



ΘΑΛΗΣ - Πανεπιστήμιο Πειραιά

Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια

Δ13 – Ανάπτυξη πολυκριτήριου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων

Π13.1: Τεχνική έκθεση (μεθοδολογία ανάπτυξης πολυκριτήριου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων)

Π13.2: Λογισμικό (πολυκριτήριο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ



ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Στοιχεία παραδοτέου

Δράση: Δ13 – Ανάπτυξη πολυκριτήριου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων

Τίτλος παραδοτέου: Π13.1: Τεχνική έκθεση (μεθοδολογία ανάπτυξης πολυκριτήριου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων)
Π13.2: Λογισμικό (πολυκριτήριο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων)

Τύπος παραδοτέου: S – PU
SW – PU

Έκδοση: 02

Ημερομηνία: 7 Απριλίου 2015

Υπεύθυνος σύνταξης: Καθηγητής Ιωάννης Σίσκος

Ομάδας σύνταξης: Καθηγητής Διονύσης Γιαννακόπουλος
Καθηγητής Αθανάσιος Σπυριδάκος
Αναπληρωτής Καθηγητής Ευάγγελος Γρηγορούδης
Δρ. Νικόλαος Τσότσολας
Δρ. Ιωάννης Πολίτης
Νικόλαος Χριστοδουλάκης, MSc.
Prof. Christian Hurson
Γεωργία Μουριάδου, MSc.
Καθηγητής Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης
Καθηγητής Νικόλαος Ματσατσίνης
Αναπληρωτής Καθηγητής Μιχάλης Δούμπος
Επίκουρος Καθηγητής Παύλος Δελιάς
Professor Alexis Tsoukias
Δημήτριος Νίκλης, MSc

Περιεχόμενα

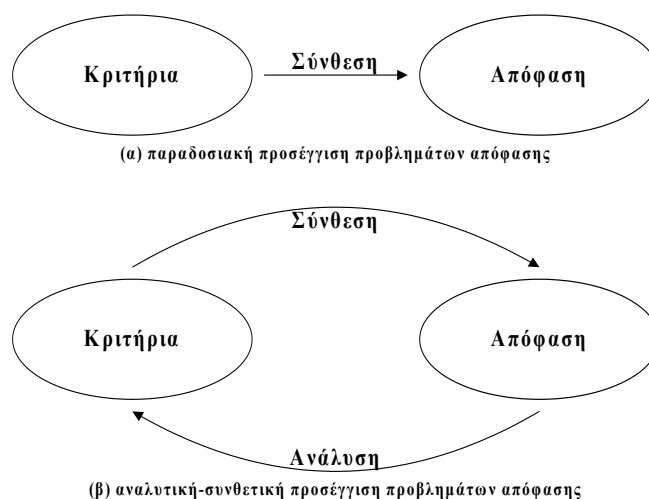
1. Προβλήματα απόφασης και μοντέλα προτίμησης	5
1.1 Αναλυτικά συνθετικά μοντέλα προτίμησης.....	5
1.2 Κριτήρια απόφασης υπό αβεβαιότητα.....	6
1.3 Δράσεις αναφοράς.....	7
2. Περιγραφή συστήματος Τάλως	9
2.1 Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων	9
2.2 Ανάλυση απαιτήσεων του ΣΥΑ.....	10
2.3 Σχεδίαση δομής του ΣΥΑ	11
2.4 Επικοινωνία με τρίτα συστήματα	12
2.5 Γλώσσα προγραμματισμού	12
2.6 Περιβάλλον διεπαφής.....	13
2.7 Ανάπτυξη του ΣΥΑ	14
3. Αρχική σελίδα και μενού επιλογών	15
3.1 Αρχική σελίδα.....	15
3.2 Menu επιλογών	15
3.2.1 <i>Menu File</i>	16
3.2.2 <i>Menu View</i>	16
3.2.3 <i>Menu Data</i>	17
3.2.4 <i>Menu Results</i>	17
3.2.5 <i>Menu Analysis</i>	19
3.2.6 <i>Menu Tools</i>	22
3.2.7 <i>Menu Window</i>	23
3.2.8 <i>Menu Help</i>	24
4. Κατανομές δράσεων πάνω στα κριτήρια.....	25
4.1 Διακριτά κριτήρια.....	25
4.1.1 <i>Discrete distribution</i>	25
4.1.2 <i>Binomial distribution</i>	26
4.1.3 <i>Beta-Binomial distribution</i>	27
4.1.4 <i>Gamma-Poisson distribution</i>	28

4.1.5	<i>Uniform distribution</i>	29
4.2	Συνεχή κριτήρια.....	30
4.2.1	<i>Discrete distribution</i>	30
4.2.2	<i>Normal distribution</i>	31
4.2.3	<i>Gamma distribution</i>	33
4.2.4	<i>Beta distribution</i>	34
4.2.5	<i>Uniform distribution</i>	35
4.2.6	<i>Triangular distribution</i>	36
4.2.7	<i>Error distribution</i>	37
5.	Άλλες λειτουργίες	39
5.1	Τύποι κριτηρίων	39
5.2	Μονοτονία κριτηρίου	39
5.3	Criterion function	39
5.4	Επιλογή καλύτερης τιμής ενός κριτηρίου	40
5.5	Action graph	41
6.	Πέντε βήματα δημιουργίας ενός προβλήματος	42
6.1	Προσθήκη κριτηρίου	42
6.2	Προσθήκη δράσης.....	43
6.3	Επιλογή αλγορίθμου	45
6.4	Κατάταξη δράσεων.....	46
6.5	Μοντέλο απόφασης	47
7.	Μια πιλοτική εφαρμογή του συστήματος	55
7.1	Παρουσίαση του προβλήματος	55
7.2	Εισαγωγή των δεδομένων.....	57
7.3	Προσθήκη κριτηρίων.....	59
7.4	Προσθήκη δράσεων	60
7.5	Επιλογή αλγορίθμου	61
7.6	Κατάταξη δράσεων.....	62
7.7	Επιλογή μοντέλου απόφασης	62
	Βιβλιογραφία	68

1. Προβλήματα απόφασης και μοντέλα προτίμησης

1.1 Αναλυτικά συνθετικά μοντέλα προτίμησης

Τα μοντέλα της πολυκριτήριας ανάλυσης, στη μεγαλύτερη πλειοψηφία τους, απεικονίζουν μια παραδοσιακή αντίληψη του ορθολογισμού που βασίζεται στις αρχές της γραμμικότητας και της αιτιότητας, δηλαδή στη λογική ότι η απόφαση καθορίζεται από τα κριτήρια (συνθετική προσέγγιση, *aggregation approach*). Η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση (αγγλ. *aggregation-disaggregation approach*), από τη δική της πλευρά, δέχεται ότι η απόφαση και τα κριτήρια επιδέχονται προοδευτική επεξεργασία αλληλοδομούμενα μέσα στο χρόνο όπως φαίνεται παρακάτω (Γρηγορούδης και Σίσκος, 2000).



Σχήμα 1.1: (α) Παραδοσιακή και (β) αναλυτική-συνθετική προσέγγιση προβλημάτων απόφασης (Σίσκος, 1981)

Η φιλοσοφία της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης στα πλαίσια της πολυκριτήριας ανάλυσης έγκειται στην εκτίμηση ενός μοντέλου προτίμησης, που προκύπτει ως συμπέρασμα από μία δοσμένη έκφραση συνολικής προτίμησης πάνω σε εναλλακτικές δραστηριότητες. Στόχος είναι η παροχή υποστήριξης σε δράσεις λήψης απόφασης μέσα από τη χρήση επιχειρησιακών μοντέλων στα πλαίσια της παραπάνω προβληματικής που θέσαμε. (Jacquet-Lagrèze and Siskos, 2001)

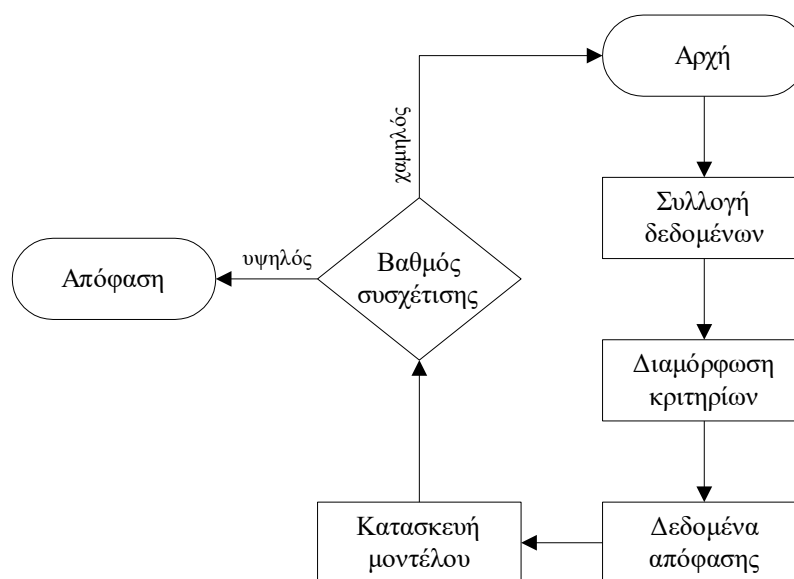
Στην παραδοσιακή μορφή της συνθετικής προσέγγισης που ακολουθείται στην πλειοψηφία των προβλημάτων πολυκριτήριας ανάλυσης, το μοντέλο σύνθεσης των επιμέρους κριτηρίων είναι *a priori* γνωστό, ενώ η συνολική προτίμηση είναι άγνωστη. Σύμφωνα με αυτή τη προσέγγιση ισχύει η αρχή της γραμμικότητας και της αιτιότητας, δηλαδή η λογική

ότι η απόφαση καθορίζεται από τα κριτήρια και τον τρόπο σύνθεσης αυτών. (Γρηγορούδης και Σίσκος, 2000)

Η αναλυτική-συνθετική ή απλά αναλυτική προσέγγιση (αγγλ. disaggregation approach) εστιάζεται στη συσχέτιση των πραγματικών δεδομένων απόφασης και του μοντέλου απόφασης, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή συμβατότητα μοντέλου-αποφασίζοντος. Ουσιαστικά, στις μεθόδους της συγκεκριμένης προσέγγισης, εκτιμώνται ή συμπεραίνονται οι παράμετροι εκείνες ενός μοντέλου απόφασης οι οποίες επιτρέπουν την βέλτιστη ανασύσταση μιας απόφασης. Σε τελική ανάλυση, πρόκειται για το γνωστό στους στατιστικολόγους παράδειγμα της επαγωγής. (Γρηγορούδης και Σίσκος, 2000)

Η φιλοσοφία αυτή προϋποθέτει ότι το αποτέλεσμα μιας απόφασης μπορεί, είτε να παρατηρηθεί (σε περιπτώσεις αποφάσεων με επαναληπτικό χαρακτήρα), είτε να εξωτερικευτεί από τον αποφασίζοντα μέσα από διαλογικές διαδικασίες. Βέβαια, όταν προσδιοριστεί το μοντέλο απόφασης, ο απώτερος σκοπός είναι η επέκτασή του (extrapolation) στο υπό μελέτη σύνολο A των δράσεων του προβλήματος. (Σίσκος, 2008)

Η αρχή της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης παρουσιάζεται στην εικόνα παρακάτω, όπου πρέπει να σημειωθεί ότι, σε περίπτωση που διαπιστωθεί ασυνέπεια ανάμεσα στον αποφασίζοντα και το εκτιμώμενο μοντέλο απόφασης, αναθεωρείται είτε η συνεπής οικογένεια κριτηρίων είτε η αξιοπιστία των δεδομένων της απόφασης.



Σχήμα 1.2: Αρχή της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης (Σπυριδάκος, 1996)

1.2 Κριτήρια απόφασης υπό αβεβαιότητα

Τα κριτήρια αυτά χρησιμοποιούνται για να επιλέγεται η καλύτερη δράση από τον αποφασίζοντα. Γενικά, μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες όπως φαίνεται παρακάτω (Δημητριάδης και Κοιλίας και Κώστας, 2005):

- Κριτήριο της αναμενόμενης αξίας (αγγλ. expected value): Με βάση αυτό το κριτήριο επιλέγεται η δράση η οποία παρουσιάζει το καλύτερο αναμενόμενο θετικό αποτέλεσμα.
- Κριτήριο της αναμενόμενης απώλειας ευκαιρίας (αγγλ. expected opportunity loss): Με βάση αυτό το κριτήριο επιλέγεται η δράση η οποία παρουσιάζει τη μικρότερη αναμενόμενη απώλεια.
- Κριτήριο της αναμενόμενης αξίας της τέλει πληροφόρησης (αγγλ. expected value of perfect information): Συχνά εμφανίζεται η ανάγκη να δαπανηθεί κάποιο ποσό ώστε να συγκεντρωθούν περισσότερες πληροφορίες οι οποίες αυξάνουν την πιθανότητα επιλογής της καλύτερης δράσης.
- Κριτήριο της αναμενόμενης χρησιμότητας (αγγλ. expected utility): Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις στις οποίες η εμφάνιση της αναμενόμενης κατάστασης της φύσης επιφέρει μεγάλη ωφέλεια και η μη εμφάνισή της μεγάλη ζημιά (αποφάσεις μεγάλου ρίσκου). Σε αυτές τις περιπτώσεις εμφανίζεται η έννοια της χρησιμότητας η οποία όμως είναι υποκειμενική (πως εκτιμά την κατάσταση ο λαμβάνων την απόφαση).

1.3 Δράσεις αναφοράς

Προκειμένου να αποσαφηνιστεί η ολική προτίμηση του αποφασίζοντα υπάρχει η ανάγκη για την χρήση ενός συνόλου δραστηριοτήτων αναφοράς AR. Συνήθως αυτό το σύνολο μπορεί να είναι:

- ένα σύνολο παρελθουσών εναλλακτικών απόφασης (AR – past actions)
- ένα υποσύνολο εναλλακτικών απόφασης, ειδικά όταν το σύνολο του συνόλου των εναλλακτικών A είναι μεγάλο ($AR \subset A$)
- ένα σύνολο φανταστικών δράσεων, τέτοιων ώστε οι αξιολογήσεις πάνω στα διαφορετικά κριτήρια να βοηθούν τον αποφασίζοντα να πραγματοποιήσει ολικές συγκρίσεις (AR – fictitious actions)

Σε κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις ζητείται από τον αποφασίζοντα να εξωτερικεύσει ή/και να επιβεβαιώσει τις ολικές του προτιμήσεις πάνω στο σύνολο AR, λαμβάνοντας υπόψη τις αξιολογήσεις των εναλλακτικών του συνόλου πάνω σε όλα τα κριτήρια. Συνήθως η ολική προτίμηση εφαρμόζεται με τις παρακάτω μορφές:

- μετρήσιμες κρίσεις για τις εναλλακτικές του AR
- κατάταξη (ασθενής) (weak order relation) στο AR, προβληματική γ
- σύγκριση κατά ζεύγη εναλλακτικών
- ταξινόμηση των εναλλακτικών αναφοράς, προβληματική β (Jacquet-Lagrèze and Siskos, 2001)

Η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση εστιάζεται στη συσχέτιση των πραγματικών δεδομένων και του μοντέλου απόφασης, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή συμβατότητα μοντέλου-πραγματικότητας. Ουσιαστικά, στις διαδικασίες των μεθόδων της συγκεκριμένης προσέγγισης, γνωστού όντως του μοντέλου απόφασης, εκτιμώνται οι παράμετροι του μοντέλου με τις οποίες θα επιτευχθεί μία βέλτιστη ανασύσταση των δεδομένων της απόφασης. (Σίσκος, 1981)

Τα μοντέλα της συγκεκριμένης κατηγορίας βασίζονται στην αρχή ότι το αποτέλεσμα μίας απόφασης μπορεί είτε να παρατηρηθεί (σε περιπτώσεις αποφάσεων με επαναληπτικό χαρακτήρα), είτε να συλλεχθεί από τον αποφασίζοντα (μέσα από διαλογικές διαδικασίες). Ο απώτερος σκοπός είναι η επέκταση (extrapolation) γνωστών καταστάσεων συμπεριφοράς από το σύνολο AR στο υπό μελέτη σύνολο A των ενεργειών απόφασης. (Γρηγορούδης και Σίσκος, 2000)

2. Περιγραφή συστήματος Τάλως

2.1 Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων

Τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (αγγλ. Decision Support Systems - DSS) εξυπηρετούν το διοικητικό οργανωτικό επίπεδο της επιχείρησης. Στόχος της ύπαρξης και λειτουργίας τους είναι η υποστήριξη της λήψης απόφασης από τα μεσαία διοικητικά στελέχη. Βασίζονται στο συνδυασμό των δυνατοτήτων του ανθρώπου και των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών, στα πλαίσια του οποίου, εκείνος που αποφασίζει χρησιμοποιεί μορφοποιημένες ή αμορφοποίητες μεθόδους για να διερευνήσει κάποιο πρόβλημα χαμηλού βαθμού δόμησης και ενισχύοντας τη συλλογιστική του καταλήγει στη λήψη απόφασης. Αναφέρονται σε δομημένες ή ημιδομημένες, μοναδικές ή ταχέως μεταβαλλόμενες αποφάσεις. Κατά συνέπεια τα DSS είναι άρρηκτα δεμένα με τη διαδικασία λήψης απόφασης.

Τα ΣΥΑ αναδεικνύουν και αξιοποιούν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τη συμβολή των μοντέλων απόφασης στην επιτυχή περάτωση μιας διαδικασίας απόφασης. Τα ΣΥΑ συμπλήρωσαν παρά αντικατέστησαν τα παραδοσιακά Πληροφοριακά Συστήματα Διοίκησης (ΠΣΔ, Management Information Systems, MIS) των οποίων η εμφάνιση τοποθετείται στις αρχές της δεκαετίας του '60. Στόχος των ΠΣΔ ήταν και εξακολουθεί να είναι η εφαρμογή της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών στην διεκπεραίωση των λειτουργιών διαφόρων προκαθορισμένων τομέων δραστηριοτήτων στις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς. Τα ΠΣΔ και τα ΣΥΑ συνθέτουν σήμερα ένα δυναμικό πλαίσιο για αποτελεσματικότερη και αποδοτικότερη οργάνωση και διοίκηση.

Η ερμηνεία του όρου δεν είναι πάντα η ίδια στην βιβλιογραφία, είναι όμως κοινά αποδεκτό ότι τα ΣΥΑ αντιπροσωπεύουν μία αντίληψη του ρόλου των ηλεκτρονικών υπολογιστών στις διαδικασίες αποφάσεων.

Οι Keen και Scott-Morton, σε μία προσπάθειά τους να προσδιορίσουν τον ρόλο των ΣΥΑ σε έναν οργανισμό, υποστηρίζουν ότι ένα ΣΥΑ αποσκοπεί στη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή για να προάγει την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών λήψης αποφάσεων σε προβλήματα ή δραστηριότητες που χαρακτηρίζονται από χαμηλό βαθμό δόμησης, υποστηρίζοντας και όχι αντικαθιστώντας την κρίση των αποφασιζόντων. Οι συγγραφείς, κάνοντας σαφή διάκριση μεταξύ των όρων «αποδοτικότητα» (αγγλ. efficiency) και «αποτελεσματικότητα» (αγγλ. effectiveness), έννοιες συχνά αντικρουόμενες, υποστηρίζουν ότι βασική επιδίωξη των ΣΥΑ είναι η αύξηση της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών αποφάσεων. Με τον τρόπο αυτό αποδίδουν έναν ιδιαίτερο ρόλο στα ΣΥΑ διακρίνοντάς τα από τα ΠΣΔ, τα οποία προσανατολίζονται σε καλά ορισμένους τομείς δραστηριοτήτων. Βασική επιδίωξη των ΠΣΔ είναι η αύξηση της αποδοτικότητας των διαδικασιών με μείωση του κόστους λειτουργίας ή ακόμη και αντικατάσταση προσωπικού, ενώ η συμβολή τους στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων είναι έμμεση και εκδηλώνεται συνήθως με παροχή διαφόρων τύπων αναφορών.

Η θεώρηση των ΣΥΑ από τους Keen και Scott-Morton δεν διαφέρει από εκείνη των Alter και Huber οι οποίοι επισημαίνουν τη διαφορά μεταξύ των ΣΥΑ και των ΠΣΔ στο ότι, τα πρώτα σχεδιάζονται για να διευκολύνουν και ενισχύσουν τη συμμετοχή του αποφασίζοντος στις διαδικασίες απόφασης, ενώ τα ΠΣΔ αποσκοπούν στην αυτοματοποίηση των διαφόρων λειτουργιών, την καταχώρηση και επεξεργασία δεδομένων και την έκδοση πληροφοριών.

Οι Carlson και Sprague αντιλαμβάνονται τα ΣΥΑ ως διαδικασίες υποστηριζόμενες από ηλεκτρονικό υπολογιστή, οι οποίες αποσκοπούν στην διεύρυνση του γνωστικού πεδίου των αποφασιζόντων σχετικά με τα προβλήματα του οργανισμού που καλούνται να αντιμετωπίσουν. Υποστηρίζουν και αυτοί ότι ο ρόλος των ΣΥΑ είναι διαφορετικός από εκείνον των ΠΣΔ και των μοντέλων της ΕΕ και ότι όλες αυτές οι δομές-συστήματα μαζί με τα συστήματα επικοινωνίας ορίζουν μια τρίτη διάσταση, τη διάσταση των συστημάτων στο παραδοσιακό διαξωνικό σύστημα «Οργανωτική διάταξη – Λειτουργικές διαδικασίες».

Κατά τον Zeleny, ο ρόλος των ΣΥΑ δεν είναι μόνο να υποδεικνύει λύσεις που να είναι καλύτερες από εκείνες που αντιλαμβάνονται οι αποφασίζοντες. Τα ΣΥΑ πρέπει επίσης να μπορούν να αναπτύσσουν τις ικανότητες των αποφασιζόντων έτσι ώστε οι δικές τους λύσεις να γίνονται καλύτερες. Παραπλήσια επίσης είναι η θεώρηση των ΣΥΑ από τους Roy και Sheinin.

Η φιλοσοφία των ΣΥΑ αντανακλά τέλος τις ιδέες του Simon σχετικά με τον τρόπο προσέγγισης των προβλημάτων απόφασης. Ο Simon υποστηρίζει ότι στα πραγματικά προβλήματα δεν τίθεται θέμα επιλογής μεταξύ μιας ικανοποιητικής και μιας βέλτιστης λύσης, δεδομένου ότι δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός της δεύτερης. Έτσι, μπορεί να αρκείται κανείς στην αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων με τρόπο που να καθιστά δυνατή τη σύγκλιση προς μια αποδεκτή λύση μετά από μία λογική προσπάθεια. Ο Simon, σε αντίθεση με τη λογική του παραδοσιακού μοντέλου της βέλτιστης επιλογής, που θέλει τον αποφασίζοντα πλήρως και ανά πάσα στιγμή πληροφορημένο για τις συνέπειες μιας ενδεχόμενης επιλογής του, υποστηρίζει ότι στην πραγματικότητα η κριτική ικανότητα και οι γνώσεις των αποφασιζόντων είναι περιορισμένες. Με την προϋπόθεση αυτή, προτείνει την καταβολή προσπάθειας για την διεύρυνση του γνωστικού πεδίου των αποφασιζόντων και την ανάπτυξη των δυνατοτήτων τους ώστε οι ίδιοι να μπορούν να βελτιώσουν τις αποφάσεις τους.

2.2 Ανάλυση απαιτήσεων του ΣΥΑ

Κατασκευάζουμε ένα ΣΥΑ (DSS) το οποίο ασχολείται με την ανάλυση ευστάθειας στις αναλυτικές-συνθετικές μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων (MCDA) χρησιμοποιώντας αρθρωτές τεχνικές προγραμματισμού λογισμικού.

Η ανάλυση ευστάθειας είναι ένα θέμα που πρέπει να αντιμετωπιστεί μέσω των ΣΥΑ, ως ένα μέσο για την παροχή με κατανοητό τρόπο στον αναλυτή και στον αποφασίζοντα μιας σαφής εικόνας για την αξιοπιστία και τη σταθερότητα των μοντέλων και των παραγόμενων αποτελεσμάτων.

Τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις βρίσκονται πίσω από τη λέξη «ευστάθεια»:

- Ευσταθή συμπεράσματα - ισχύει σε όλα ή τα περισσότερα ζεύγη (δημιουργίας, διαδικασίας) - που ασχολούνται με αξίες του συστήματος και τη διαφορά από την πραγματικότητα.

