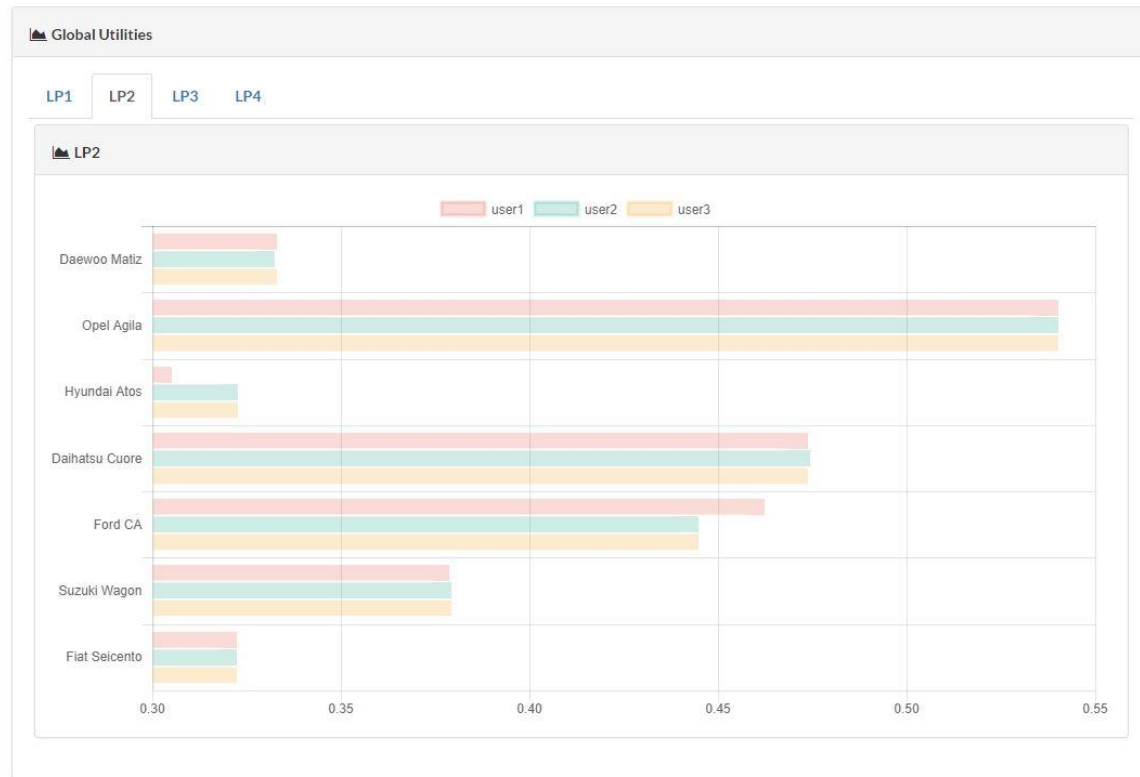
Εικόνα 20 - Σύνοψη των εισόδων

Το σύστημα επιλύει και τις τέσσερις μεθόδους και παρουσιάζει τα αποτελέσματα σε γραφήματα.

Τα παρακάτω γραφήματα απεικονίζουν τις ολικές χρησιμότητες των εναλλακτικών ανά αποφασίζοντα. Πρόκειται για τα αποτελέσματα των μοντέλων που παρουσιάστηκαν στις ενότητες (3.2) - LP1 και (3.3) - LP2.



Εικόνα 21 - Ολικές χρησιμότητες εναλλακτικών για το LP1



Εικόνα 22 - Ολικές χρησιμότητες εναλλακτικών για το LP2

Παρατηρείται ότι για τα LP1 και LP2, οι ολικές χρησιμότητες των εναλλακτικών διαφέρουν ελάχιστα ανάμεσα στους αποφασίζοντες. Αυτό είναι συνεπές με το στόχο που θέτουν τα δύο μοντέλα, δηλαδή να ελαχιστοποιήσουν τα συνολικά σφάλματα κι επομένως τις αποκλείσεις που υπάρχουν στις αρχικές προδιατάξεις των αποφασιζόντων.

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των μοντέλων που παρουσιάστηκαν στις ενότητες (3.4) - LP3 και (3.5) - LP4.



Εικόνα 23 - Ολικές χρησιμότητες εναλλακτικών για το LP3

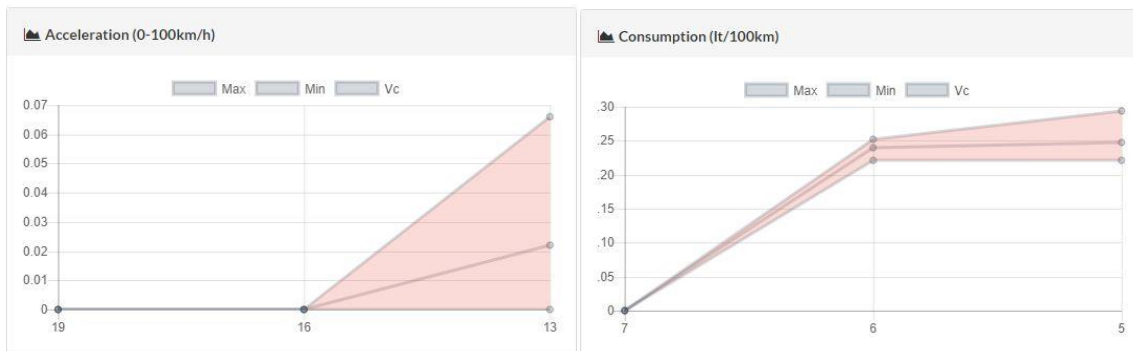


Εικόνα 24 - Ολικές χρησιμότητες εναλλακτικών για το LP4

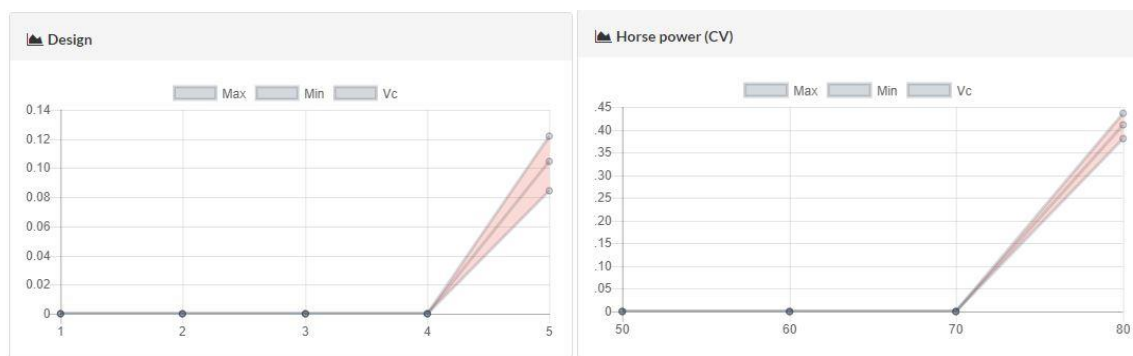
Παρατηρείται ότι υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές των χρησιμοτήτων των εναλλακτικών ανάμεσα στους αποφασίζοντες, γεγονός που είναι λογικό, αφού και τα δύο μοντέλα δεν ασχολούνται με τις ολικές χρησιμότητες. Στόχος των μοντέλων αυτών είναι να ελαχιστοποιήσουν τον αριθμό των ανακατατάξεων (LP3) και το μέγιστο αριθμό ανακατατάξεων ανά αποφασίζοντα (LP4).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μερικές συναρτήσεις αξιών (marginal utilities) των κριτηρίων ανά μοντέλο. Οι συναρτήσεις αυτές είναι κατασκευασμένες από τη φάση μεταβελτιστοποίησης των μεθόδων, όπου γίνεται μεγιστοποίηση και ελαχιστοποίηση της χρησιμότητας ανά κριτήριο. Έτσι, οι τρεις γραμμές που φαίνονται στα παρακάτω σχήματα είναι η ελάχιστη τιμή, η μέγιστη τιμή και η μέση τιμή (βαρύκεντρο) της χρησιμότητας. Αυτή η απεικόνιση δίνει την δυνατότητα στον αποφασίζοντα να εξετάσει την ευστάθεια της λύσης του συλλογικού μοντέλου και να επιλέξει μια διαφορετική προσέγγιση. Μεγάλο άνοιγμα της «βεντάλιας» σημαίνει ότι υπάρχουν πολλές διαφορετικές λύσεις του γραμμικού προβλήματος που μπορούν να οδηγήσουν σε ικανοποιητική συναινετική λύση για τον αποφασίζοντα.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου LP1.