- Ευσταθής λύση - καλή σε όλες ή στις περισσότερες περιπτώσεις- που ασχολούνται με την αβεβαιότητα του εξωτερικού περιβάλλοντος και των εξωτερικών παραγόντων.
- Ευσταθή απόφαση σε δυναμικό πλαίσιο – κρατάει ανοικτά όσο περισσότερα καλά σχέδια είναι δυνατόν να συμβούν στο μέλλον – ασχολούμενη με το αβέβαιο μέλλον.

Βασιζόμενος στα ευσταθή μέτρα ο αποφασίζων μπορεί να δεχτεί, απορρίψει ή σε ορισμένες περιπτώσεις προσαρμόσει το προτεινόμενο μοντέλο απόφασης.

Διάφορες τεχνικές ανάλυσης ευστάθειας εφαρμόζονται σε διάφορες μεθόδους επιχειρησιακής έρευνας και, μεταξύ άλλων, σε αυτές που ανήκουν στην οικογένεια των MCDA μεθόδων.

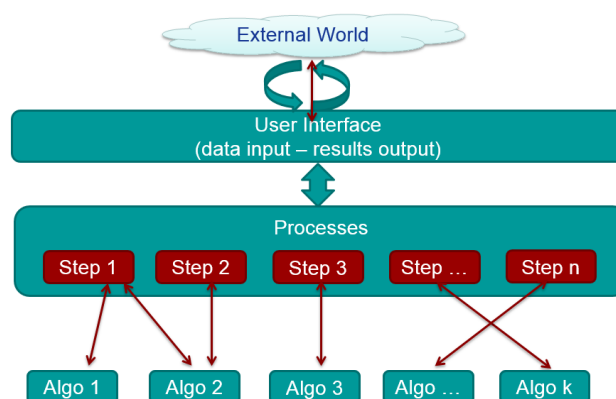
Θα μπορούσε κανείς να βρει παρόμοιες τεχνικές όταν ασχολείται με την ανάλυση ευστάθειας σε διαφορετικές μεθόδους MCDA και, κατά συνέπεια, θα πρέπει να είναι λογικό να είναι σε θέση να επαναχρησιμοποιήσει τμήματα λογισμικού κατά την κατασκευή των αντίστοιχων βημάτων ενός DSS.

Το DSS υλοποιεί σημαντικό αριθμό των αλγορίθμων για να εξυπηρετήσει το ρόλο τους στην υποστήριξη αποτελεσματικά πολύπλοκων διαδικασιών λήψης αποφάσεων.

Εστιάζουμε σε αυτά τα βήματα σε ένα DSS, τα οποία να μπορεί να υλοποιηθούν από ένα ευέλικτο σύνολο γενικών ή λιγότερο γενικών αλγορίθμων που μπορεί να κατασκευαστούν ως αρθρωτά μέρη του συστήματος.

2.3 Σχεδίαση δομής του ΣΥΑ

Το DSS έχει κατασκευαστεί με τη χρήση επαναχρησιμοποιήσιμων τμημάτων (υπορουτίνες, λειτουργίες). Η έξοδος του ενός στοιχείου μπορεί να είναι η είσοδος του μετέπειτα τμήματος και ούτω καθεξής.



Σχήμα 2.1: Δομή DSS

Τα βασικά τμήματα που έχουν αναπτυχθεί είναι:

- Μονάδες εισόδου και μετασχηματισμός δεδομένων
 - Πολυκριτήριος πίνακας αξιολόγησης
 - Προτιμήσεις (βαθμολογίες, συγκρίσεις ανά ζεύγη, περιορισμοί)
 - Παράμετροι Μοντέλων
- Τμήματα ανάλυσης μοντέλων
 - LP Solver
 - Stochastic UTA
 - SMAA
 - UTA GMS
 - Extreme ranking
- Τμήματα ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης
 - Maximum UTA
 - Max-Min UTA
 - Maximum W
 - Max-Min W
 - Manas-Nedoma

2.4 Επικοινωνία με τρίτα συστήματα

Η XMCDΑ είναι ένα πρότυπο δεδομένων το οποίο επιτρέπει να αντιπροσωπευθούν στοιχεία πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων (MCDA) σε XML σύμφωνα με μια σαφώς καθορισμένη γραμματική.

Η XMCDΑ είναι ένας τύπος της UMCDA-ML, η οποία είναι η οικουμενική γλώσσα μοντελοποίησης πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων και η οποία είναι μία από τις επιστημονικές πρωτοβουλίες στο εσωτερικό του σχεδίου απόφασης. Η UMCDA-ML προορίζεται να είναι μια παγκόσμια γλώσσα μοντελοποίησης για να εκφράσουν MCDA έννοιες και γενικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

Η XMCDΑ εστιάζει ειδικότερα στις έννοιες MCDA και των δομών δεδομένων και ορίζεται από ένα σχήμα XML.

Τέλος, η XMCDΑ επιτρέπει την οπτικοποίηση των δομών δεδομένων σε προγράμματα περιήγησης στο Web, χρησιμοποιώντας τα αρχεία XSLT που εκτελούν μια αλλαγή του αρχείου δεδομένων XML σε HTML.

2.5 Γλώσσα προγραμματισμού

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε για την σύνθεση του προγράμματος είναι η Visual C# η οποία μεταγλωττίστηκε στον compiler Microsoft Visual Studio .NET 2012.

Η C# είναι μια σχετικά καινούργια γλώσσα προγραμματισμού η οποία αποτελεί απόγονο της γλώσσας C. Παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας πινάκων πολλών διαστάσεων και μεταβαλλόμενου μήκους. Στην εφαρμογή, έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετοί πίνακες στους οποίους, για παράδειγμα, αποθηκεύονται τα κριτήρια (με όλα τα χαρακτηριστικά τους) καθώς και οι δράσεις (με όλα τα χαρακτηριστικά τους) του προβλήματος απόφασης.

Η γλώσσα αυτή δίνει τη δυνατότητα για «μοίρασμα» του κώδικα σε εξωτερικές κλάσεις, έτσι είναι ευκολότερη η διαχείριση των συναρτήσεων και των μεταβλητών ειδικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν αρκετές χιλιάδες γραμμές κώδικα (για το σύστημα Τάλως χρησιμοποιήθηκαν περίπου 20.000 γραμμές).

Η δυνατότητα χρησιμοποίησης μεταβλητών και συναρτήσεων που έχουν οριστεί σε μια εξωτερική κλάση, από άλλες κλάσεις, μειώνει το πλήθος των γραμμών κώδικα, γιατί συναρτήσεις που χρησιμοποιούνται από πάνω από μια κλάσεις δεν χρειάζεται να γράφονται πολλές φορές αλλά μόνο μία.

Η C# δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας λογικών loop τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετές φορές μέσα στο πρόγραμμα.

Η άριστη λειτουργία IO (Input - Output), δηλαδή η δημιουργία, επεξεργασία και διαγραφή αρχείων από το δίσκο του λειτουργικού συστήματος, βοήθησε στο να δημιουργηθούν δυο νέοι τύποι αρχείων για την αποθήκευση και φόρτωση προβλημάτων και συνόλων δράσεων αναφοράς (*.uta και *.ref αντίστοιχα), τα οποία είναι ιδιαιτέρως χρήσιμα γιατί βοηθούν το χρήστη στο να μπορεί να δημιουργεί backup σε προβλήματα και σύνολα δράσεων αναφοράς που έχει δημιουργήσει στην εφαρμογή και να ανατρέχει σε αυτά σε κάποια στιγμή στο μέλλον.

2.6 Περιβάλλον διεπαφής

Το σύστημα Τάλως είναι μια εύχρηστη GUI εφαρμογή. Δηλαδή, μια εφαρμογή που αποτελείται από γραφικές φόρμες (συνολικά 50) πάνω στις οποίες υπάρχουν διάφορα components.

Η λογική πάνω την οποία βασίστηκε η δημιουργία του προγράμματος, είναι να υπάρχει μια κύρια φόρμα (MDI Parent) και μέσα στην οποία να εμφανίζονται σαν «παιδιά» όλες οι λειτουργίες (MDI Child) που υποστηρίζονται.

Η κύρια φόρμα αποτελείται από μια εικόνα με το λογότυπο του συστήματος στο πάνω μέρος, ένα μενού επιλογών με όλες τις λειτουργίες της εφαρμογής ακριβώς κάτω από το λογότυπο, μια εργαλειοθήκη με συντομεύσεις του κύριου μενού οι οποίες προβάλλονται σαν μικρά εικονίδια, μια εικόνα στο κέντρο της φόρμας η οποία προβάλλει ένα σχέδιο όταν δεν υπάρχουν ενεργές λειτουργίες και, τέλος, μια γραμμή κατάστασης στο κάτω μέρος όπου προβάλλονται διάφορες πληροφορίες για τη λειτουργία του συστήματος.

Για τη δημιουργία όλων των άλλων φορμών, έχουν χρησιμοποιηθεί πεδία κειμένου (Textboxes), κείμενα προβολής (Labels), κουμπιά πολλαπλών ή μονής επιλογής (Radio buttons), λίστες προβολής (List views), απλά κουμπιά (Buttons), ανοιγόμενες λίστες (Drop down lists), σελιδοποιήσεις (Tab pages), κουτιά ομαδοποιήσεων (Group boxes), πλαίσια (Panels), πλαίσια προβολής κειμένων (Rich text boxes), πλαίσια προβολή εικόνων (Image boxes), αναδυόμενα κείμενα (Tool tips) και εργαλειοθήκες (Tool bars).

2.7 Ανάπτυξη του ΣΥΑ

Το σύστημα Τάλως σχεδιάστηκε για να βοηθήσει τον αναλυτή ή τον αποφασίζοντα στην διαδικασία λήψης αποφάσεων υπό αβεβαιότητα. Είναι μια εφαρμογή φιλική προς τον χρήστη (GUI, Graphical User Interface) καθώς αποτελείται από αρκετές φόρμες και η δομή του συστήματος αποτελείται από πέντε διακριτά βήματα τα οποία «οδηγούν» το χρήστη κατά την εισαγωγή του προβλήματος στο σύστημα. Τα πέντε αυτά βήματα είναι τα παρακάτω:

1. Ορισμός των κριτηρίων: Εισάγονται τα κριτήρια του προβλήματος. Για κάθε κριτήριο πρέπει να οριστούν το όνομα, η μονάδα μέτρησης, ο τύπος, το πρόσημο, ο αριθμός των εκτιμώμενων σημείων καθώς και οι τίτλοι αυτών (αν το κριτήριο είναι ποσοτικό) και η βέλτιστη τιμή (αν το κριτήριο είναι ποσοτικό).
2. Ορισμός των δράσεων: Εισάγονται οι δράσεις του προβλήματος. Για κάθε δράση θα πρέπει να οριστούν οι κατανομές πιθανοτήτων για τα εκτιμώμενα σημεία όλων των κριτηρίων.
3. Επιλογή αλγορίθμου: Γίνεται η επιλογή του κύριου αλγορίθμου (Stochastic UTA, SMAA, UTA GMS, Extreme Ranking) και της μεθόδου μεταβελτιστοποίησης (Max UTA, Max-Min UTA, Max W, Max-Min W, Manas-Nedoma).
4. Κατάταξη των δράσεων: Γίνεται η κατάταξη των δράσεων κατά την οποία ο χρήστης εξωτερικεύει την άποψή του (κατατάσσει) για τις δράσεις που εισήγαγε στο προηγούμενο βήμα.
5. Επιλογή μοντέλου απόφασης: Επιλύεται το πρόβλημα υπό αβεβαιότητα που εισήχθη στο σύστημα. Παρέχεται και γραφική υποστήριξη των συναρτήσεων χρησιμότητας που προέκυψαν από την λύση, των βαρών των κριτηρίων κ.ά.

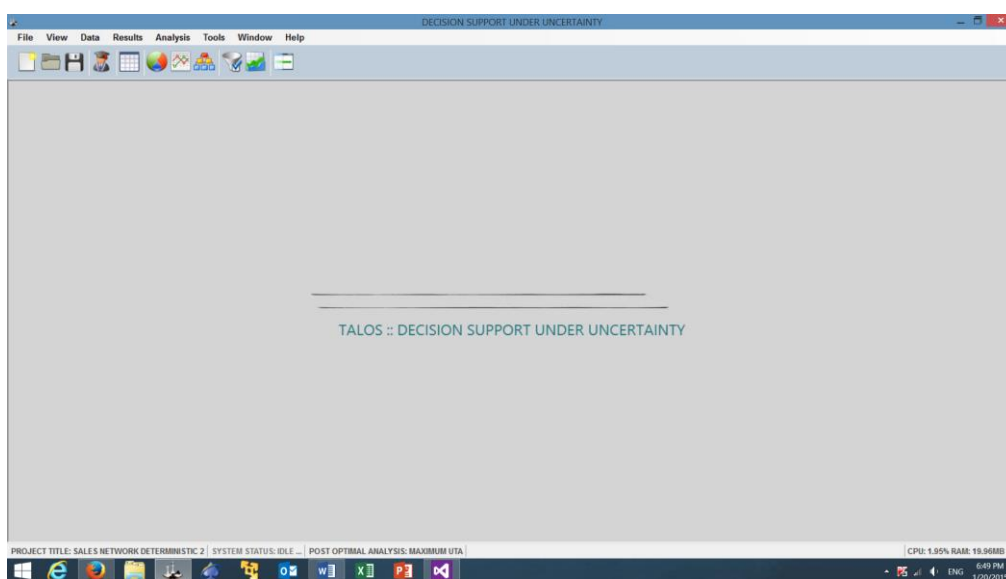
Καθ' όλη τη διάρκεια δημιουργίας του προβλήματος απόφασης υπάρχουν αυτοματοποιημένοι έλεγχοι οι οποίοι διευκολύνουν το χρήστη στο να συμπληρώνει τα πεδία με σωστό τρόπο. Για παράδειγμα, κατά το βήμα ορισμού των κριτηρίων, υπάρχει η ένδειξη "Incomplete criterion" όταν το κριτήριο δεν έχει οριστεί πλήρως· η οποία, όμως, αλλάζει σε "Complete criterion" όταν το κριτήριο είναι πλήρως ορισμένο και έτοιμο να μπει στη λίστα κριτηρίων.

Γενικά, προσπαθήσαμε να δημιουργήσουμε μια εφαρμογή που θα είναι όσο το δυνατόν πιο απλή για το χρήστη, γρήγορη στην επίλυση προβλημάτων και να απαιτεί λίγους πόρους από τον υπολογιστή στον οποίο εκτελείται. Είναι σχεδιασμένη για να λειτουργεί στο λειτουργικό σύστημα των Windows (για εκδόσεις παλαιότερες των Windows 7 απαιτείται η εγκατάσταση του Framework 4.5).

3. Αρχική σελίδα και μενού επιλογών

3.1 Αρχική σελίδα

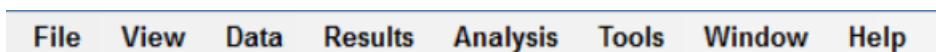
Η κεντρική σελίδα του συστήματος Τάλως αποτελείται από ένα menu και ένα toolbar στο πάνω μέρος και ένα status bar στο κάτω μέρος της φόρμας.



Σχήμα 3.1: Κεντρική φόρμα

3.2 Menu επιλογών

Στο menu επιλογών υπάρχουν 8 κύριες κατηγορίες οι οποίες είναι File, View, Data, Results, Analysis, Tools, Window και Help.

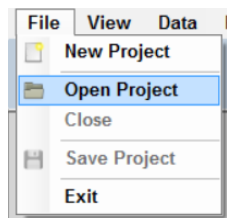


Σχήμα 3.2: Menu επιλογών

Αναλυτικά παρακάτω προβάλλονται όλες οι επιλογές του menu.

3.2.1 Menu File

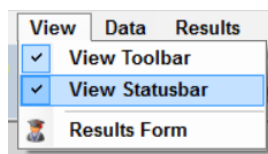
Το menu file περιέχει ό,τι σχετίζεται με τη δημιουργία, το άνοιγμα και την αποθήκευση ενός καινούριου project στο σύστημα Τάλως. Επίσης, έχει τις επιλογές “Close” και “Exit” για κλείσιμο του ανοικτού project και κλείσιμο του συστήματος αντίστοιχα.



Σχήμα 3.3: Menu file

3.2.2 Menu View

Το menu view έχει τις επιλογές “View Toolbar” και “View Statusbar” που αποκρύπτουν ή εμφανίζουν τα αντίστοιχα control στην κεντρική φόρμα. Υπάρχει, ακόμα, η επιλογή “View Results” για την προβολή της φόρμας με τα αποτελέσματα από την επίλυση ενός προβλήματος στο Τάλως.

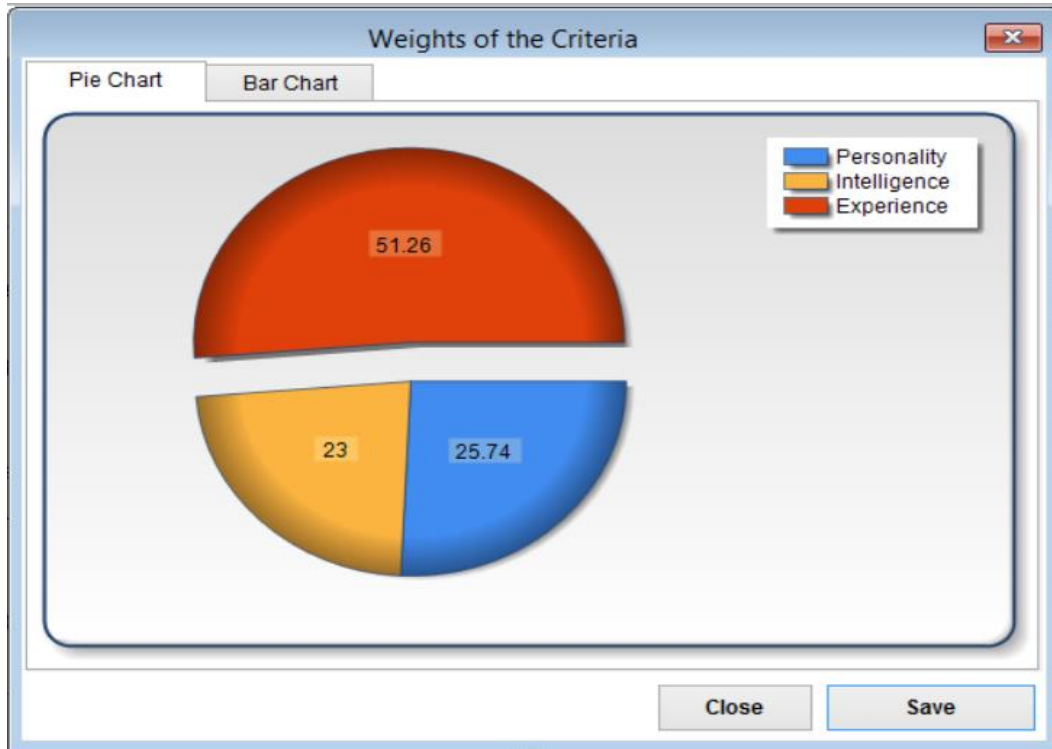


Σχήμα 3.4: Menu view

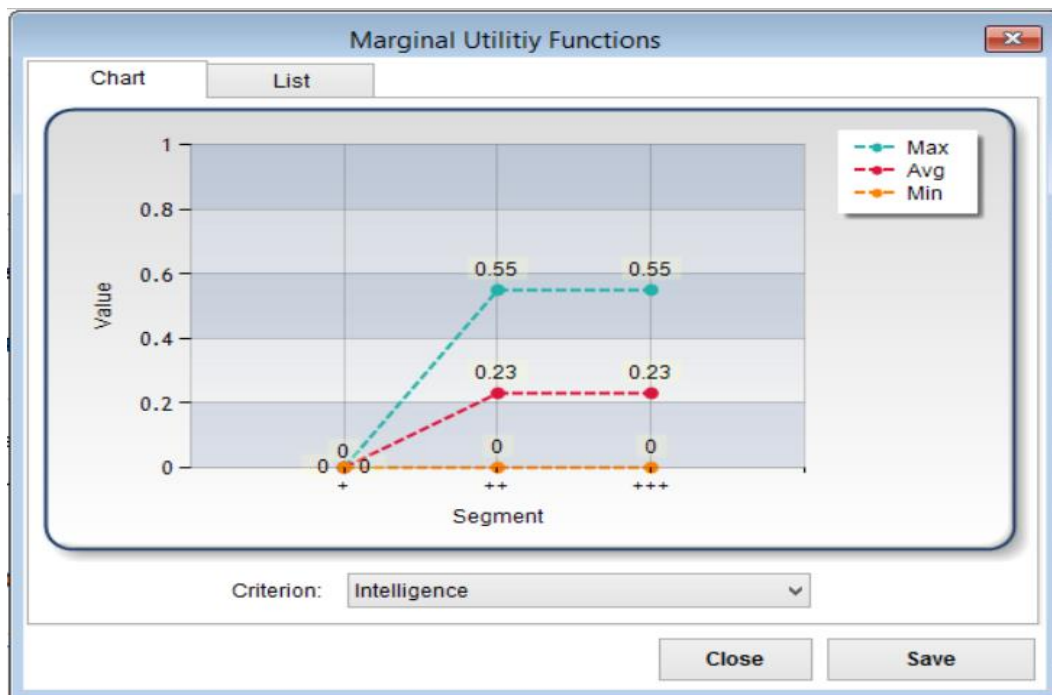
Results Form							
Solving Procedure							
Near Optimal Solution Threshold (%): 1.00							
Delta value: 0.02							
Data							
Solution	w11	w12	w21	w22	w31	w32	s1p
Optimal	0	0.265	0	0	0.332	0.403	0
max_b[1]	0	0.397	0.142	0	0.461	0	0
max_b[2]	0	0.110	0.548	0	0	0.342	0
max_b[3]	0	0.265	0	0	0.332	0.403	0
Average	0	0.257	0.230	0	0.264	0.248	0

Σχήμα 3.5: Results form

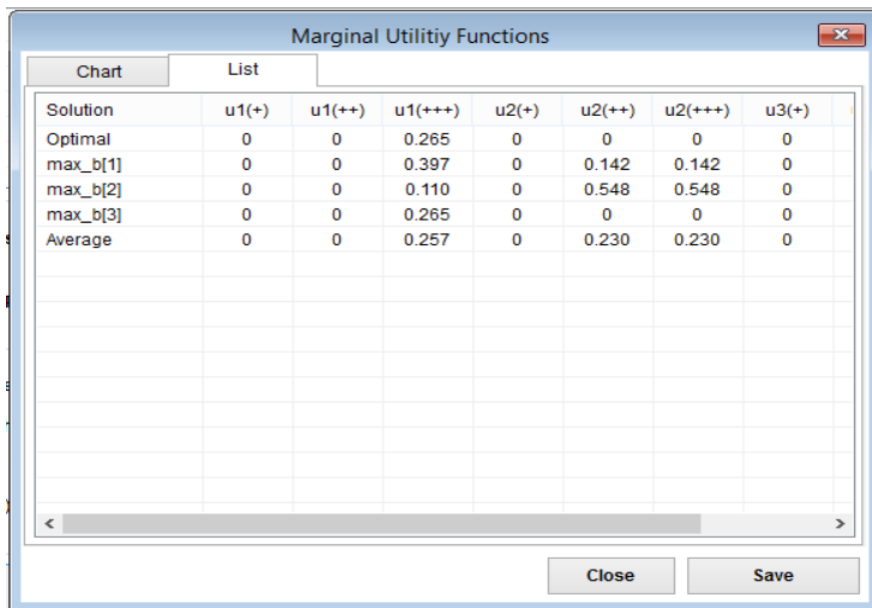
Σχήμα 3.8: Menu results



Σχήμα 3.9: Weights of the criteria

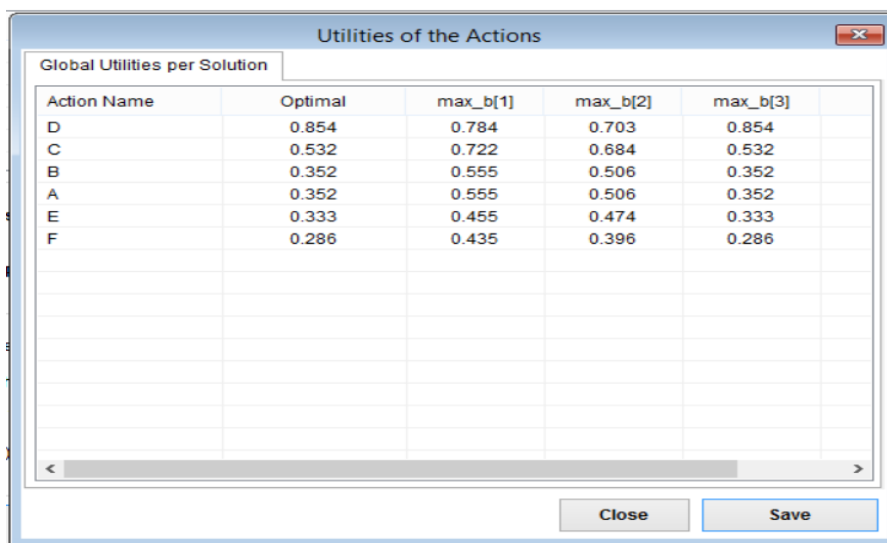


Σχήμα 3.10: Marginal utility functions #1 (γράφημα)



Solution	u1(+)	u1(++)	u1(+++)	u2(+)	u2(++)	u2(+++)	u3(+)
Optimal	0	0	0.265	0	0	0	0
max_b[1]	0	0	0.397	0	0.142	0.142	0
max_b[2]	0	0	0.110	0	0.548	0.548	0
max_b[3]	0	0	0.265	0	0	0	0
Average	0	0	0.257	0	0.230	0.230	0

Σχήμα 3.11: Marginal utility functions #1 (λίστα)

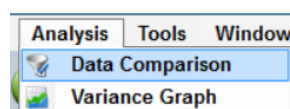


Action Name	Optimal	max_b[1]	max_b[2]	max_b[3]
D	0.854	0.784	0.703	0.854
C	0.532	0.722	0.684	0.532
B	0.352	0.555	0.506	0.352
A	0.352	0.555	0.506	0.352
E	0.333	0.455	0.474	0.333
F	0.286	0.435	0.396	0.286

Σχήμα 3.12: Utilities of the actions

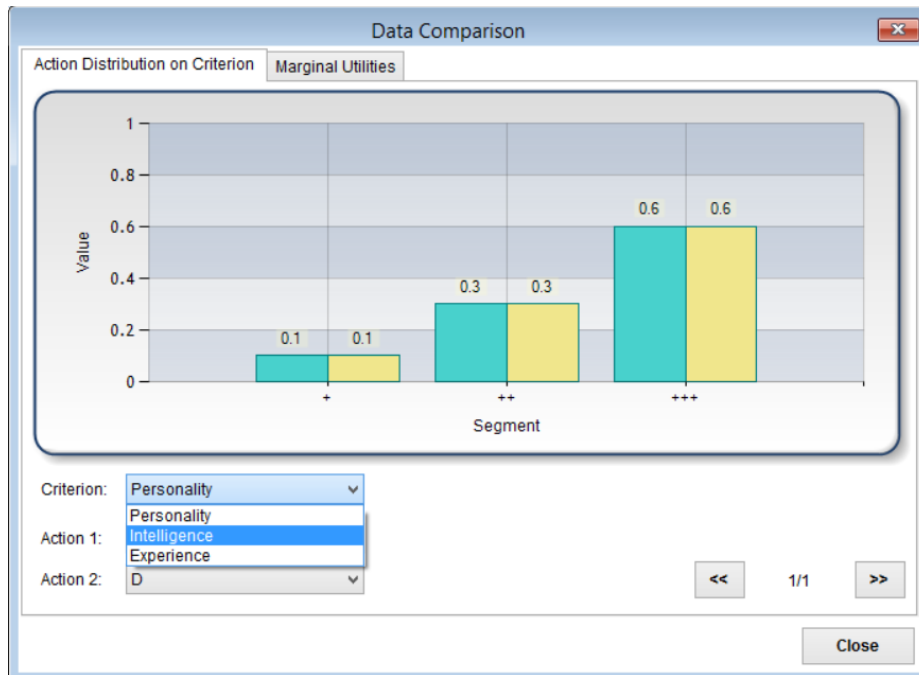
3.2.5 Menu Analysis

Το menu analysis περιέχει τις επιλογές Data Comparison και Variance Graph.

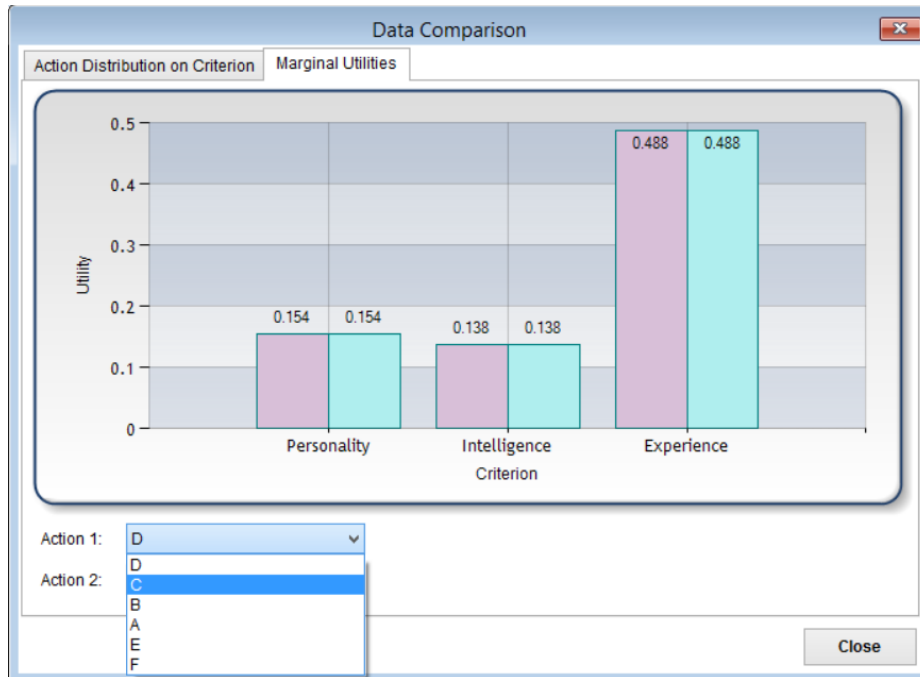


Σχήμα 3.13: Menu analysis

Από την επιλογή Data Comparison, ανοίγει η φόρμα που προβάλλονται συγκριτικά οι κατανομές των δράσεων σε κάθε κριτήριο και οι περιθώριες χρησιμότητες των δράσεων ανά δυο.

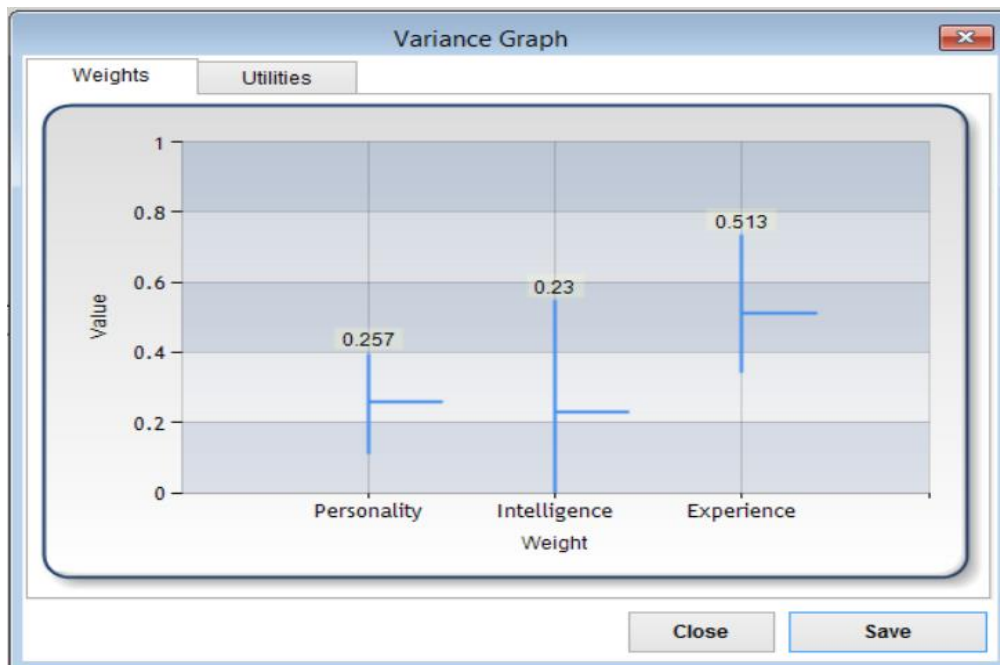


Σχήμα 3.14: Data comparison #1 (κατανομές των δράσεων ανά κριτήριο)

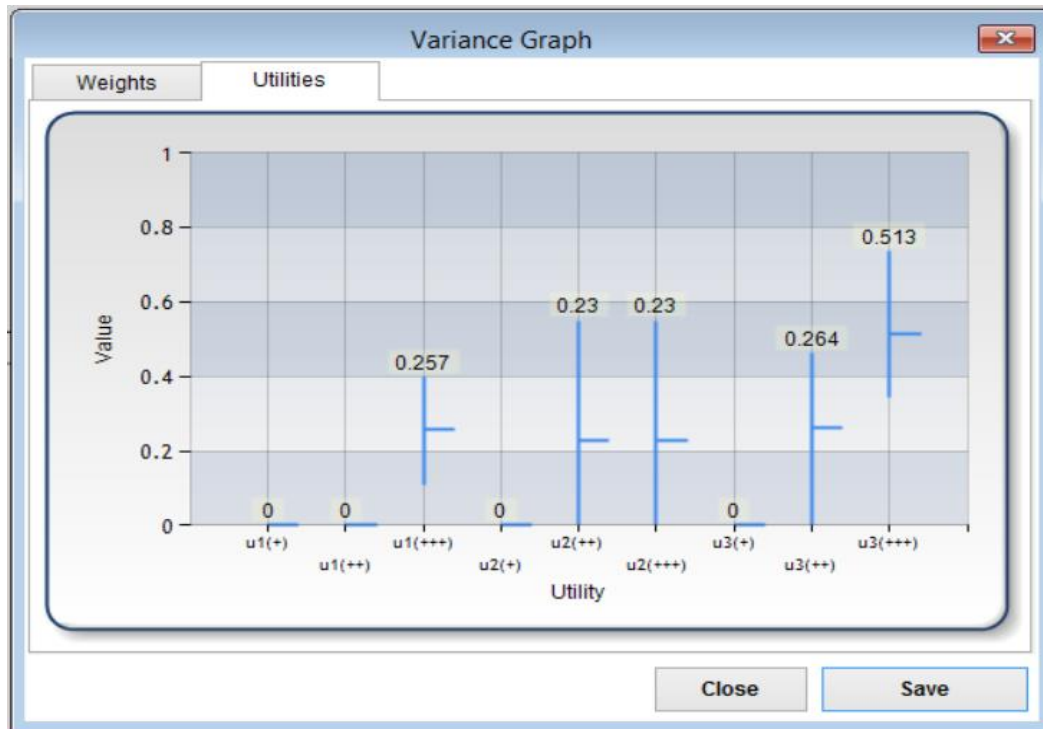


Σχήμα 3.15: Data comparison #2 (περιθώριες χρησιμότητες των δράσεων ανά δύο)

Το Variance Graph ανοίγει την αντίστοιχη φόρμα όπου προβάλλεται η διακύμανση των βαρών των κριτηρίων και των περιθώριων χρησιμότητων.



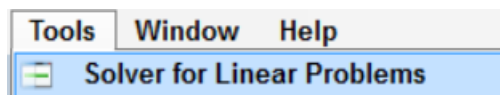
Σχήμα 3.16: Variance graph #1 (διακύμανση βαρών των κριτηρίων)



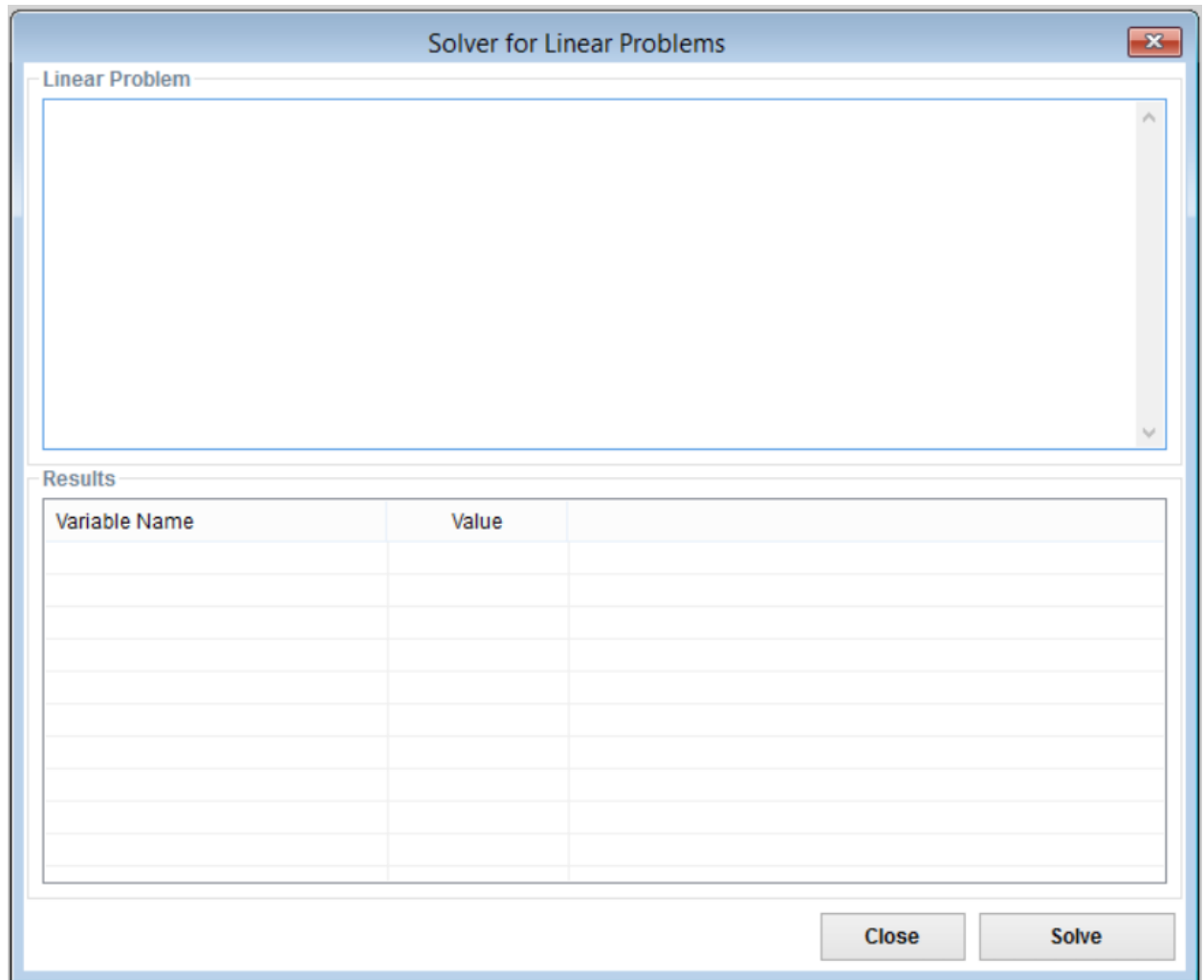
Σχήμα 3.17: Variance graph #2 (διακύμανση περιθώριων χρησιμότητων)

3.2.6 Menu Tools

Στο menu tools υπάρχει μια επιλογή που αφορά το άνοιγμα solver που επιλύει οποιαδήποτε γραμμικά προβλήματα.



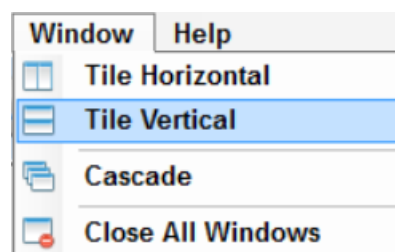
Σχήμα 3.18: Menu tools



Σχήμα 3.19: Solver for linear problems

3.2.7 Menu Window

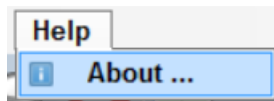
Στο menu window υπάρχουν οι κλασικές επιλογές των παραθύρων: Tile Horizontal, Tile Vertical, Cascade και Close all Windows.



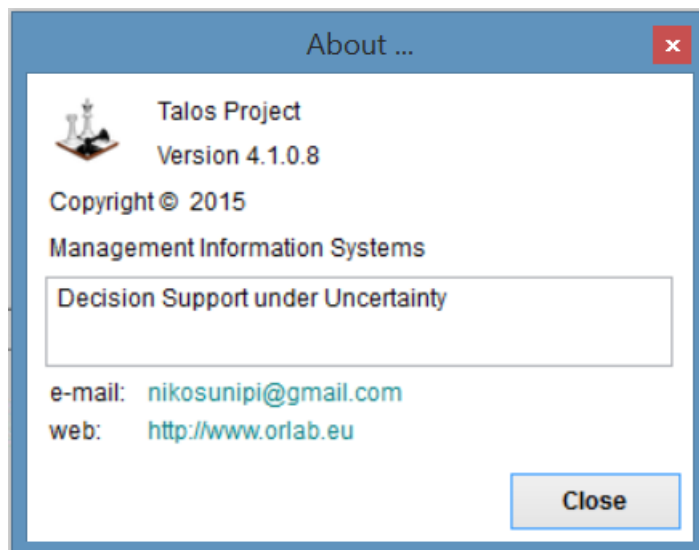
Σχήμα 3.20: Menu windows

3.2.8 Menu Help

Το menu help είναι η τελευταία επιλογή και περιέχει τη φόρμα About.



Σχήμα 3.21: Menu help



Σχήμα 3.22: About form

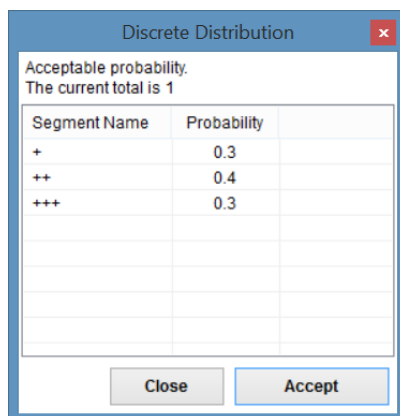
4. Κατανομές δράσεων πάνω στα κριτήρια

4.1 Διακριτά κριτήρια

Οι κατανομές βάσει των οποίων μπορούν να αξιολογηθούν πάνω στα διακριτά κριτήρια οι δράσεις είναι αυτές που περιγράφονται στις ακόλουθες παραγράφους.

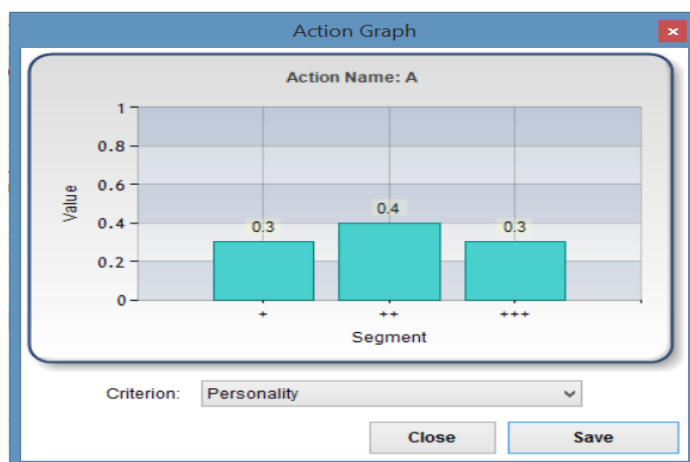
4.1.1 Discrete distribution

Διακριτή κατανομή με άθροισμα πιθανοτήτων ίσο με τη μονάδα.



Segment Name	Probability
+	0.3
++	0.4
+++	0.3

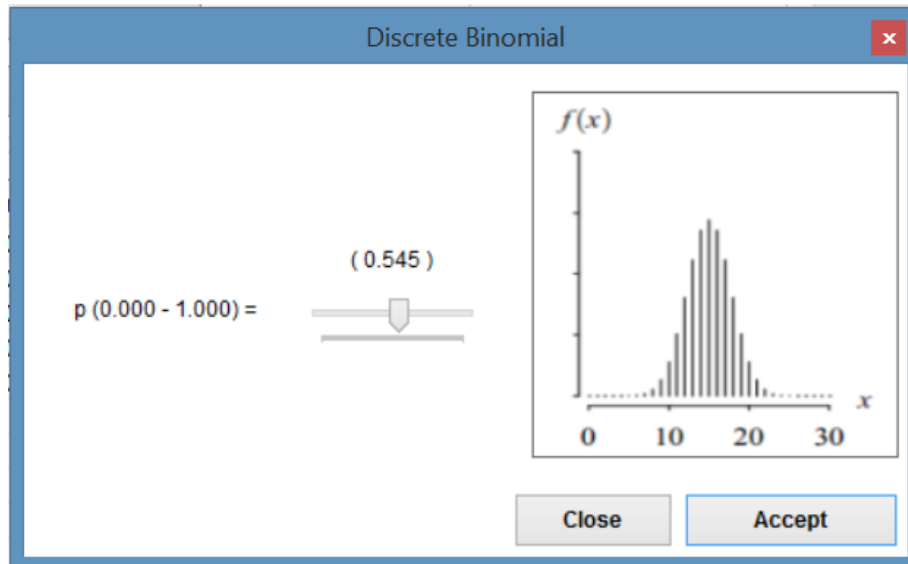
Σχήμα 4.1: Discrete distribution



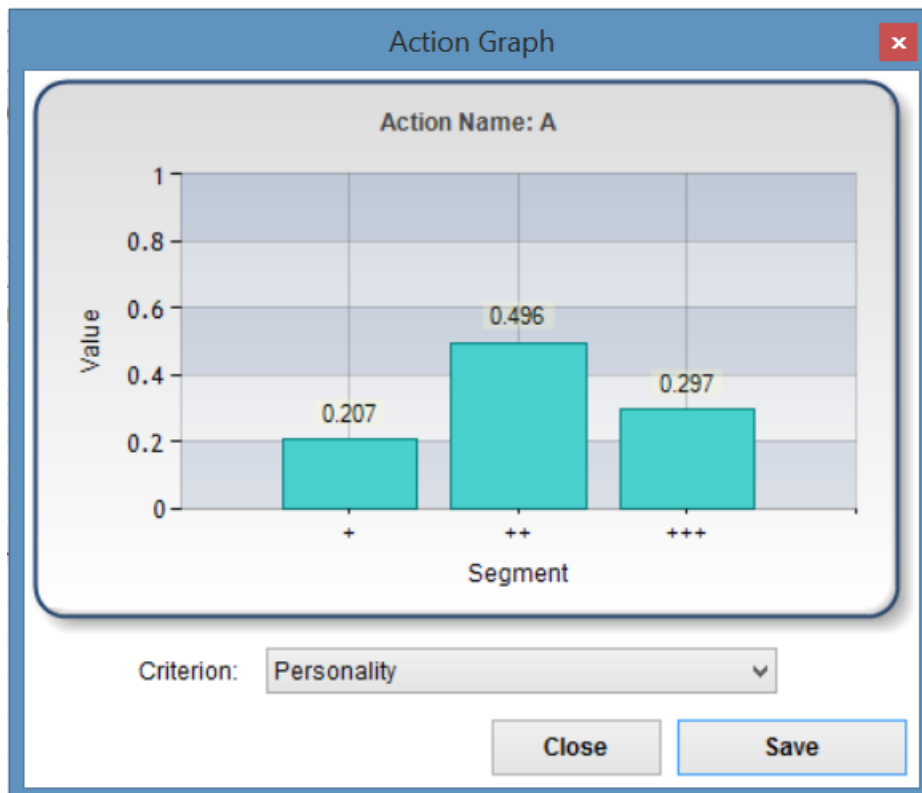
Σχήμα 4.2: Γράφημα κατανομής

4.1.2 Binomial distribution

Διωνυμική κατανομή.