Εικόνα 25 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Acceleration και Consumption.

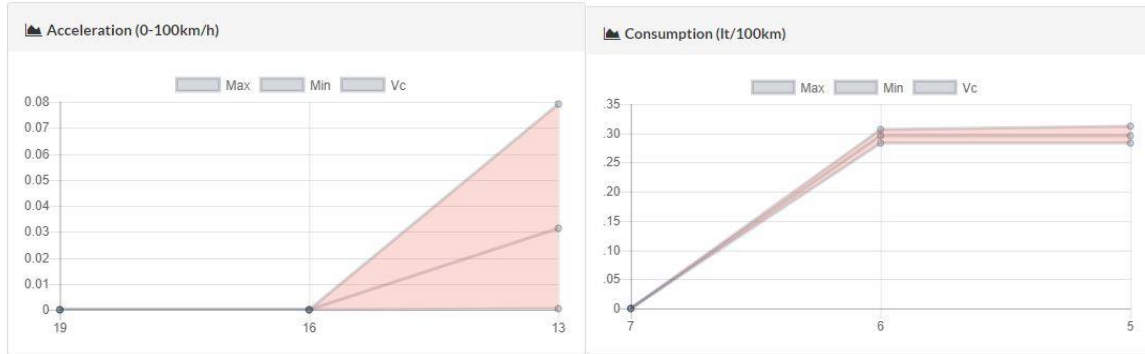


Εικόνα 26 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Design και Horse Power.

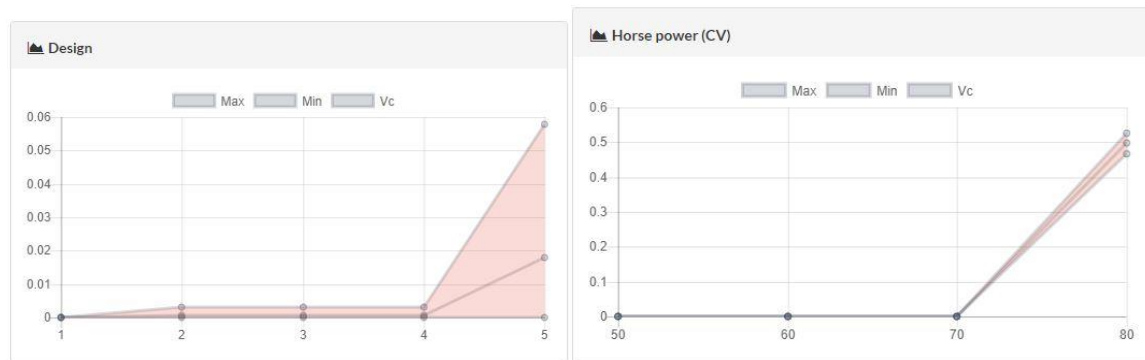


Εικόνα 27 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Max Speed και Price.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου LP2.



Εικόνα 28 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Acceleration και Consumption.