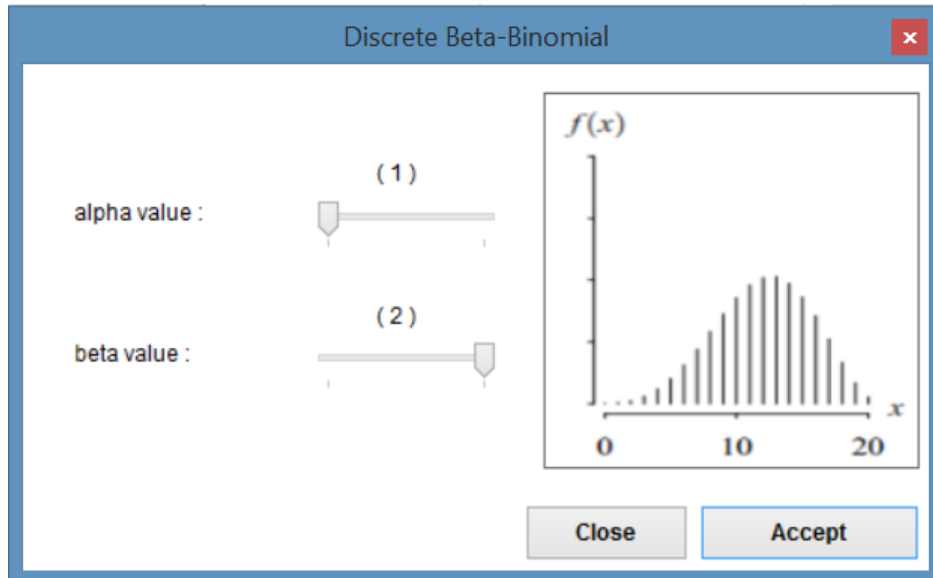
Σχήμα 4.3: Binomial distribution



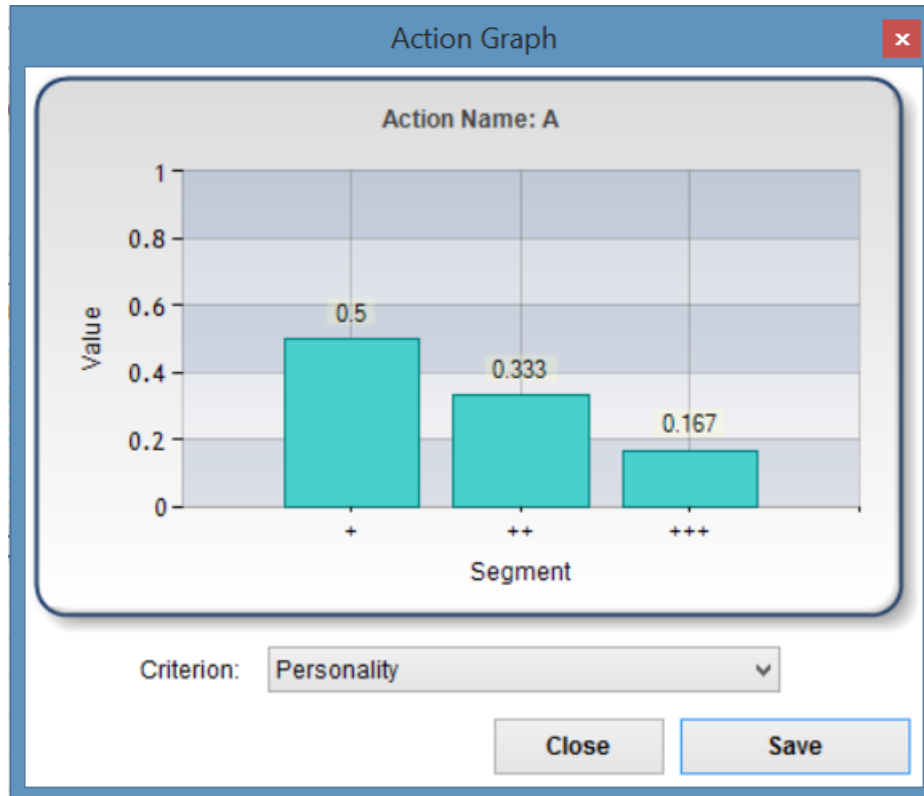
Σχήμα 4.4: Γράφημα κατανομής

4.1.3 Beta-Binomial distribution

Βήτα-διωνυμική κατανομή.



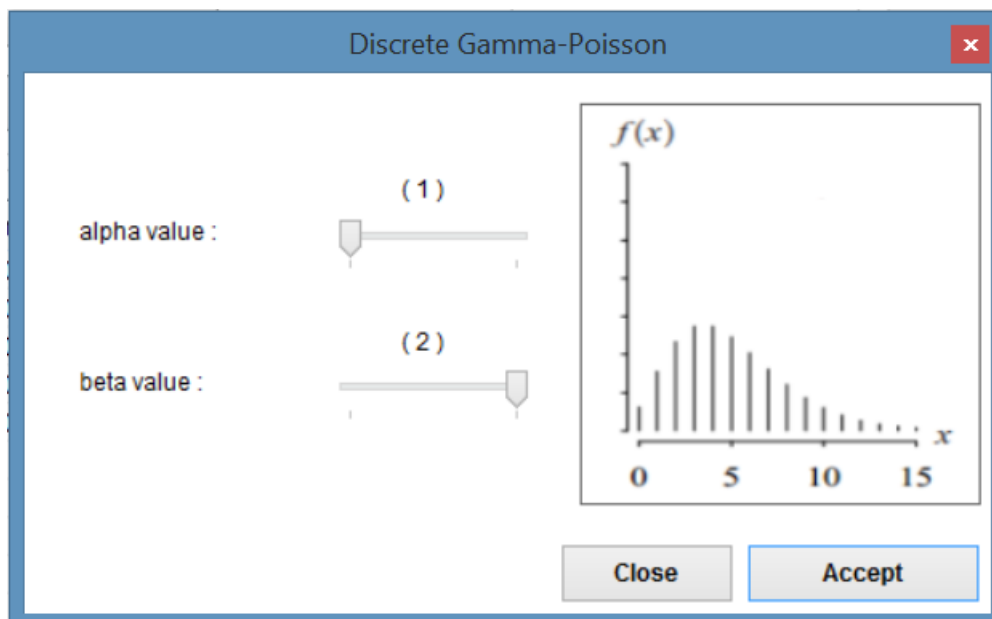
Σχήμα 4.5: Beta-Binomial distribution



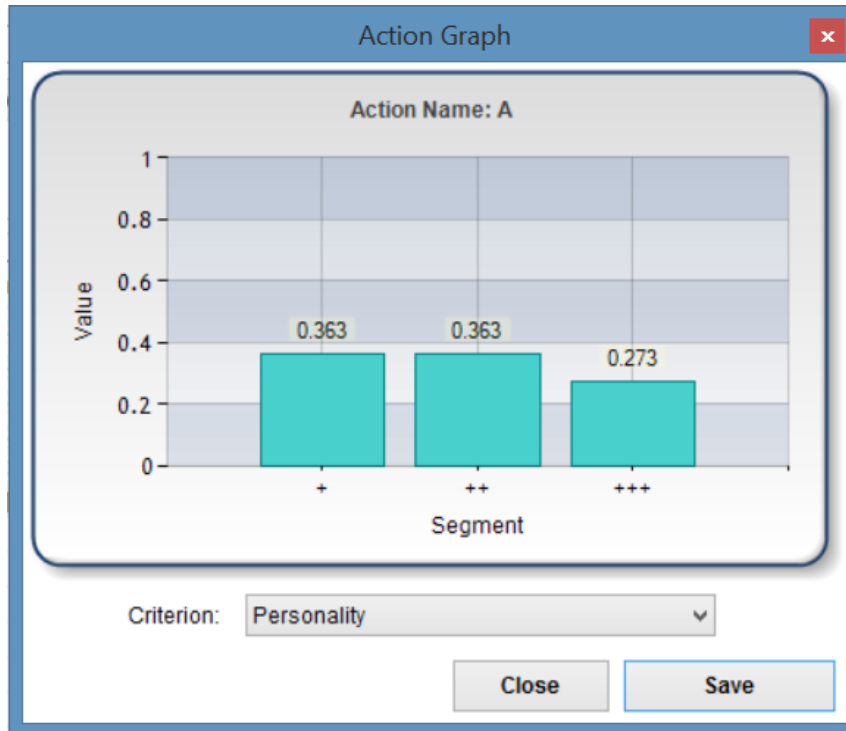
Σχήμα 4.6: Γράφημα κατανομής

4.1.4 Gamma-Poisson distribution

Γάμμα-πουασόν κατανομή.



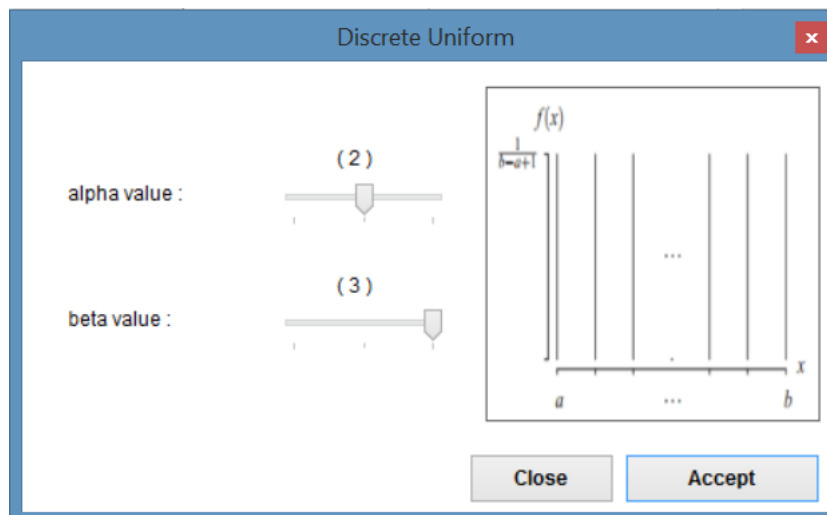
Σχήμα 4.7: Gamma-Poisson distribution



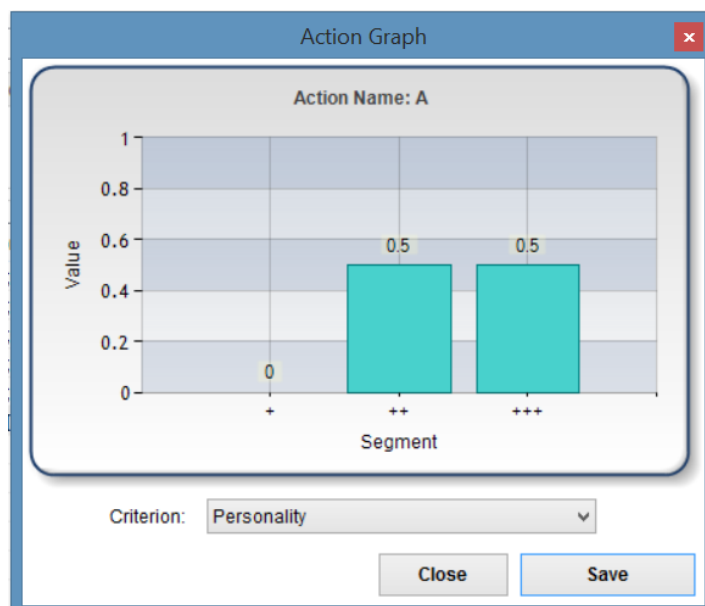
Σχήμα 4.8: Γράφημα κατανομής

4.1.5 Uniform distribution

Ομοιόμορφη κατανομή.



Σχήμα 4.9: Uniform distribution



Σχήμα 4.10: Γράφημα κατανομής

4.2 Συνεχή κριτήρια

Οι κατανομές βάσει των οποίων μπορούν να αξιολογηθούν πάνω στα συνεχή κριτήρια οι δράσεις είναι αυτές που περιγράφονται στις ακόλουθες παραγράφους.

4.2.1 Discrete distribution

Διακριτή κατανομή με άθροισμα πιθανοτήτων ίσο με τη μονάδα.

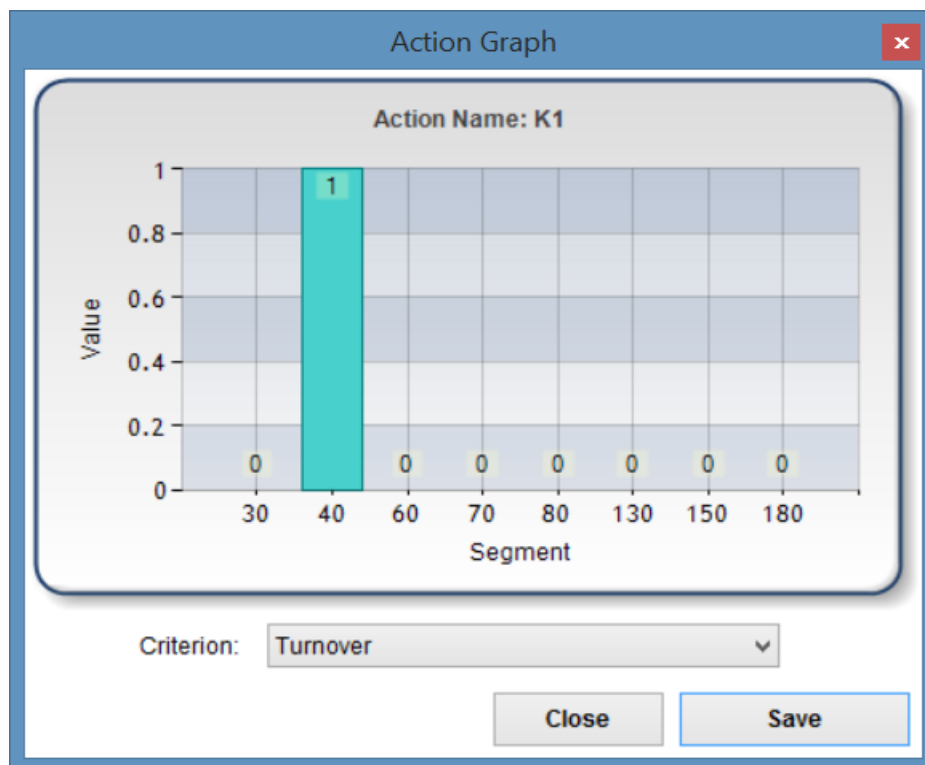
Continuous Discrete Distribution

Acceptable probability.
The current total is 1

Segment Name	Probability
30	0
40	1
60	0
70	0
80	0
130	0
150	0
180	0

Close Accept

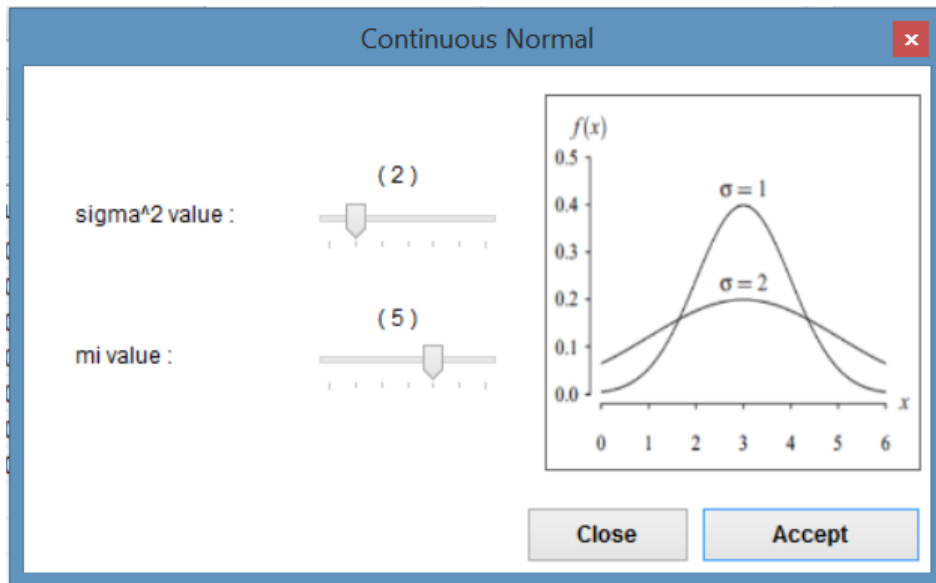
Σχήμα 4.11: Discrete distribution



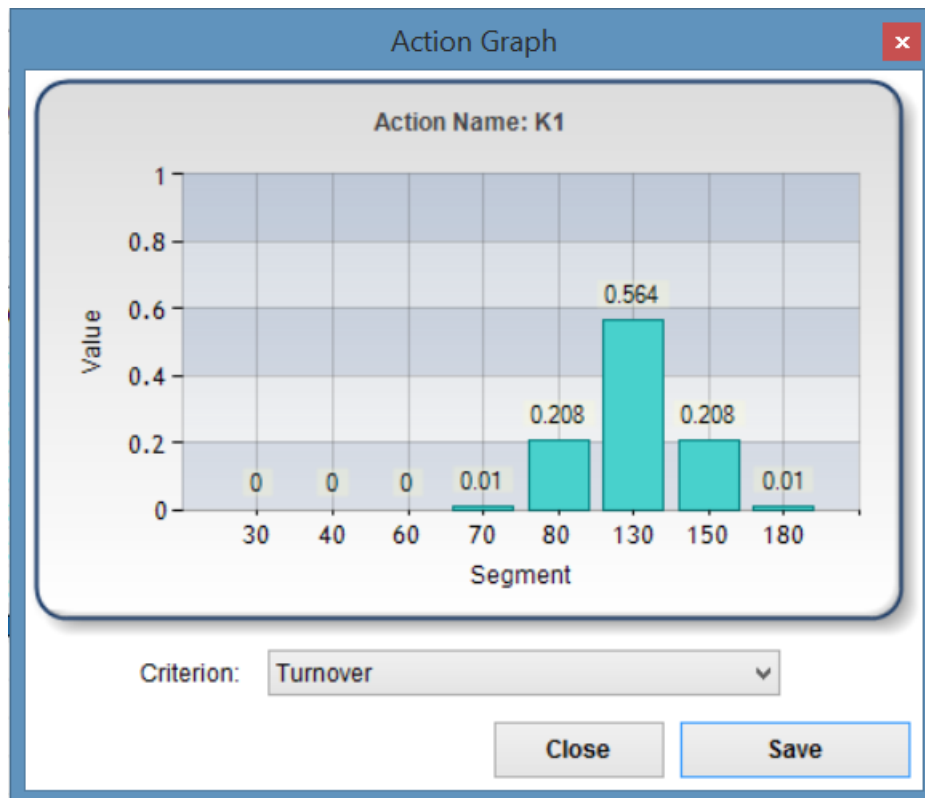
Σχήμα 4.12: Γράφημα κατανομής

4.2.2 Normal distribution

Κανονική κατανομή.



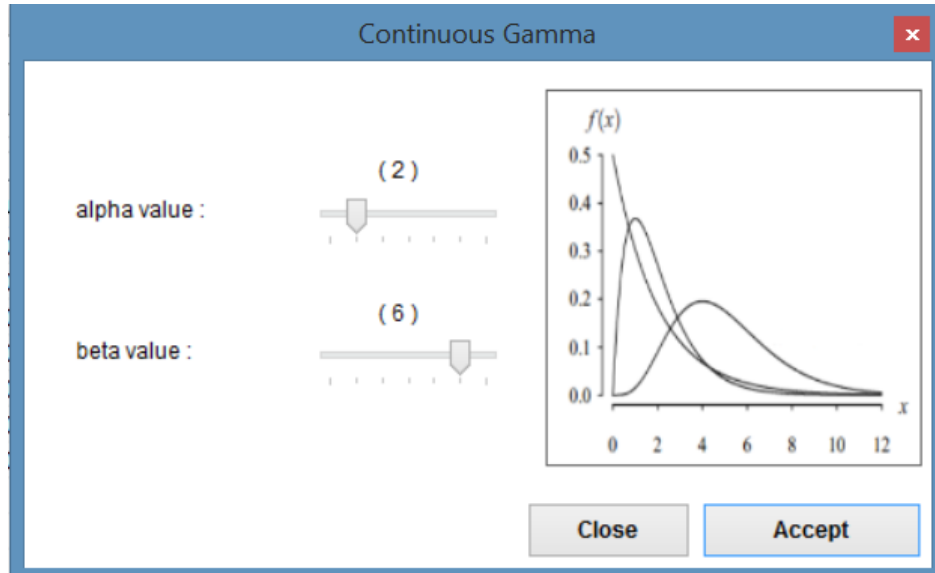
Σχήμα 4.13: Normal distribution



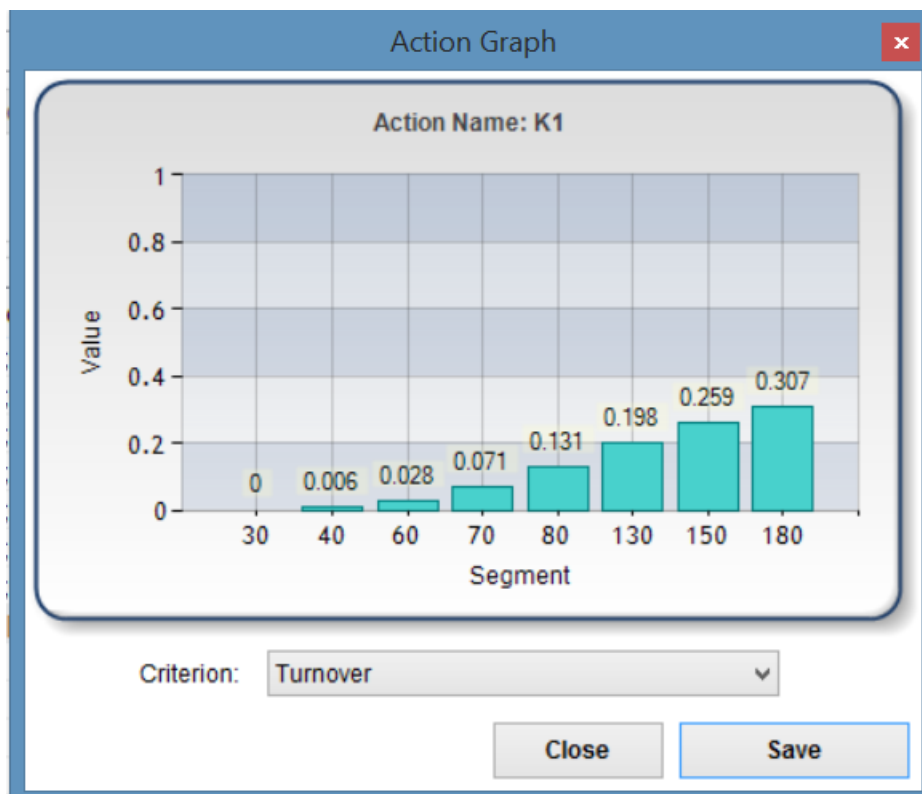
Σχήμα 4.14: Γράφημα κατανομής

4.2.3 Gamma distribution

Γάμμα κατανομή.



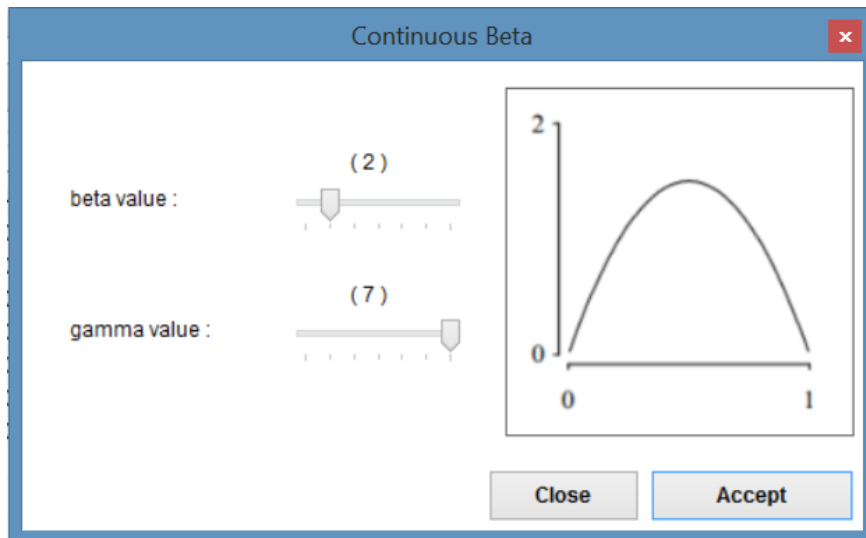
Σχήμα 4.15: Gamma distribution



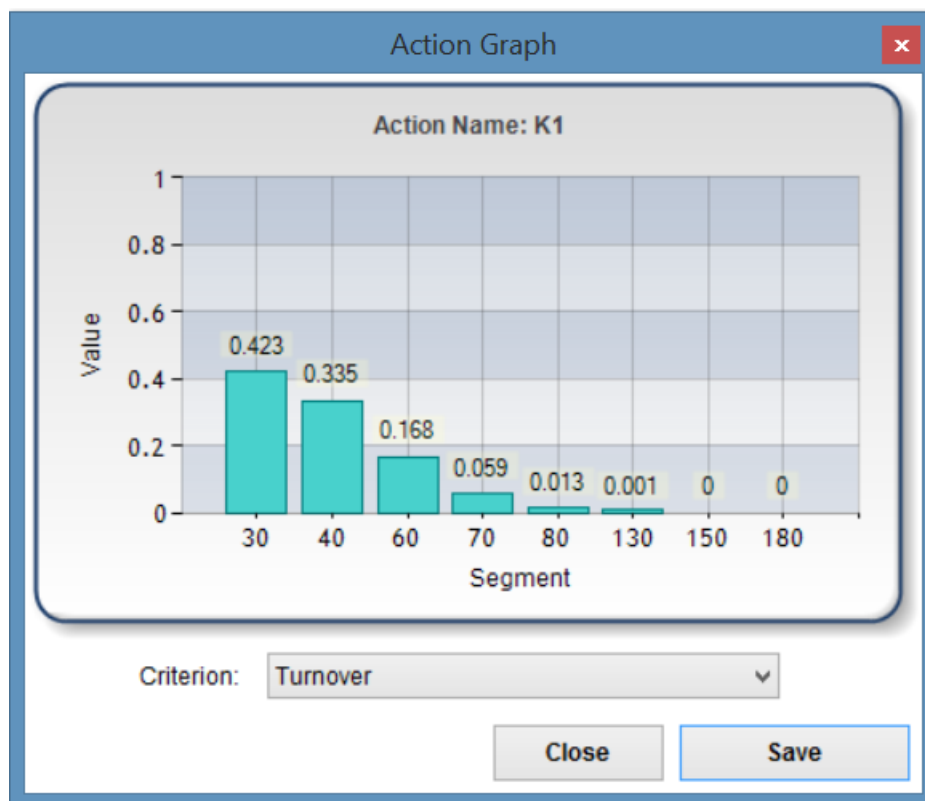
Σχήμα 4.16: Γράφημα κατανομής

4.2.4 Beta distribution

Βήτα κατανομή.



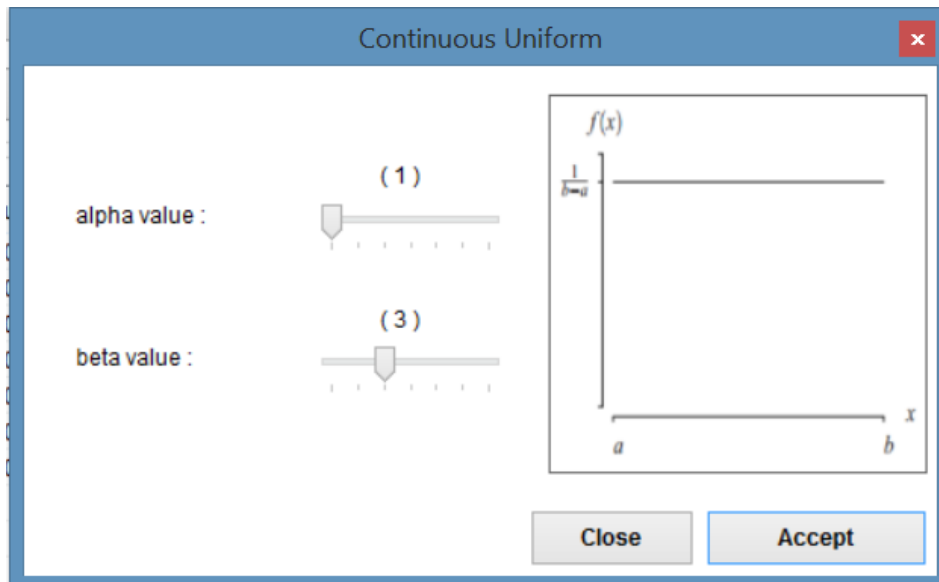
Σχήμα 4.17: Beta distribution



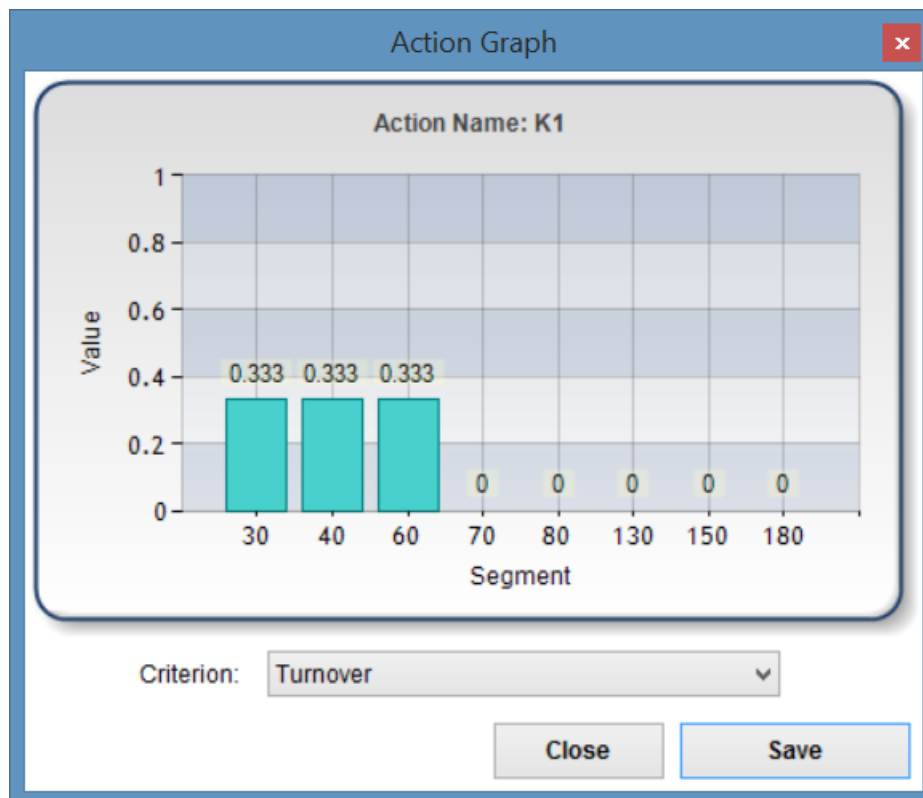
Σχήμα 4.18: Γράφημα κατανομής

4.2.5 Uniform distribution

Ομοιόμορφη κατανομή.



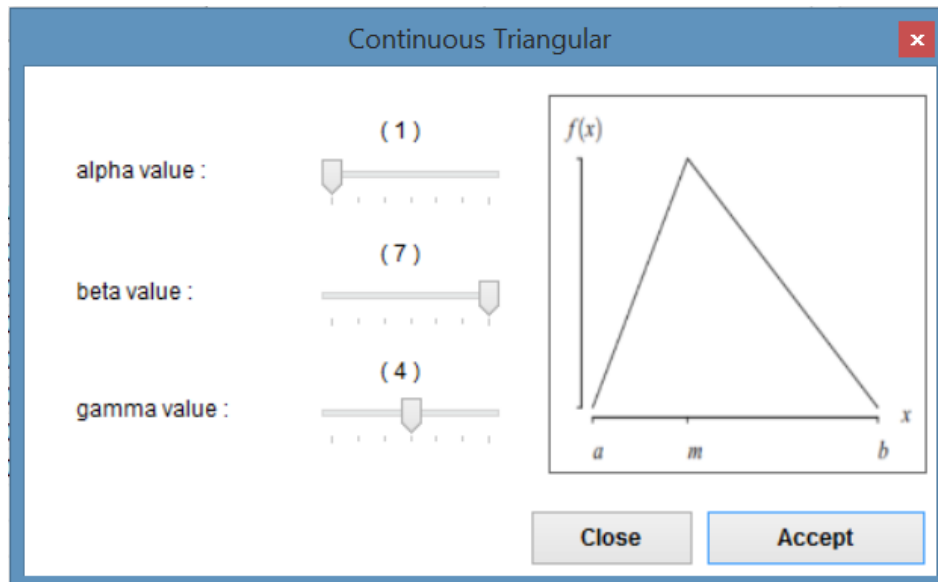
Σχήμα 4.19: Uniform distribution



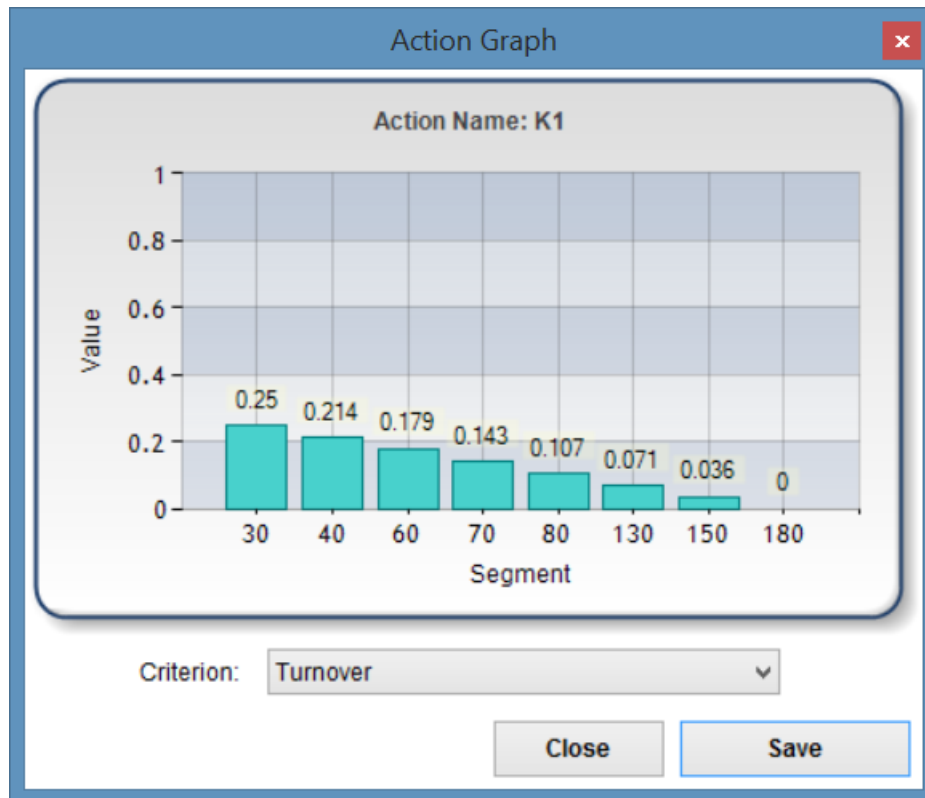
Σχήμα 4.20: Γράφημα κατανομής

4.2.6 Triangular distribution

Τριγωνική κατανομή.



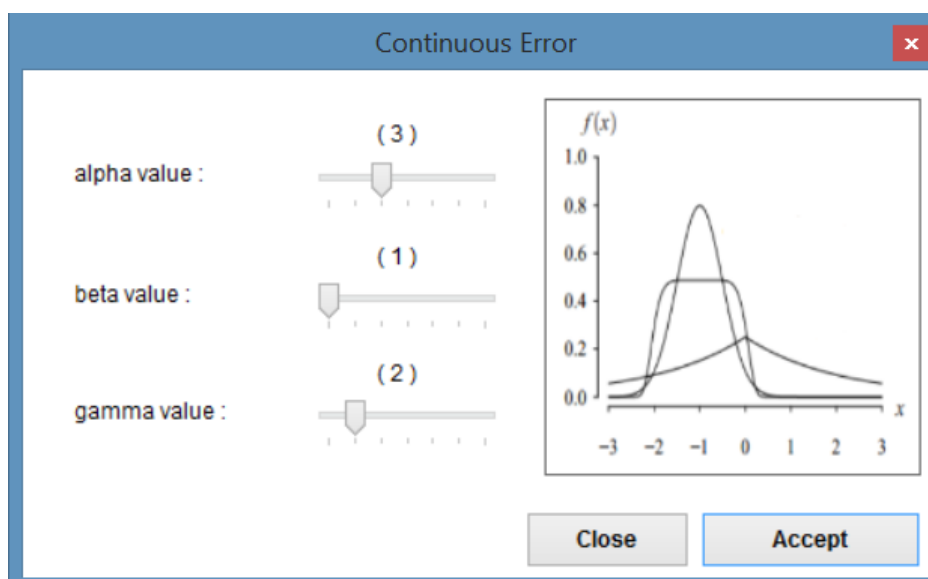
Σχήμα 4.21: Triangular distribution



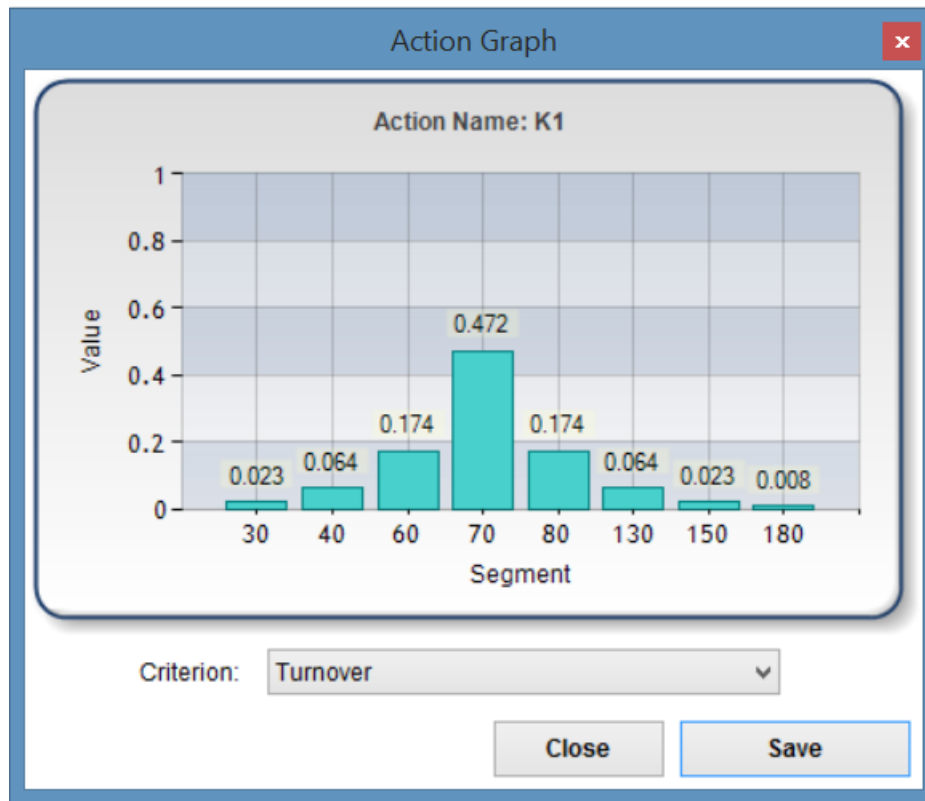
Σχήμα 4.22: Γράφημα κατανομής

4.2.7 Error distribution

Error κατανομή.



Σχήμα 4.23: Error distribution



Σχήμα 4.24: Γράφημα κατανομής

5. Άλλες λειτουργίες

5.1 Τύποι κριτηρίων

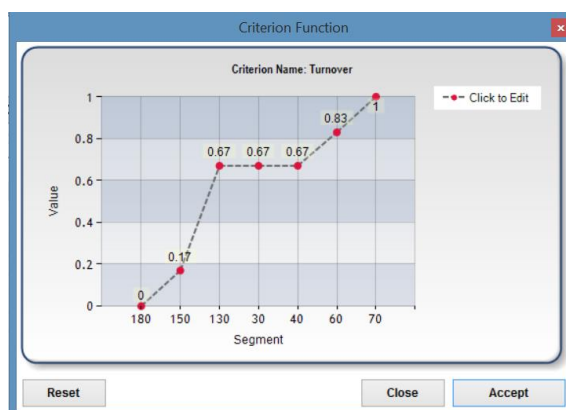
Το σύστημα Τάλως υποστηρίζει δυο τύπους κριτηρίων, τα συνεχή και τα διακριτά. Για τα συνεχή κριτήρια δίνεται εύρος από-έως και αριθμός εκτιμώμενων τμημάτων (segments). Επίσης, τα συνεχή κριτήρια έχουν την επιλογή Define Best Value για τον ορισμό καλύτερης τιμής του κριτηρίου. Για τα διακριτά κριτήρια δίνεται μόνο ο αριθμός των εκτιμώμενων τμημάτων.

5.2 Μονοτονία κριτηρίου

Στο Τάλως μπορεί να επιλεγεί το κριτήριο να είναι αύξων ή φθίνων. Δηλαδή, από το 1 έως το 5 η καλύτερη τιμή να είναι το 5 και από το 1 έως το 5 η καλύτερη τιμή να είναι το 1. Εσωτερικά το σύστημα, όταν έρθει η φάση της επίλυσης του προβλήματος, τα αντιμετωπίζει όλα τα κριτήρια σαν αύξοντα.

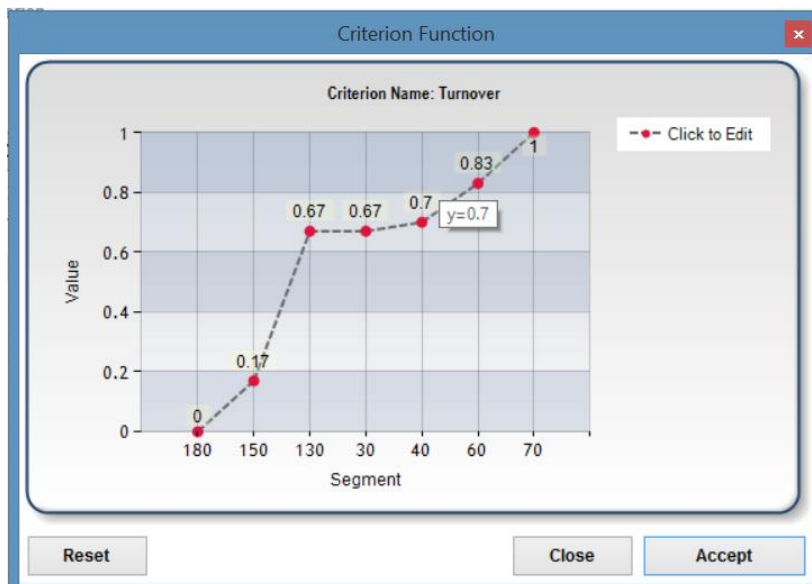
5.3 Criterion function

Από τη φόρμα List of Criteria και κάνοντας δεξί κλικ πάνω στη λίστα των κριτηρίων εμφανίζεται η επιλογή Define Criterion Function. Με την επιλογή αυτή γίνεται ο ορισμός εκ των προτέρων της μερικής συνάρτησης χρησιμότητας του κριτηρίου. Η επιλογή αυτή ανοίγει την αντίστοιχη φόρμα όπως φαίνεται και παρακάτω.



Σχήμα 5.1: Criterion function #1

Πατώντας το αριστερό κουμπί του ποντικιού πάνω σε μία από τις κόκκινες κουκίδες των segments του κριτηρίου και σέρνοντας το αλλάζει η τιμή της συνάρτησης.



Σχήμα 5.2: Criterion function #2

5.4 Επιλογή καλύτερης τιμής ενός κριτηρίου

Στη φόρμα Criteria List, πατώντας δεξί κλικ στη λίστα με τα κριτήρια, αν το κριτήριο είναι συνεχές, ανοίγει η φόρμα για την επιλογή της καλύτερης τιμής ενός κριτηρίου.

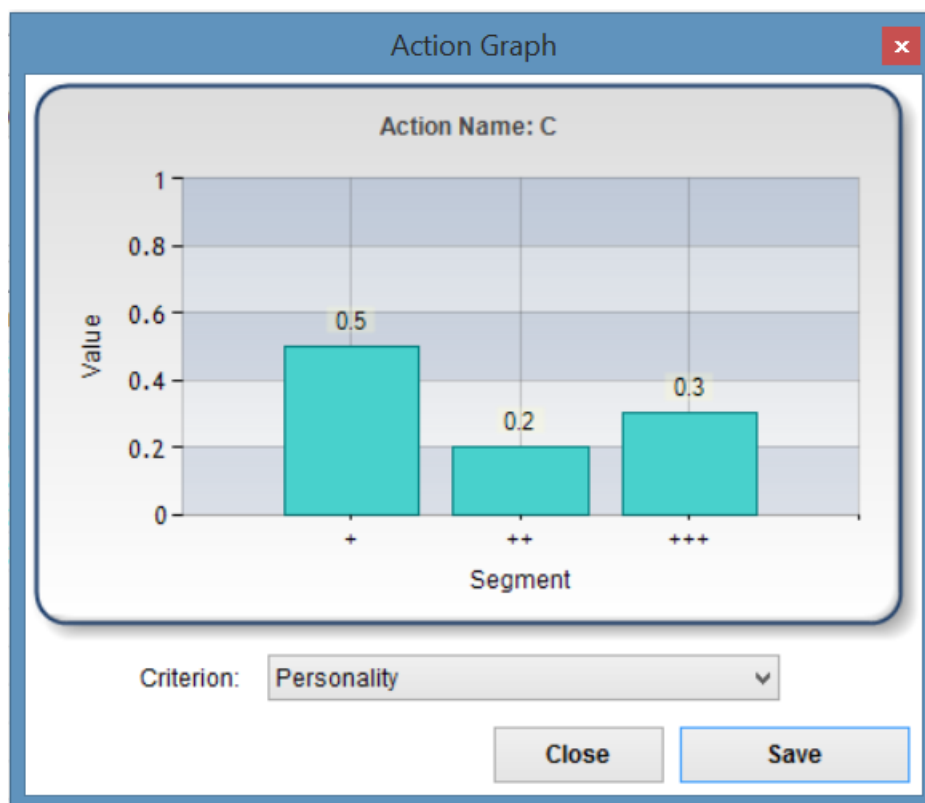
Turnover	Thousan...	Continuous	Increasing	
Store	-	Discrete	Decreasing	Define Best Value
Management	-	Discrete	Decreasing	Define Criterion Function

Σχήμα 5.3: Ορισμός καλύτερης τιμής ενός κριτηρίου

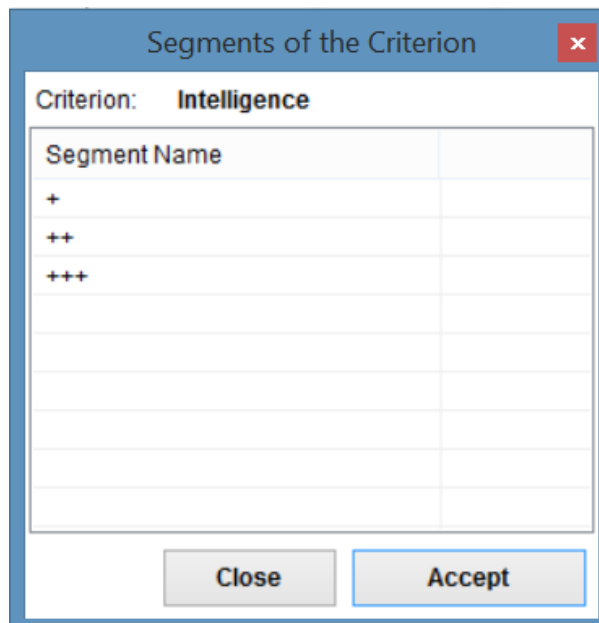
Σχήμα 5.4: Φόρμα καλύτερης τιμής ενός κριτηρίου

5.5 Action graph

Σε όλες τις λίστες με δράσεις, πατώντας διπλό αριστερό κλικ με το ποντίκι, εμφανίζεται το Action Graph που προβάλλει την αξιολόγηση της κάθε δράσης πάνω σε όλα τα κριτήρια.

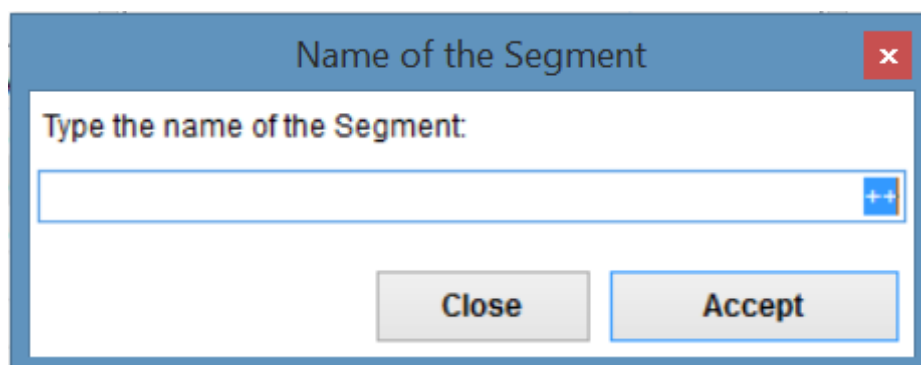


Σχήμα 5.5: Action graph



Σχήμα 6.2: Segments names

Πατώντας διπλό αριστερό κλικ πάνω στο επιλεγμένο εκτιμώμενο τμήμα, αλλάζει το όνομά του.



Σχήμα 6.3: Αλλαγή segment name

6.2 Προσθήκη δράσης

Το επόμενο βήμα είναι η επιλογή των εναλλακτικών δράσεων.

Action Name	[Personality]	[Intelligence]	[Experience]
A	dsc [0.3;0.4;0.3]	dsc [0.2;0.6;0.2]	dsc [0.3;0.6;0.1]
B	dsc [0.1;0.1;0.8]	dsc [0.3;0.5;0.2]	dsc [0.7;0.2;0.1]
C	dsc [0.5;0.2;0.3]	dsc [0;0.2;0.8]	dsc [0;0.7;0.3]
D	dsc [0.1;0.3;0.6]	dsc [0.4;0.4;0.2]	dsc [0;0.1;0.9]
E	dsc [0.4;0.4;0.2]	dsc [0.3;0.5;0.2]	dsc [0.4;0.4;0.2]
F	dsc [0.2;0.5;0.3]	dsc [0.4;0.5;0.1]	dsc [0.5;0.4;0.1]

Σχήμα 6.4: Εναλλακτικές δράσεις

Για να προστεθεί μια δράση, πρώτα θα πρέπει να πληκτρολογηθεί το όνομα αυτής. Στη συνέχεια να επιλεγούν οι κατανομές με βάση τις οποίες θα αξιολογηθεί η δράση πάνω σε όλα τα κριτήρια.