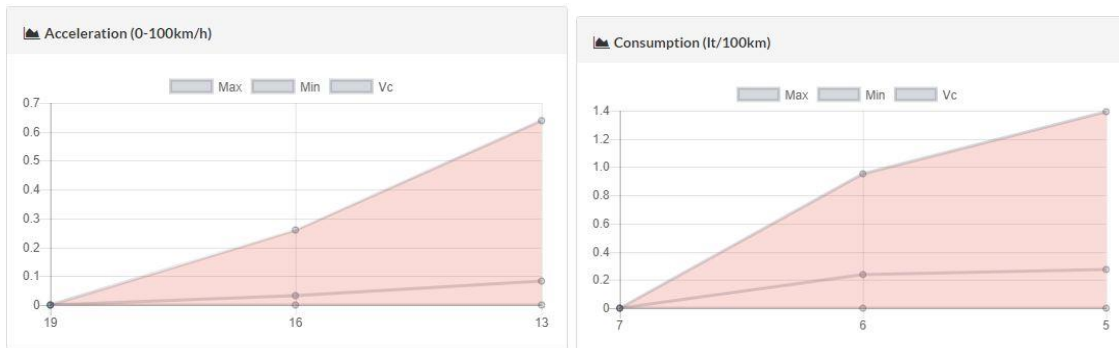


Εικόνα 29 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Design και Horse Power.



Εικόνα 30 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Max Speed και Price.

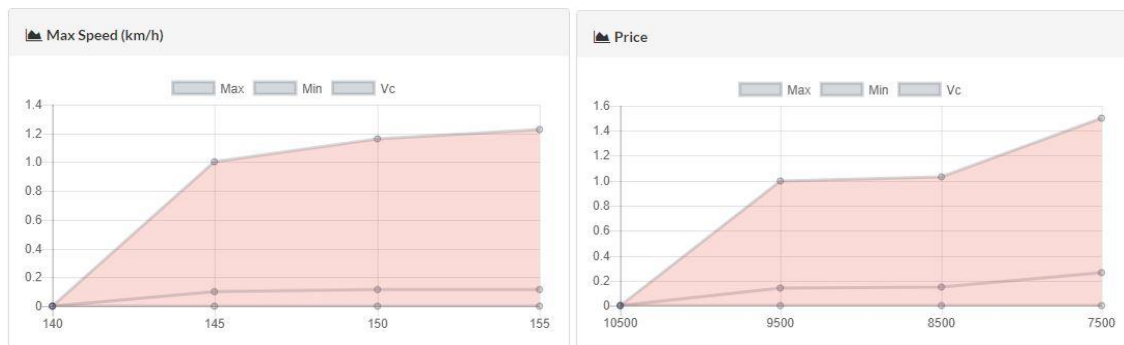
Τα αποτελέσματα του μοντέλου **LP3**.



Εικόνα 31 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Acceleration και Consumption.

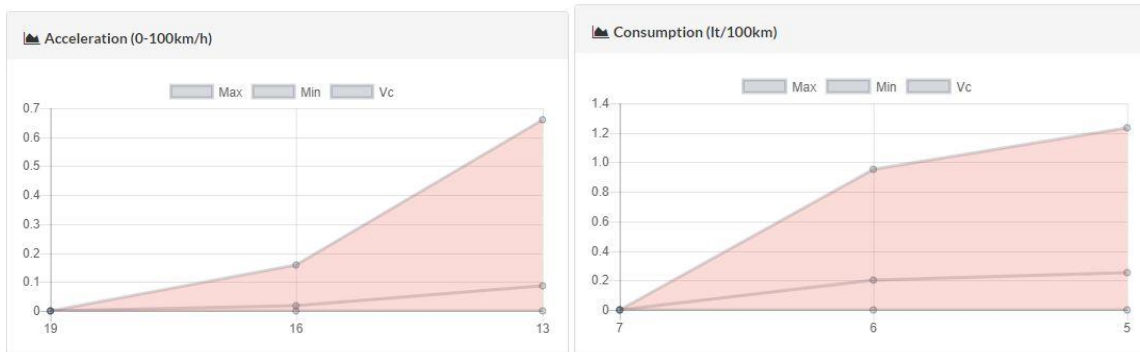


Εικόνα 32 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Design και Horse Power.

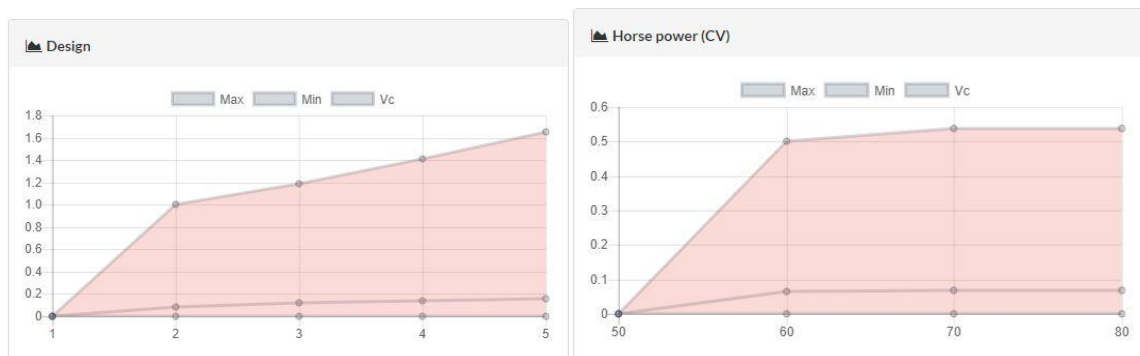


Εικόνα 33 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Max Speed και Price.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου **LP3**.



Εικόνα 34 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Acceleration και Consumption.



Εικόνα 35 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Design και Horse Power.