Σχήμα 6.5: Δημιουργία νέας δράσης

Για τα διακριτά κριτήρια οι κατανομές που μπορεί να χρησιμοποιηθούν είναι:

- Discrete Distribution
- Binomial Distribution
- Beta-Binomial Distribution
- Gamma-Poisson Distribution
- Uniform Distribution

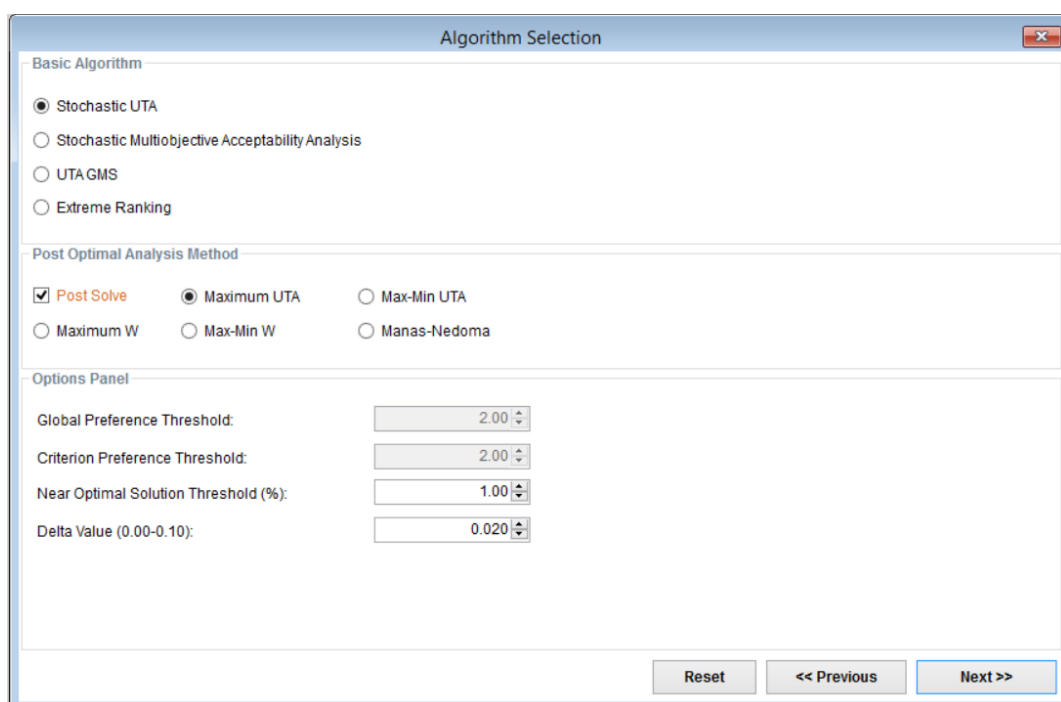
Για τα συνεχή κριτήρια οι κατανομές που μπορεί να χρησιμοποιηθούν είναι:

- Discrete Distribution
- Normal Distribution
- Gamma Distribution
- Beta Distribution

- Uniform Distribution
- Triangular Distribution
- Error Distribution

6.3 Επιλογή αλγορίθμου

Στο βήμα αυτό γίνεται η επιλογή των αλγορίθμων που θα λύσουν το πρόβλημα. Οι αλγόριθμοι χωρίζονται σε βασικούς και σε αλγόριθμους μεταβελτιστοποίησης.



Σχήμα 6.6: Algorithm selection

Ως βασικοί αλγόριθμοι έχουν επιλεγεί οι:

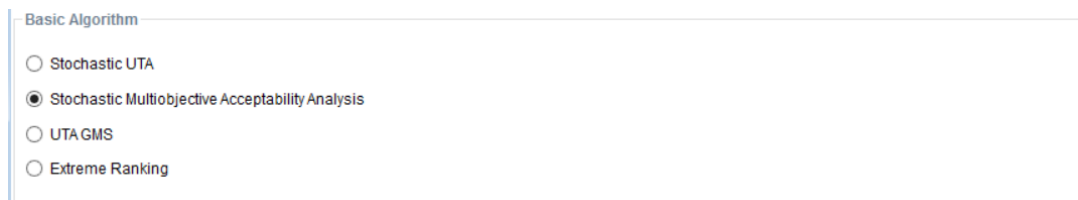
- Stochastic UTA,
- Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis (SMAA)
- UTA GMS
- Extreme Ranking.

Όταν επιλεγεί η μέθοδος Stochastic UTA υπάρχει η δυνατότητα εύρεσης μεταβέλτιστων λύσεων με μια από τις παρακάτω μεθόδους:

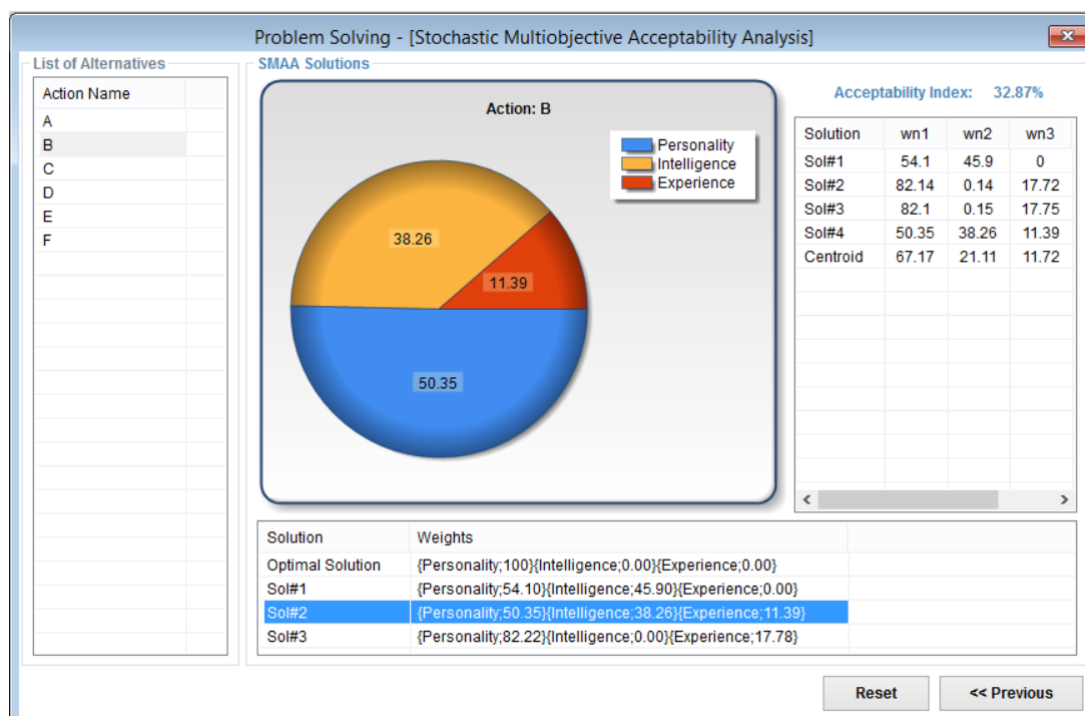
- Maximum UTA
- Max-Min UTA
- Maximum W
- Max-Min W
- Manas-Nedoma

Η μέθοδος Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis κάνει ανάλυση μεταβελτιστοποίησης με τη μέθοδο Manas-Nedoma.

Η μέθοδος SMAA δε χρειάζεται κατάταξη δράσεων, και μετεφέρεται κατευθείαν στα αποτελέσματα πατώντας το κουμπί Next.



Σχήμα 6.7: Επιλογή μεθόδου SMAA



Σχήμα 6.8: Μέθοδος SMAA

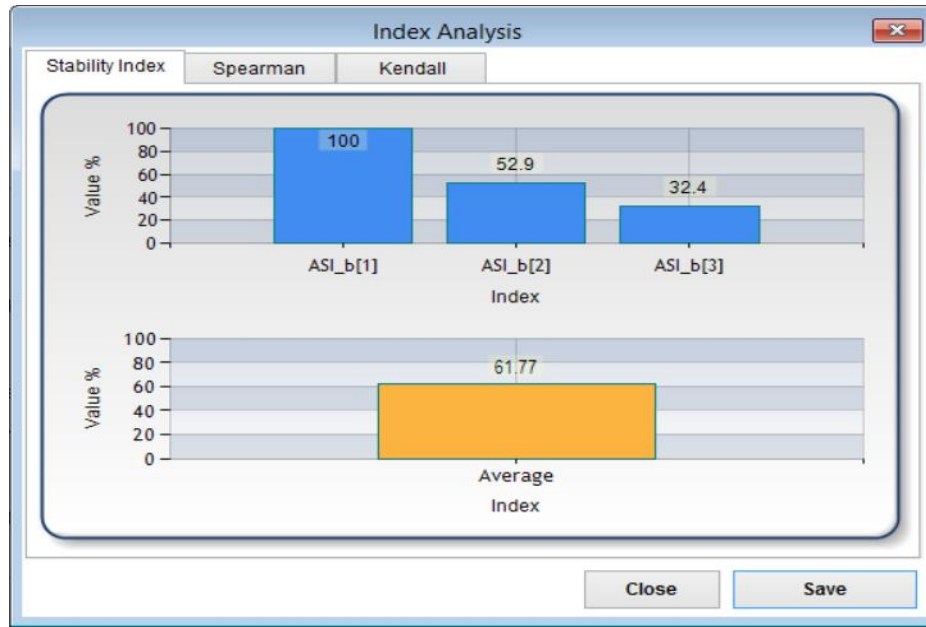
Στη μέθοδο αυτή εμφανίζεται ο Acceptability Index.

6.4 Κατάταξη δράσεων

Αν επιλεγεί η μέθοδος Stochastic UTA, η μέθοδος UTA GMS ή η μέθοδος Extreme Ranking, θα πρέπει να γίνει κατάταξη των δράσεων.

Στη μέθοδο Stochastic UTA εμφανίζονται τα κουμπιά Index Analysis και Profile of the Preference Model.

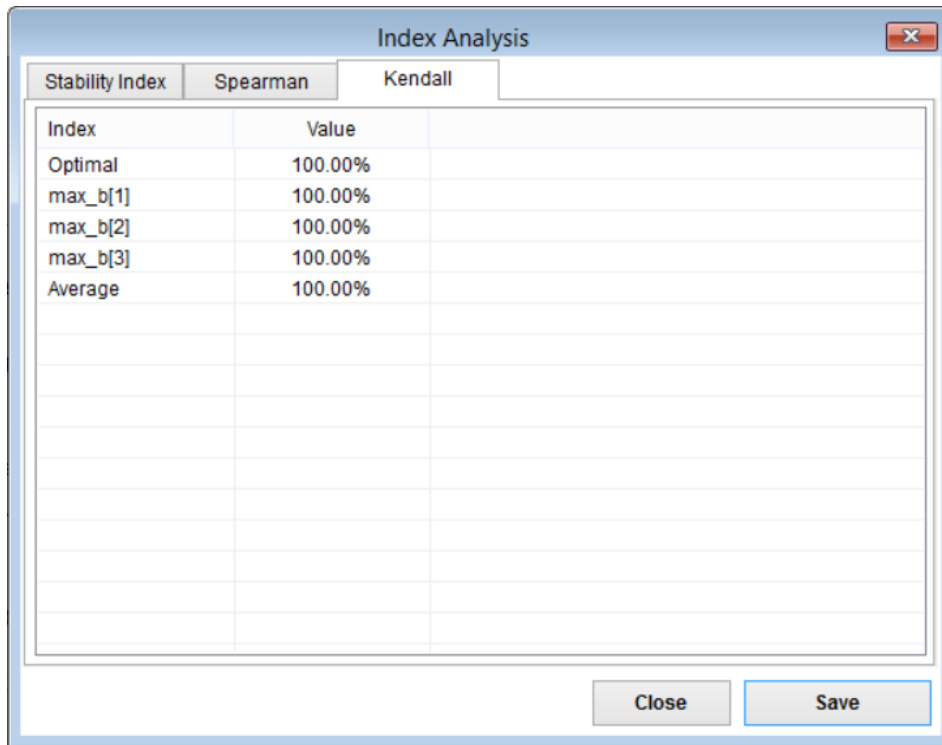
Το Index Analysis, προβάλλει αντίστοιχη φόρμα με τους δείκτες Stability Index, Spearman και Ταυ του Kendall.



Σχήμα 6.11: Stability index

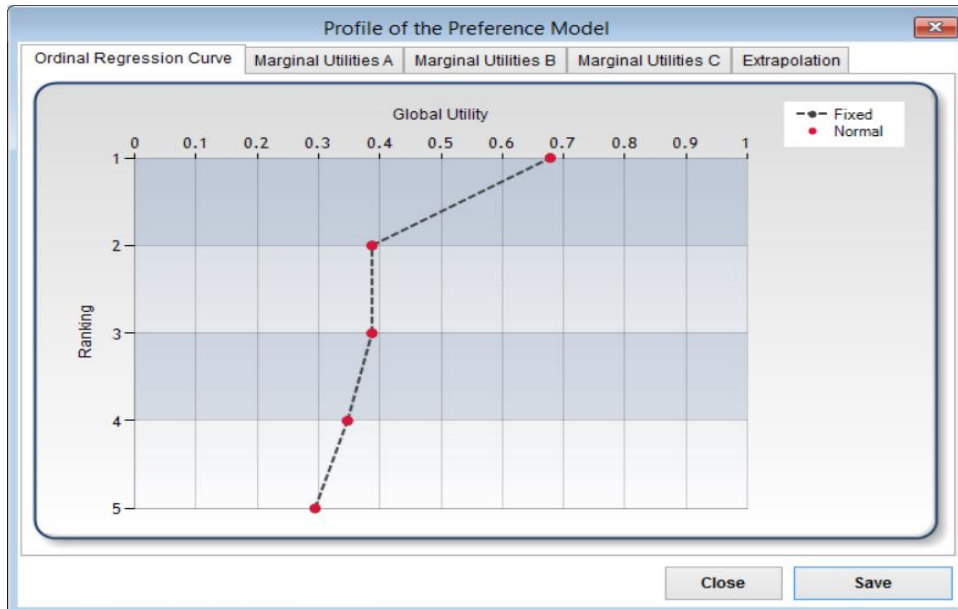
Index	Value
Optimal	100.00%
max_b[1]	100.00%
max_b[2]	100.00%
max_b[3]	100.00%
Average	100.00%

Σχήμα 6.12: Spearman index

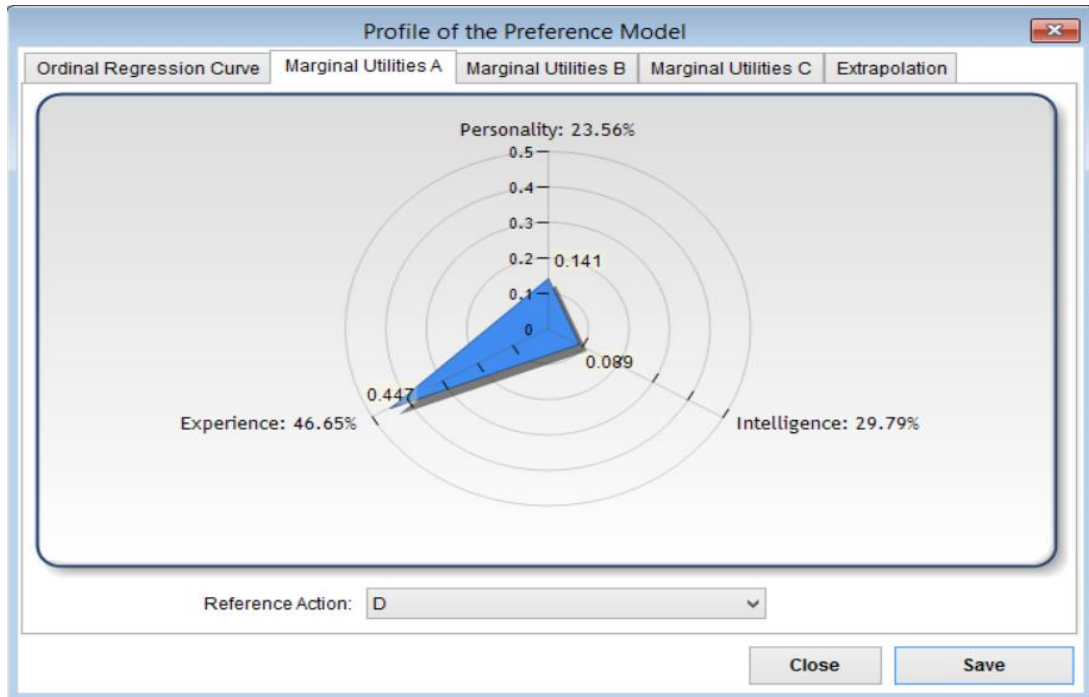


Σχήμα 6.13: Kendall's τ index

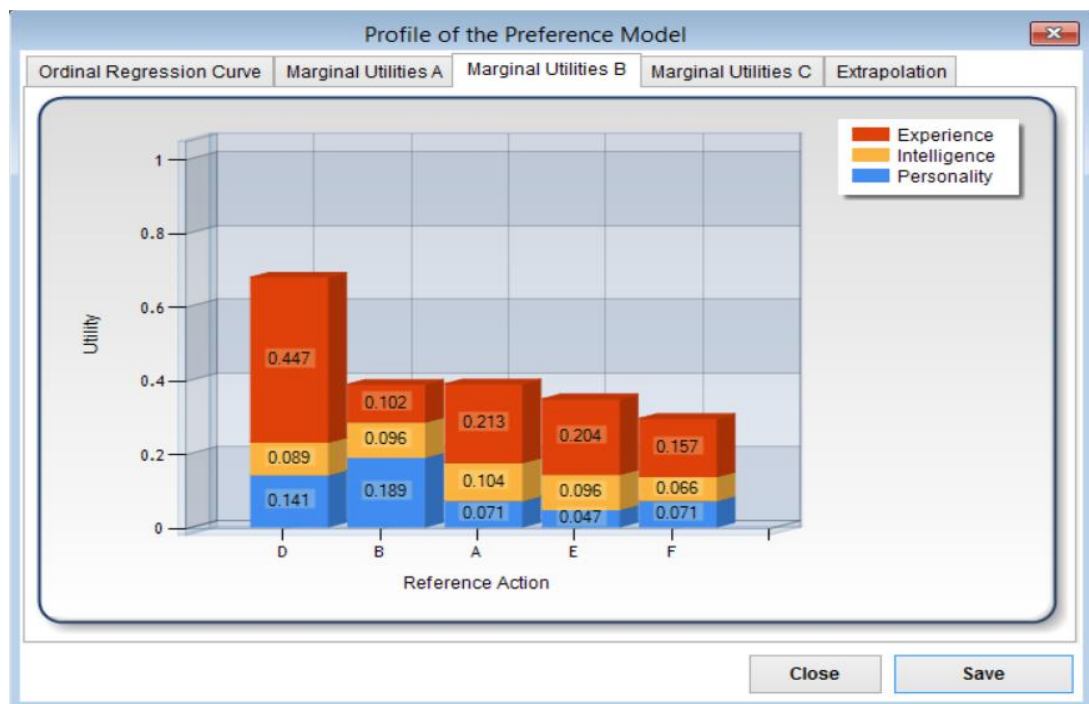
Το Profile of the Preference Model, προβάλει το μοντέλο απόφασης του αποφασίζοντα.



Σχήμα 6.14: Ordinal regression curve



Σχήμα 6.15: Marginal utilities A (radar chart)

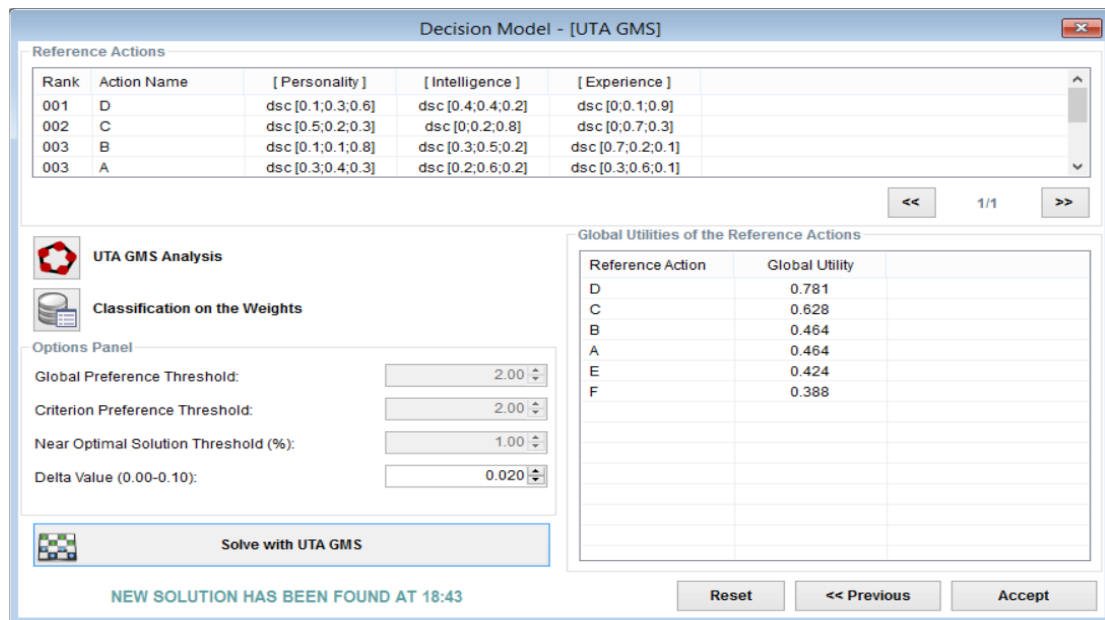


Σχήμα 6.16: Marginal utilities B



Σχήμα 6.17: Marginal utilities C (κανονικοποιημένες στη μονάδα)

Στη μέθοδο UTA GMS εμφανίζονται τα κουμπιά UTA GMS Analysis και Classification on the Weights.



Σχήμα 6.18: UTA GMS decision model

Το κουμπί UTA GMS Analysis προβάλλει τη φόρμα με την ανάλυση της μεθόδου.

The screenshot shows a window titled "UTA GMS Analysis" with a "Data Analysis" tab. It contains a table with the following data:

Solution	Objective	a	N	b	a	P	b
max[U(D)-U(C)]	0.352	D	> N	C	D	> P	C
max[U(C)-U(D)]	-0.02						
max[U(D)-U(B)]	0.5	D	> N	B	D	> P	B
max[U(B)-U(D)]	-0.113						
max[U(D)-U(A)]	0.5	D	> N	A	D	> P	A
max[U(A)-U(D)]	-0.113						
max[U(D)-U(E)]	0.52	D	> N	E	D	> P	E
max[U(E)-U(D)]	-0.173						
max[U(D)-U(F)]	0.567	D	> N	F	D	> P	F
max[U(F)-U(D)]	-0.192						
max[U(C)-U(B)]	0.309	C	> N	B	C	> P	B
max[U(B)-U(C)]	-0.094						
max[U(C)-U(A)]	0.309	C	> N	A	C	> P	A
max[U(A)-U(C)]	-0.093						
max[U(C)-U(E)]	0.329	C	> N	E	C	> P	E
max[U(E)-U(C)]	-0.12						
max[U(C)-U(F)]	0.39	C	> N	F	C	> P	F

Buttons: Close, Save

Σχήμα 6.19: UTA GMS analysis form

Το κουμπί Classification on the Weights προβάλλει τη χρησιμότητα των δράσεων πάνω σε όλα τα κριτήρια του προβλήματος.