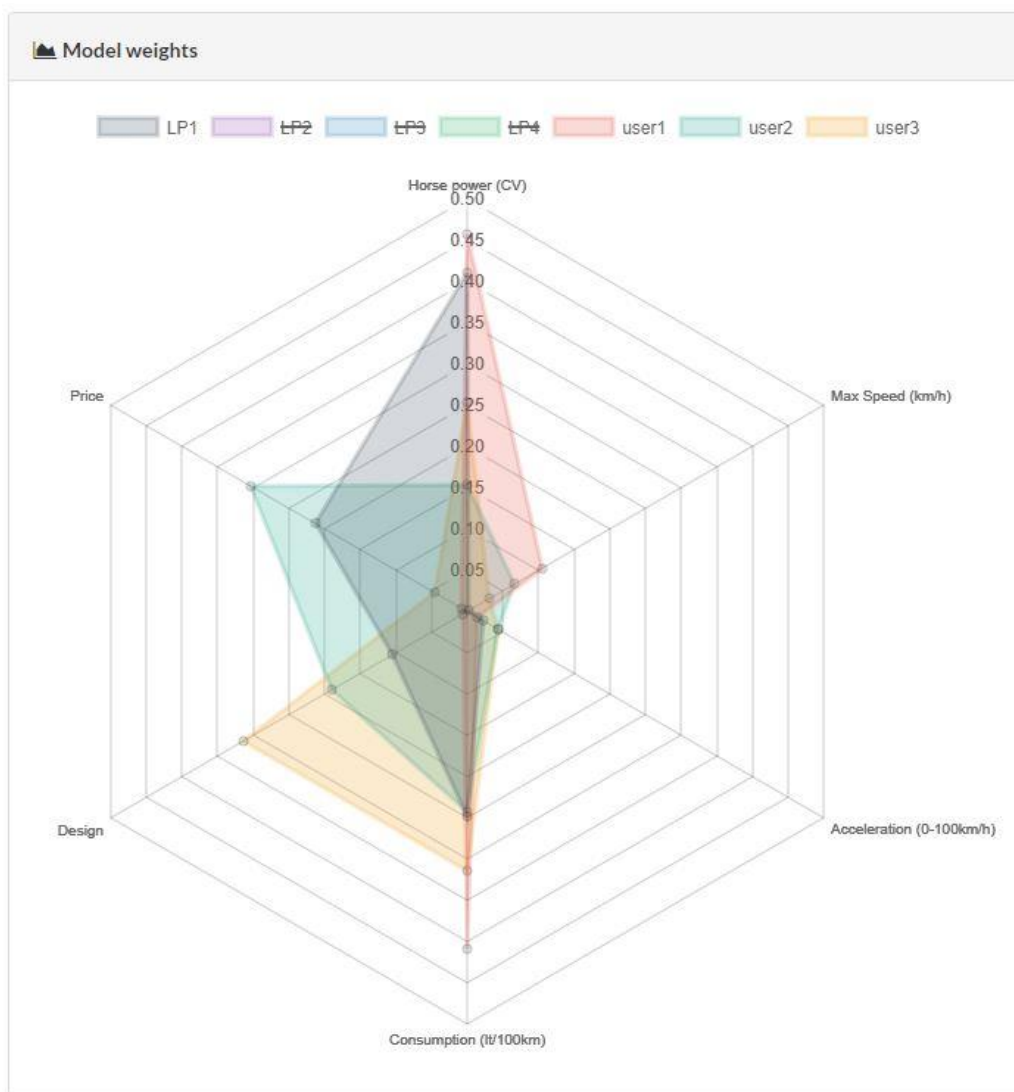


Εικόνα 36 - Μερικές χρησιμότητες των κριτηρίων Max Speed και Price.

Τέλος , στο σύστημα υπάρχουν τα ίδια γραφήματα και με τις συναρτήσεις μερικών χρησιμοτήτων κανονικοποιημένες.

Η επόμενη απεικόνιση των αποτελεσμάτων, είναι ένα γράφημα τύπου ραντάρ, που δίνει στο χρήστη/αναλυτή/αποφασίζοντα την δυνατότητα να δει όλα τα συλλογικά μοντέλα στις κύριες διαστάσεις του προβλήματος, δηλαδή τα βάρη των κριτηρίων. Εδώ να σημειωθεί, ότι έχουν εξαχθεί και τα ατομικά μοντέλα των αποφασιζόντων με τη μέθοδο της UTASTAR. Επομένως, υπάρχει η δυνατότητα, μέσα από αυτό το γράφημα, να κατανοήσει ο χρήστης και οπτικά την απόσταση του ατομικού του μοντέλου σε σχέση με τα συλλογικά LP1, LP2, LP3, LP4.

Ενδεικτικά, παρουσιάζεται το συλλογικό μοντέλο LP1 με τα ατομικά μοντέλα όλων των αποφασιζόντων. Αντίστοιχα, ο χρήστης μπορεί να διαλέξει όποιους συνδυασμούς επιθυμεί, πατώντας τις ετικέτες με τα χρώματα.



Παρατηρείται ότι το LP1 καλύπτει των αποφασίζοντα 1 σε ικανοποιητικό βαθμό στα κριτήρια Horse power και Consumption που έχουν και τα μεγαλύτερα βάρη. Επίσης, φαίνεται πως το LP1 προσπαθεί να προσεγγίσει τα βάρη των κριτηρίων Price και Design που είναι η σημαντικότερες διαστάσεις για τον αποφασίζοντα 2 και 3 αντίστοιχα.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα και μελλοντικές προεκτάσεις

Ο σκοπός της εργασίας, που ήταν να δημιουργηθεί ένα σύστημα για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων, αποδοτικό, γρήγορο, εύκολο στη χρήση και άμεσα προσβάσιμο στο διαδίκτυο, επετεύχθη. Το σύστημα θα φιλοξενείται στο server του εργαστηρίου ΕΡΓΑΣΥΑ και θα είναι ανοιχτό για όλους.

Οι προεκτάσεις που θα γίνουν στο σύστημα κινούνται σε δύο κατευθύνσεις, στην υποστήριξη νέων μεθοδολογιών και στην βελτίωση του συστήματος ώστε να προσφέρει περισσότερες δυνατότητες στο χρήστη.

Από τη μία μεριά θα γίνει υλοποίηση και άλλων τεχνικών της ΑΣΠ για έναν ή μια ομάδα αποφασιζόντων, όπως, για παράδειγμα, είναι η παραλλαγή της UTASTAR που έχει να κάνει με την ένταση των προτιμήσεων [20] ή η fuzzy UTASTAR.

Από την άλλη μεριά θα γίνει προσθήκη νέων χαρακτηριστικών στο σύστημα που να διευκολύνουν τον αναλυτή, όπως, για παράδειγμα ο υπολογισμός του ASI και η ανάλυση ευρωστίας ή η χρήση διαδραστικών γραφημάτων που θα μπορεί να πειράξει ο χρήστης και να δει νέα αποτελέσματα.