The screenshot shows a window titled "Classification on the Weights" with tabs for "Personality", "Intelligence", and "Experience". The "Intelligence" tab is active, showing a table with the following data:

Order	Alternative	Value	u(a)	u(g)
0	a	0	u1(a)	
2	C	1.8	u1(C)	u1({{+}0.5;{++}0.2;...
5	E	1.8	u1(E)	u1({{+}0.4;{++}0.4;...
4	A	2	u1(A)	u1({{+}0.3;{++}0.4;...
6	F	2.1	u1(F)	u1({{+}0.2;{++}0.5;...
1	D	2.5	u1(D)	u1({{+}0.1;{++}0.3;...
3	B	2.7	u1(B)	u1({{+}0.1;{++}0.1;...
7	b	3	u1(b)	

Buttons: Close

Σχήμα 6.20: Classification on the weights form

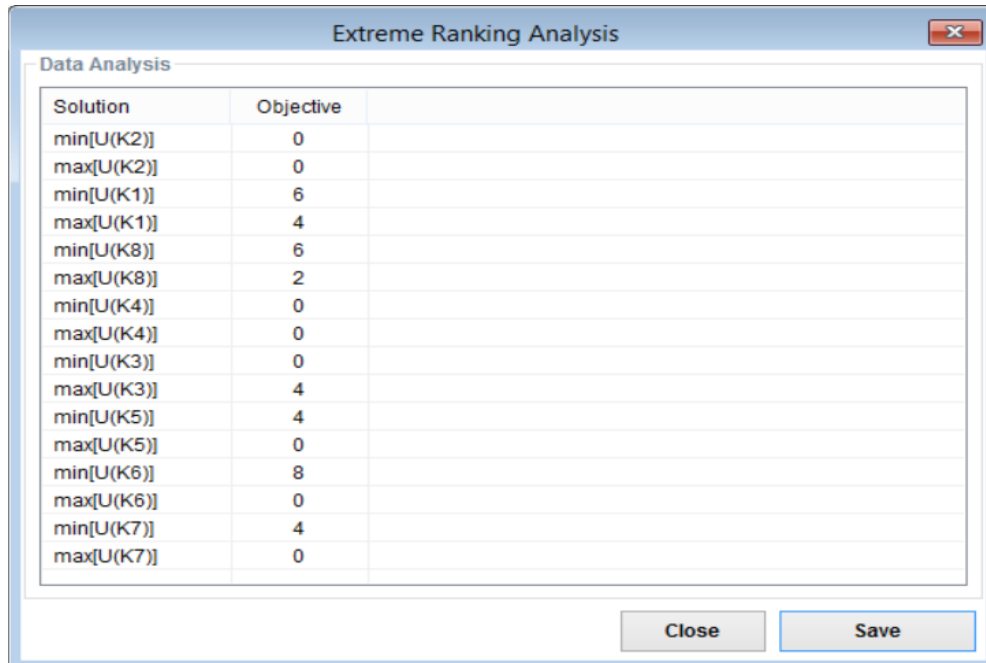
Στη μέθοδο Extreme Ranking εμφανίζονται τα κουμπιά Extreme Ranking Analysis και Classification on the Weights.

Rank	Action Name	[Personality]	[Intelligence]	[Experience]
001	D	dsc [0.1;0.3;0.6]	dsc [0.4;0.4;0.2]	dsc [0;0.1;0.9]
002	C	dsc [0.5;0.2;0.3]	dsc [0;0.2;0.8]	dsc [0;0.7;0.3]
003	B	dsc [0.1;0.1;0.8]	dsc [0.3;0.5;0.2]	dsc [0.7;0.2;0.1]
003	A	dsc [0.3;0.4;0.3]	dsc [0.2;0.6;0.2]	dsc [0.3;0.6;0.1]

Reference Action	Global Utility
D	0.750
C	0.653
B	0.489
A	0.489
E	0.447
F	0.416

Σχήμα 6.21: Extreme ranking decision model

Το κουμπί Extreme Ranking Analysis προβάλλει τη φόρμα με την ανάλυση της μεθόδου.

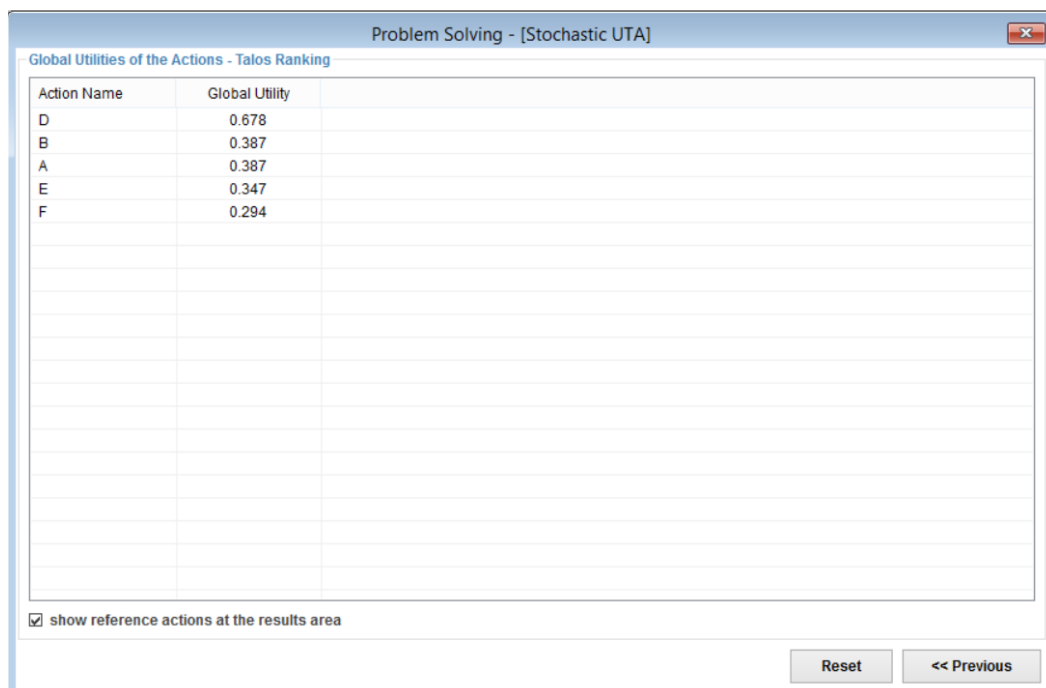


The screenshot shows a window titled "Extreme Ranking Analysis" with a sub-header "Data Analysis". It contains a table with two columns: "Solution" and "Objective". The table lists 14 different solutions with their corresponding objective values. At the bottom of the window, there are "Close" and "Save" buttons.

Solution	Objective
min[U(K2)]	0
max[U(K2)]	0
min[U(K1)]	6
max[U(K1)]	4
min[U(K8)]	6
max[U(K8)]	2
min[U(K4)]	0
max[U(K4)]	0
min[U(K3)]	0
max[U(K3)]	4
min[U(K5)]	4
max[U(K5)]	0
min[U(K6)]	8
max[U(K6)]	0
min[U(K7)]	4
max[U(K7)]	0

Σχήμα 6.22: Extreme ranking analysis form

Αφού γίνει accepted το μοντέλο απόφασης, η τελευταία φόρμα δείχνει την ολική χρησιμότητα όλων των εναλλακτικών δράσεων.



The screenshot shows a window titled "Problem Solving - [Stochastic UTA]" with a sub-header "Global Utilities of the Actions - Talos Ranking". It contains a table with two columns: "Action Name" and "Global Utility". The table lists five actions (D, B, A, E, F) with their respective global utility values. At the bottom, there is a checkbox labeled "show reference actions at the results area" which is checked, and "Reset" and "<< Previous" buttons.

Action Name	Global Utility
D	0.678
B	0.387
A	0.387
E	0.347
F	0.294

Σχήμα 6.23: Ολική χρησιμότητα εναλλακτικών δράσεων

7. Μια πιλοτική εφαρμογή του συστήματος

7.1 Παρουσίαση του προβλήματος

Σύμφωνα με μια σειρά περιβαλλοντικών κανόνων που έχουν γίνει αποδεκτές από την Γαλλική Δημοκρατία, για να κατασκευαστεί ένας νέος δρόμος, θα πρέπει πρώτα να έχει γίνει περιβαλλοντική μελέτη για τις επιπτώσεις που θα έχει η νέα χάραξη στο τοπικό περιβάλλον. Για να γίνει σωστή περιβαλλοντική μελέτη, οι αναλυτές του προβλήματος (Marchet & Siskos), χώρισαν την περιοχή ανάμεσα στις δυο πόλεις σε 58 ομοιογενείς ζώνες, όπως φαίνεται στην εικόνα 8.1. Κάθε εναλλακτική διαδρομή ανάμεσα στις δυο αυτές πόλεις, αποτελείται από ένα σύνολο ζωνών. Συνολικά μετρήθηκαν 4040 εναλλακτικές διαδρομές.

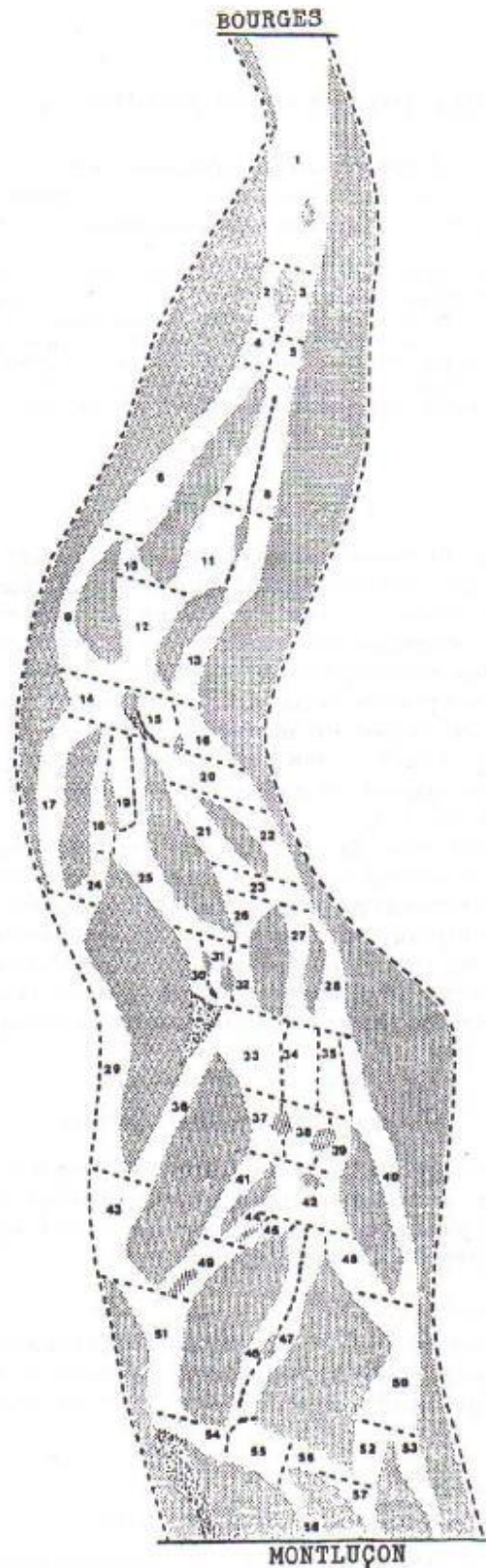
Τα κριτήρια με βάση τα οποία θα αξιολογηθούν οι εναλλακτικές διαδρομές, όπως τα όρισαν οι ειδικοί, παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Human Occupation** (Ανθρώπινη δραστηριότητα): Αναφέρεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες που έχουν σχέση με το περιβάλλον (π.χ. γραμμές μεταφορών, κτηριακά συγκροτήματα κλπ).
- **Protection of the natural environment** (Προστασία του φυσικού περιβάλλοντος): Για παράδειγμα επιφανειακά νερά, χλωρίδα, πανίδα, κλπ.
- **Production** (Παραγωγή): Η παραγωγή αγροτικών προϊόντων και ξυλείας.
- **Landscape** (Τοπίο): Ένα κριτήριο που αφορά ζώνες οι οποίες έχουν ιδιαίτερη ευαισθησία ή προσελκύουν τουρίστες.

Στη συνέχεια οι ειδικοί εκτίμησαν κάθε ζώνη με βάση τα κριτήρια χρησιμοποιώντας την παρακάτω ποιοτική κλίμακα:

+++++	πολύ ευαίσθητο περιβάλλον
++++	ευαίσθητο περιβάλλον
+++	αρκετά ευαίσθητο περιβάλλον
++	λίγο ευαίσθητο περιβάλλον
+	πολύ λίγο ευαίσθητο περιβάλλον
0	μη ευαίσθητο περιβάλλον

Για να μπορέσουν οι ειδικοί να εκτιμήσουν τις συναρτήσεις χρησιμότητας των τεσσάρων κριτηρίων, και κατά συνέπεια να υπολογίσουν τις ολικές χρησιμότητες των εναλλακτικών διαδρομών, δημιούργησαν επτά υποθετικές διαδρομές τις οποίες κατέταξαν με βάση την περιβαλλοντική καταστροφή που θα προκαλούσαν (από την καλύτερη στη χειρότερη).



Σχήμα 7.1: Χάρτης της περιοχής

Οι επτά υποθετικές εναλλακτικές διαδρομές παρουσιάζονται στον πίνακα 7.1.

Πίνακας 7.1: Υποθετικές εναλλακτικές διαδρομές

Τίτλος	Διαδρομή
u ₁	1-3-5-7-11-12-15-20-21-23-26-32-33-37-41-49-51-54-55-58
u ₂	1-2-4-7-11-12-15-20-21-23-26-32-33-37-41-49-51-54-55-58
u ₃	1-3-5-7-11-12-15-20-21-23-27-33-37-41-49-51-54-55-58
u ₄	1-3-5-7-11-12-15-20-21-23-26-32-33-37-42-45-49-51-54-55-58
u ₅	1-3-5-7-11-12-15-20-21-23-24-32-33-37-42-46-55-58
u ₆	1-3-5-7-11-12-14-25-32-33-37-41-49-51-54-55-58
u ₇	1-3-5-6-9-15-20-21-23-26-32-33-37-41-49-51-54-55-58

Στη συνέχεια ακολουθεί η μοντελοποίηση του παραπάνω προβλήματος και η εισαγωγή του στο σύστημα Τάλως. Το σύστημα Τάλως χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Stochastic UTA θα υπολογίσει τις συναρτήσεις χρησιμότητας των κριτηρίων, και έτσι οι αναλυτές θα έχουν τη δυνατότητα να κατατάξουν τις εναλλακτικές διαδρομές του προβλήματος και να επιλέξουν την καλύτερη.

7.2 Εισαγωγή των δεδομένων

Παρακάτω παρουσιάζονται τα δεδομένα που θα εισαχθούν στο σύστημα Τάλως. Το σύστημα Τάλως θα μας επιστέψει τις συναρτήσεις χρησιμότητας των κριτηρίων και στη συνέχεια ο αναλυτής θα μπορέσει να εκτιμήσει τις ολικές χρησιμότητες όλων των εναλλακτικών διαδρομών και να επιλέξει την καλύτερη.

Στον πίνακα 7.2 παρουσιάζονται τα κριτήρια, στον πίνακα 7.3 παρουσιάζονται οι υποθετικές δράσεις και στον πίνακα 7.4 παρουσιάζεται η κατάταξη των δράσεων του προβλήματος.

Πίνακας 7.2: Κριτήρια

Κριτήριο	Τύπος	Αριθμός εκτιμώμενων σημείων
Human occupation	Ποιοτικό	6 {+++++,++++,+++,++,+,0}
Protection of the natural environment	Ποιοτικό	6 {+++++,++++,+++,++,+,0}
Production	Ποιοτικό	6 {+++++,++++,+++,++,+,0}
Landscape	Ποιοτικό	6 {+++++,++++,+++,++,+,0}

Πίνακας 7.3: Υποθετικές διαδρομές

Δράση	Κατανομή πιθανοτήτων			
	Human occupation	Protection of the natural environment	Production	Landscape
u ₁	{0, 0, 0,2, 0,425, 0,275, 0,1}	{0, 0, 0,225, 0,325, 0,2, 0,25}	{0, 0,15, 0,325, 0,175, 0,1, 0,25}	{0, 0,05, 0,4, 0,35, 0,1, 0,1}
u ₂	{0, 0, 0,2, 0,425, 0,275, 0,1}	{0, 0,05, 0,225, 0,3, 0,175, 0,25}	{0, 0,15, 0,325, 0,175, 0,1, 0,25}	{0, 0,05, 0,1, 0,3, 0,1, 0,15}
u ₃	{0, 0, 0,158, 0,421, 0,316, 0,105}	{0, 0, 0,237, 0,343, 0,21, 0,21}	{0, 0,158, 0,318, 0,156, 0,105, 0,263}	{0, 0,079, 0,395, 0,368, 0,105, 0,053}
u ₄	{0, 0,191, 0,452, 0,262, 0,095, 0}	{0, 0, 0,214, 0,334, 0,214, 0,238}	{0, 0,143, 0,286, 0,143, 0,19, 0,238}	{0, 0,048, 0,429, 0,357, 0,071, 0,095, 0,053}
u ₅	{0, 0, 0,167, 0,417, 0,305, 0,111}	{0, 0,028, 0,278, 0,278, 0,194, 0,222}	{0, 0,167, 0,333, 0,139, 0,167, 0,194}	{0, 0,056, 0,444, 0,389, 0, 0,111}
u ₆	{0, 0, 0,235, 0,471, 0,235, 0,059}	{0, 0,059, 0,206, 0,324, 0,235, 0,176}	{0, 0,176, 0,294, 0,118, 0,294}	{0, 0, 0,353, 0,353, 0,235, 0,059}
u ₇	{0, 0, 0,263, 0,421, 0,211, 0,105}	{0, 0,105, 0,132, 0,29, 0,21, 0,263}	{0, 0,158, 0,237, 0,105, 0,263}	{0, 0,052, 0,369, 0,369, 0,105, 0,105}

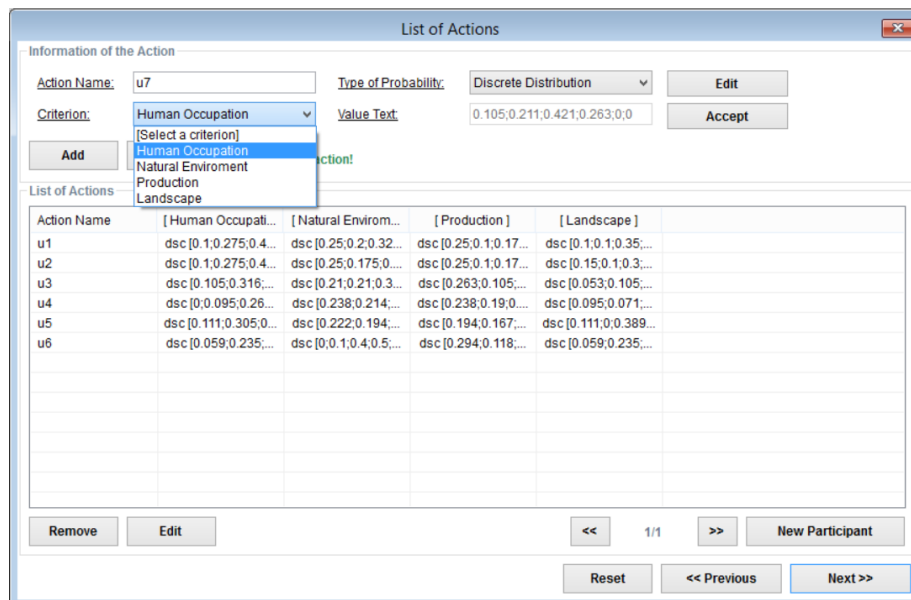
Πίνακας 7.4: Κατάταξη υποθετικών διαδρομών

Δράση	Κατάταξη
u ₁	1
u ₂	2
u ₃	3
u ₄	4
u ₅	5
u ₆	6
u ₇	7

Τα δεδομένα των πινάκων 7.2 – 7.4 εισάγονται στο σύστημα Τάλως και στη συνέχεια επιλύεται το πρόβλημα.

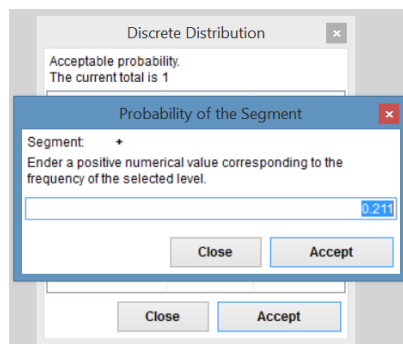
Στη συνέχεια πατώντας κλικ στο κουμπί «Next», περνάμε στο δεύτερο βήμα της διαδικασίας ορισμού των παραμέτρων του προβλήματος.

7.4 Προσθήκη δράσεων



Σχήμα 7.4: Φόρμα προσθήκης δράσεων

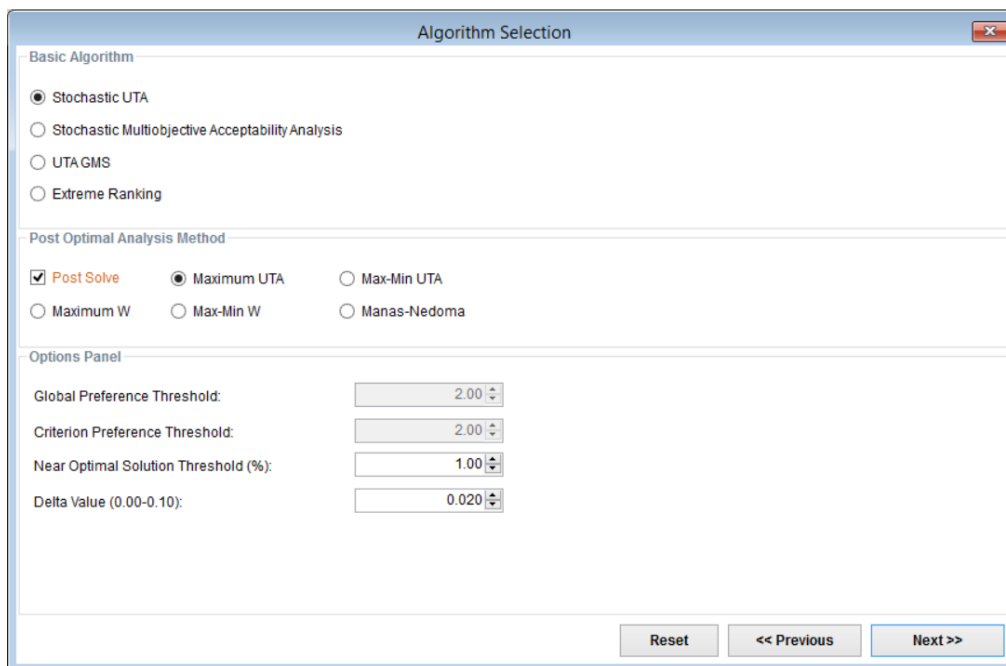
Ακολουθώντας την διαδικασία που φαίνεται στην εικόνα 8.4, προστίθενται όλες οι δράσεις του προβλήματος. Για να προστεθεί μια δράση ο χρήστης θα πρέπει να πληκτρολογήσει το όνομα της δράσης στο πεδίο «Action name». Στη συνέχεια, επιλέγοντας από τη λίστα κριτηρίων («Criterion») κάθε ένα κριτήριο θα πρέπει να ορισθεί ο τύπος της κατανομής («Type of probability») για τις πιθανότητες των εκτιμώμενων σημείων του κριτηρίου. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα επιλέγεται ο τύπος «Discrete distribution». Στην εικόνα 8.5 φαίνεται ο τρόπος ορισμού των πιθανοτήτων των εκτιμώμενων σημείων με βάση της κατανομή «Discrete distribution».



Σχήμα 7.5: Παράθυρο διαλόγου ορισμού των πιθανοτήτων για τα εκτιμώμενα σημεία του κριτηρίου

Στη συνέχεια πατώντας κλικ στο κουμπί «Next», περνάμε στο τρίτο βήμα της διαδικασίας ορισμού των παραμέτρων του προβλήματος.

7.5 Επιλογή αλγορίθμου



Σχήμα 7.6: Επιλογή αλγορίθμου

Στο βήμα αυτό γίνεται η επιλογή των αλγορίθμων που θα λύσουν το πρόβλημα. Οι αλγόριθμοι χωρίζονται σε βασικούς και σε αλγόριθμους μεταβελτιστοποίησης.

Ως βασικοί αλγόριθμοι έχουν επιλεγεί οι:

- Stochastic UTA
- Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis (SMAA)
- UTA GMS
- Extreme Ranking.