Επίσης, στην κατεύθυνση της βελτίωσης του συστήματος, είναι η δυνατότητα συμμετοχής αποφασιζόντων σε όλη τη διαδικασία της λήψης απόφασης της ομάδας. Στο σύστημα θα υπάρξουν διακριτοί ρόλοι, αυτός του αναλυτή –που υπάρχει και τώρα– και αυτός του αποφασίζοντα, που θα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ο αποφασίζων θα συμμετέχει ενεργά σε όλη τη διάρκεια της εξαγωγής συναινετικής απόφασης. Θα δίνει της εισόδους του στο σύστημα, θα βλέπει τα αποτελέσματα, θα αλληλεπιδρά με τον αναλυτή ή τους άλλους αποφασίζοντες για πιθανές τροποποιήσεις στις προτιμήσεις του, μέχρι όλη η ομάδα να πάρει μια ικανοποιητική απόφαση ή να συμφωνήσουν ότι διαφωνούν.

Βιβλιογραφία

- [1] Y. Siskos and E. Grigoroudis, "New Trends in Aggregation-Disaggregation Approaches," Springer, 2010, pp. 189–214.
- [2] Python Core Team, "Python: A dynamic, open source programming language." Python Software Foundation, 2015.
- [3] A. Holovaty and S. Willison, "Django." Django Software Foundation, 2003.
- [4] E. Jacquet-Lagrange and J. Siskos, "Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 10, no. 2, pp. 151–164, Jun. 1982.
- [5] Y. Siskos, E. Grigoroudis, and N. F. Matsatsinis, "UTA Methods," in *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, New York: Springer-Verlag, 2005, pp. 297–334.
- [6] R. L. Keeney, H. Raiffa, and D. W. Rajala, "Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs," *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, vol. 9, no. 7, pp. 403–403, 1979.
- [7] P. C. Fishburn, "A Note on Recent Developments in Additive Utility Theories for Multiple-Factor Situations," *Oper. Res.*, vol. 14, no. 6, pp. 1143–1148, Dec. 1966.
- [8] Y. Siskos and D. Yannacopoulos, "Utastar - an ordinal regression method for building additive value functions.," pp. 39–53, 1985.
- [9] D. Despotis, D. Yannacopoulos, and C. Zopounidis, "A review of the UTA multicriteria method and some improvements," *Found. Comput.*, 1990.
- [10] D. Despotis and D. Yannacopoulos, "Méthode d'estimation d'utilités additives concaves en programmation linéaire multiobjectifs," *RAIRO - Oper. Res. - Rech. Opérationnelle*, vol. 24, pp. 331–349, 1990.
- [11] G. E. Kersten and H. Lai, "Negotiation support and e-negotiation systems: An overview," *Gr. Decis. Negot.*, vol. 16, no. 6, pp. 553–586, 2007.
- [12] D. Górecka, E. Roszkowska, and T. Wachowicz, "The MARS Approach in the Verbal and Holistic Evaluation of the Negotiation Template," *Gr. Decis. Negot.*, vol. 25, no. 6, pp. 1097–1136, 2016.
- [13] G. Kersten, E. Roszkowska, and T. Wachowicz, "An Impact of Negotiation Profiles on the Accuracy of Negotiation Offer Scoring System Experimental Study," *Mult. Criteria Decis. Mak.*, vol. 11, pp. 77–103, 2016.
- [14] "Anaconda." <https://www.continuum.io/>.
- [15] "NumPy." <http://www.numpy.org/>.
- [16] "Pandas." <http://pandas.pydata.org/>.

- [17] “linprog.” <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/optimize.linprog-simplex.html>.
- [18] “lp_solve 5.5.2.0.” <http://web.mit.edu/lpsolve/doc/>.
- [19] “Chart.js.” <http://www.chartjs.org/>.
- [20] D. K. Despotis and C. Zopounidis, “Building Additive Utilities in the Presence of Non-Monotonic Preferences,” Springer, Boston, MA, 1995, pp. 101–114.