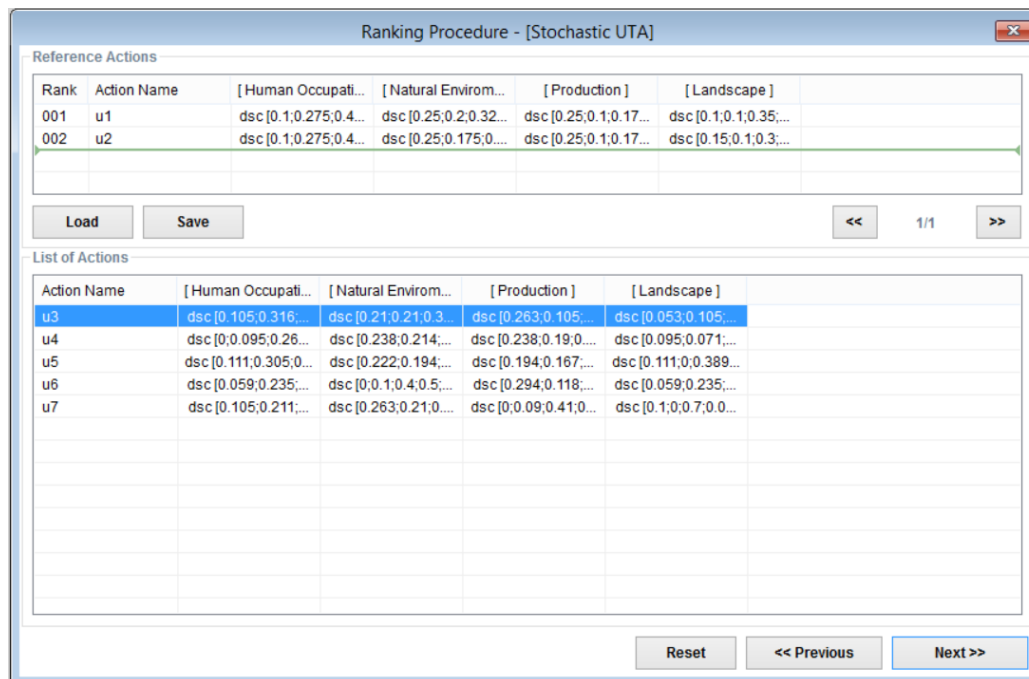
Όταν επιλεγεί η μέθοδος Stochastic UTA υπάρχει η δυνατότητα εύρεσης μεταβέλτιστων λύσεων με μια από τις παρακάτω μεθόδους:

- Maximum UTA
- Max-Min UTA
- Maximum W
- Max-Min W
- Manas-Nedoma

Η μέθοδος Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis κάνει ανάλυση μεταβελτιστοποίησης με τη μέθοδο Manas-Nedoma.

Η μέθοδος SMAA δε χρειάζεται κατάταξη δράσεων, και μετεφέρεται κατευθείαν στα αποτελέσματα πατώντας το κουμπί Next.

7.6 Κατάταξη δράσεων



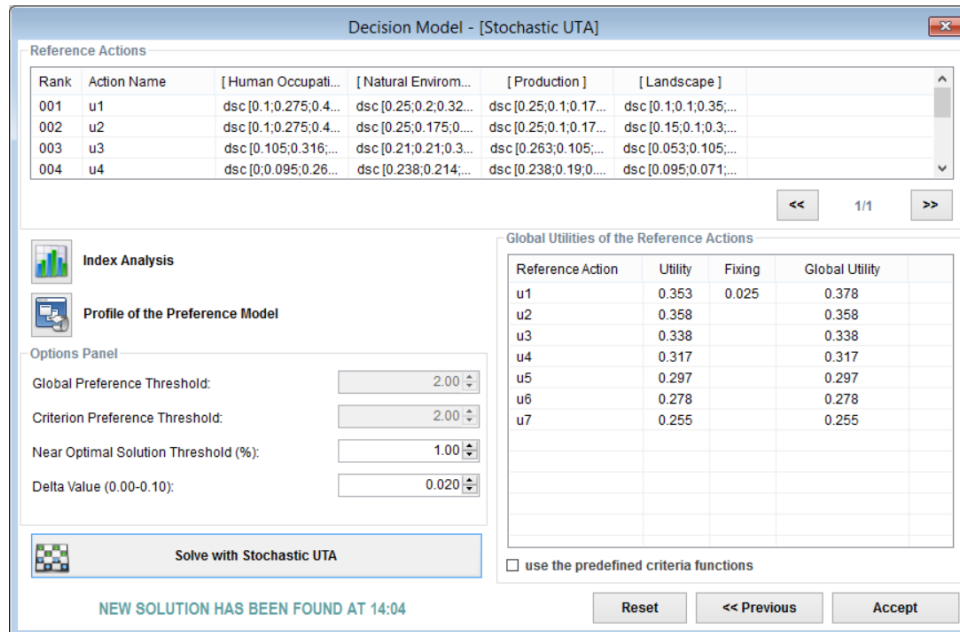
Σχήμα 7.7: Φόρμα κατάταξης δράσεων

Για να γίνει η κατάταξη των δράσεων, ο χρήστης θα πρέπει να κάνει drag 'n' drop σε κάθε μια δράση.

Στη συνέχεια πατώντας κλικ στο κουμπί «Next», περνάμε στο πέμπτο βήμα της διαδικασίας ορισμού των παραμέτρων του προβλήματος.

7.7 Επιλογή μοντέλου απόφασης

Αφού εισήχθησαν τα δεδομένα του προβλήματος στο σύστημα, ο χρήστης μπορεί να προχωρήσει στην επίλυση αυτού. Η εικόνα παρακάτω δείχνει την τελική φόρμα στην οποία παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία του προβλήματος.

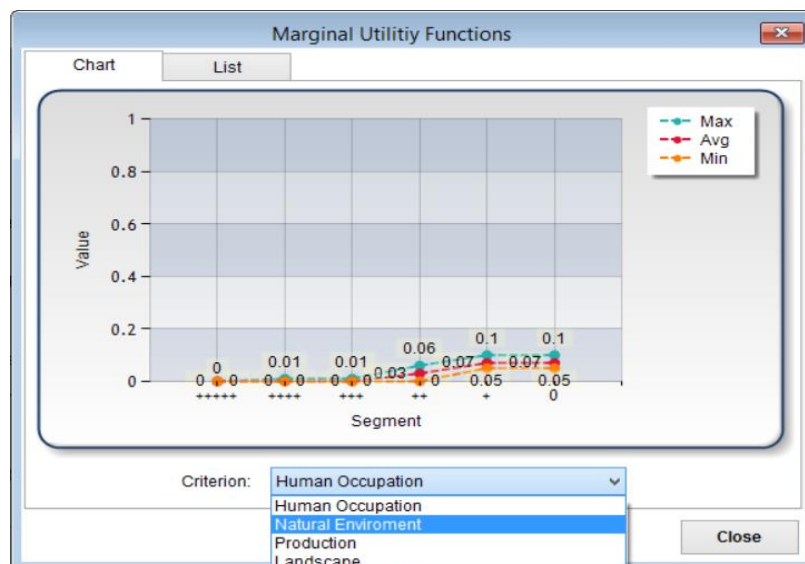


Σχήμα 7.8: Επιλογή μοντέλου απόφασης

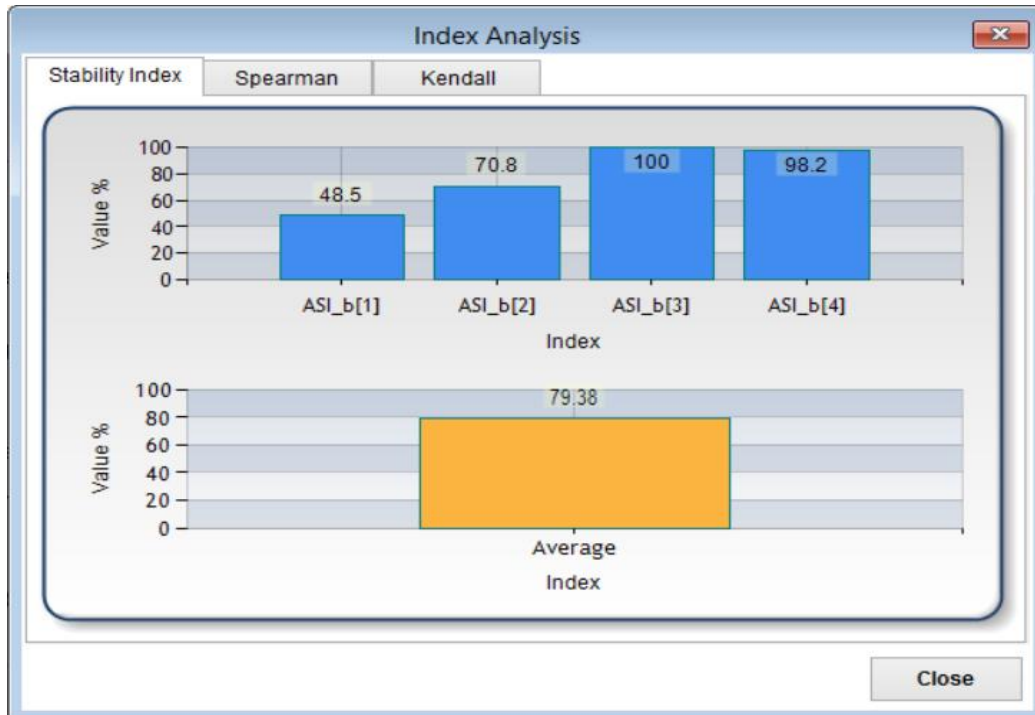
Για να επιλυθεί το πρόβλημα, ο χρήστης θα πρέπει να πατήσει το κουμπί «Solve» ($\delta = 0.02$, $k = 1\%$). Οι συναρτήσεις χρησιμότητας των κριτηρίων παρουσιάζονται στην εικόνα 8.8.

Στη μέθοδο Stochastic UTA εμφανίζονται τα κουμπιά Index Analysis και Profile of the Preference Model.

Το Index Analysis, προβάλλει αντίστοιχη φόρμα με τους δείκτες Stability Index, Spearman και Ταυ του Kendall.



Σχήμα 7.9: Συναρτήσεις χρησιμότητας των κριτηρίων

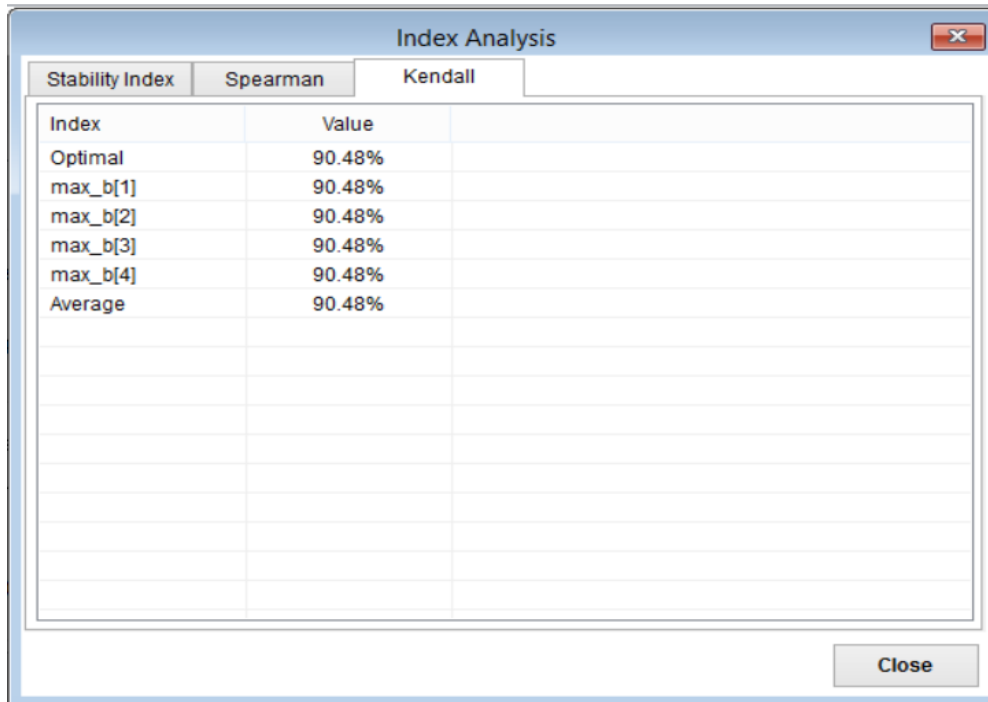


Σχήμα 7.10: Stability index

The screenshot shows the 'Index Analysis' window with the 'Spearman' tab selected. It displays a table with two columns: 'Index' and 'Value'. The values for all indices are 96.43%.

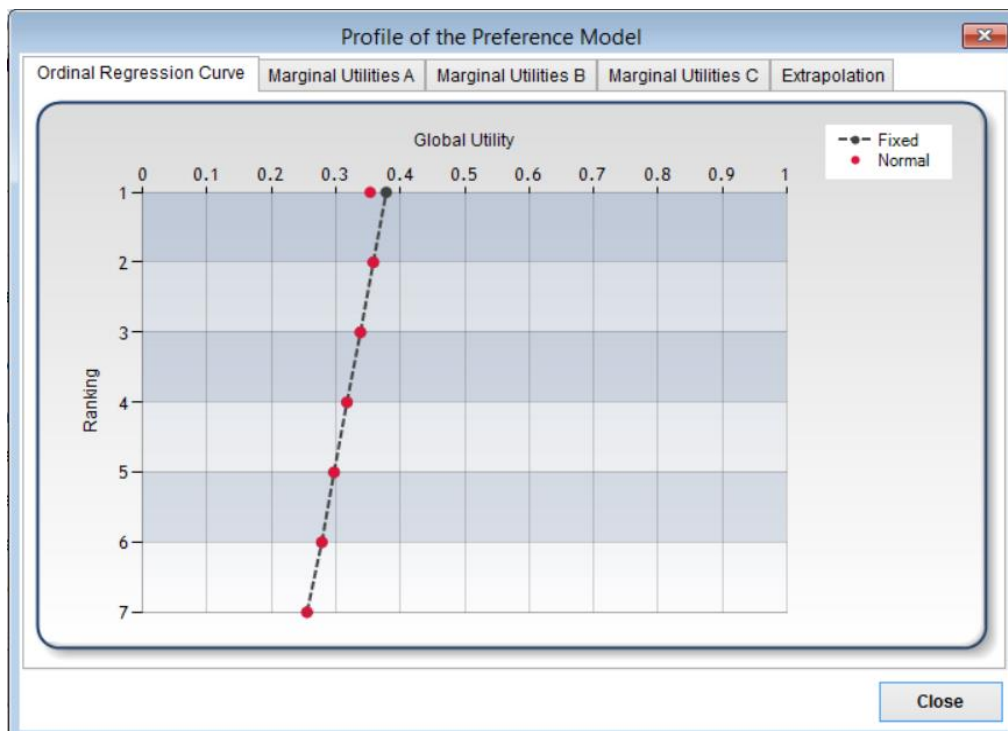
Index	Value
Optimal	96.43%
max_b[1]	96.43%
max_b[2]	96.43%
max_b[3]	96.43%
max_b[4]	96.43%
Average	96.43%

Σχήμα 7.11: Spearman index

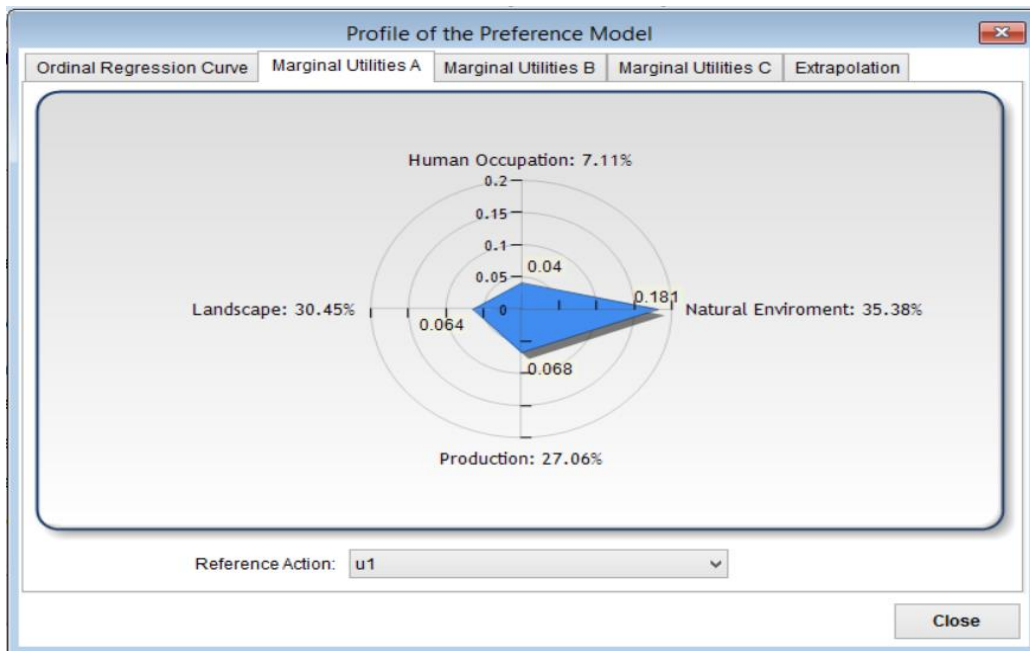


Σχήμα 7.12: Kendall's τ index

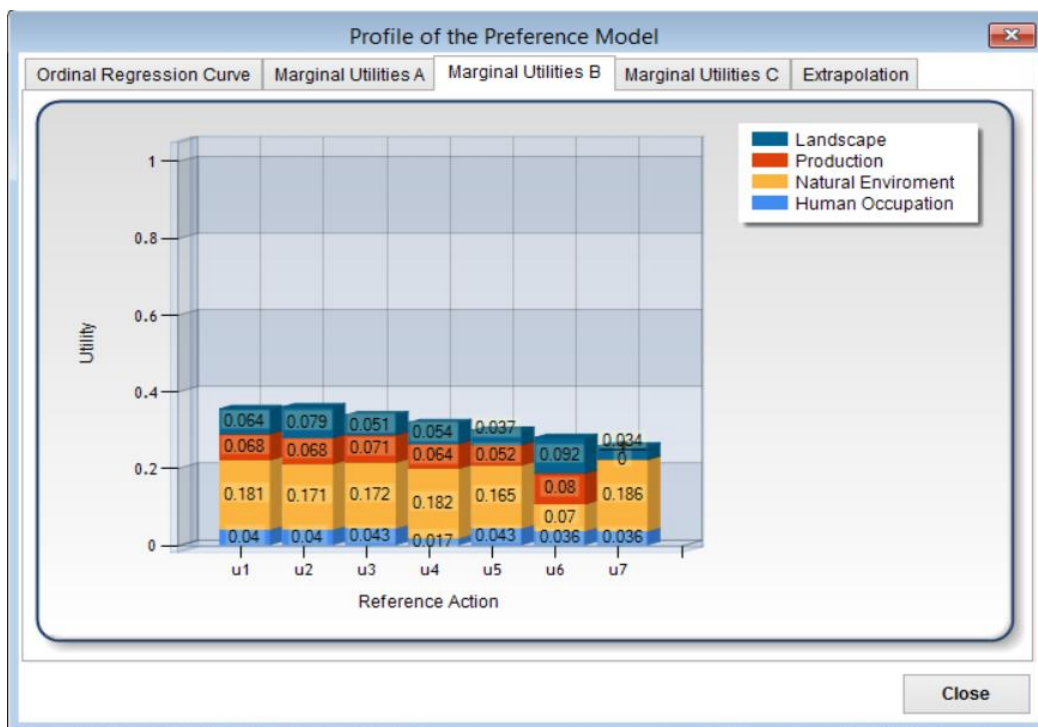
Το Profile of the Preference Model, προβάλλει το μοντέλο απόφασης του αποφασίζοντα.



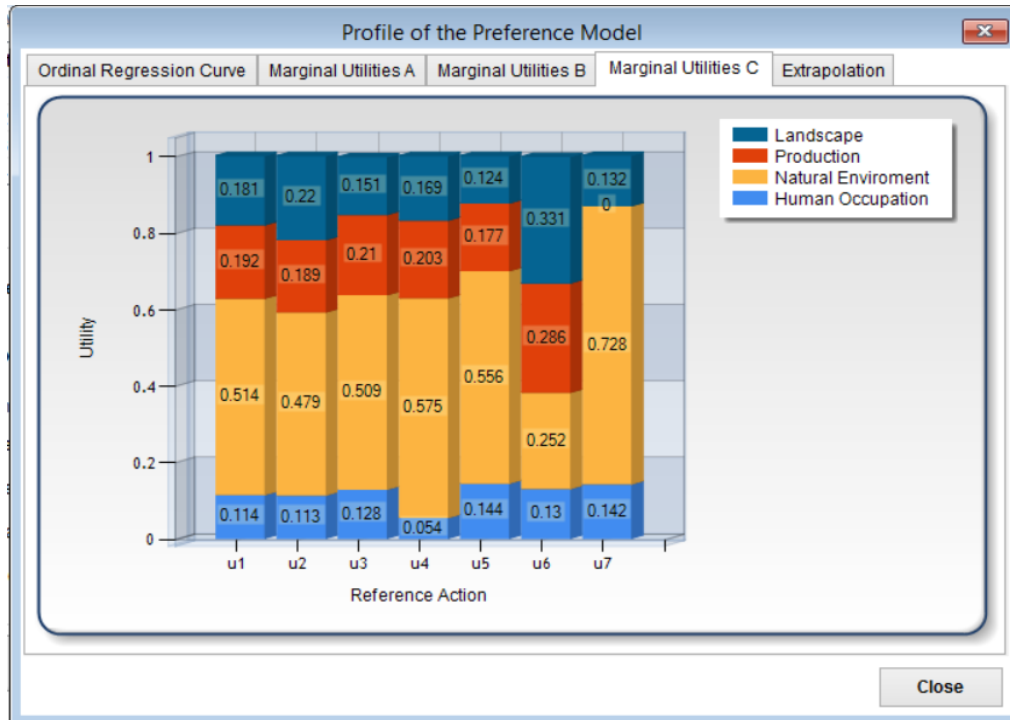
Σχήμα 7.13: Ordinal regression curve



Σχήμα 7.14: Marginal utilities A (radar chart)



Σχήμα 7.15: Marginal utilities B



Σχήμα 7.16: Marginal utilities C (κανονικοποιημένες στη μονάδα)

Αφού γίνει accepted το μοντέλο απόφασης, η τελευταία φόρμα δείχνει την ολική χρησιμότητα όλων των εναλλακτικών δράσεων.

Action Name	Global Utility
u1	1.000
u3	1.000
u4	1.000
u6	1.000
u5	0.989
u2	0.980
u7	0.958

Σχήμα 7.17: Επέκταση αξιολόγησης δράσεων

Βιβλιογραφία

- Anestis, G., E. Grigoroudis, E. Krassadaki, N. Matsatsinis, and Y. Siskos (2006). Skills Evaluator: a multicriteria decision support system for the evaluation of qualifications and skills in Information and Communication Technologies, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Special Issue: Special Issue International Society on Multiple Criteria Decision Making, 18th Conference Chania, Greece, 14 (1-3), 21-34.
- Bana e Costa, C.A., J.-M. De Corte, and J.-C. Vansnick (2005). On the mathematical foundation of MACBETH, in: Figueira, J., S. Greco, and M. Ehrgott (eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York, 409-442.
- Beuthe, M., L. Eeckhoudt, and G. Scannella (2000). A practical multicriteria methodology for assesing risky public investments, *Socio-Economic Planning Sciences*, 34, 121-139.
- Figueira J., V. Mousseau, and B. Roy (2005). ELECTRE methods, in: Figueira, J., S. Greco, and M. Ehrgott (eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York, 133-162.
- Figueira, J., S. Greco, M. Ehrgott (eds.) (2005). *Multiply Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York.
- Jacquet-Lagrèze, E. and J. Siskos (1982). Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making: The UTA method, *European Journal of Operational Research*, 10 (2), 151-164.
- Jacquet-Lagrèze, E. and Y. Siskos (2001). Preference disaggregation: 20 years of MCDA experience, *European Journal of Operational Research*, 130 (2), 233-245.
- Jacquet-Lagrèze, E., and Y. Siskos (1982). Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method, *European Journal of Operational Research*, 10, 151-164.
- Jacquet-Lagrèze, E., and Y. Siskos (2001). Preference disaggregation: twenty years of MCDA experience, *European Journal of Operational Research*, 130, 233-245.
- Kadziński, M., S. Greco, and R. Słowiński (2012). Extreme ranking analysis in robust ordinal regression, *Omega*, 40 (4), 488-501.
- Keeney, R. L., and H. Raiffa (1976). *Decisions with Multiply Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, Wiley, New York.
- Lahdelma, R., J. Hokkanen, and P. Salminen (1998). SMAA - Stochastic multiobjective acceptability analysis, *European Journal of Operational Research*, 106 (1), 137-143.
- Roy, B. and P. Vincke (1981). Multicriteria analysis: Survey and new directions, *European Journal of Operational Research*, 8, 207-218.
- Scannella, G. (2001). *Multicriteria Assessment of Uncertain Projects with UTA and Quasi-UTA Approaches*, PhD thesis, FUCAM, Belgium.

- Siskos Y., A Spyridakos, and D. Yannacopoulos (1993). MINORA: A multicriteria decision aiding for discrete alternatives, *Journal of Information Science and Technology*, 2, 136-149.
- Siskos, J. and N. Asimakopoulos (1989). Multicriteria highway planning: A case study, *Mathematical and Computer Modelling*, 12 (10-11), 1401-1410.
- Siskos, Y., E. Grigoroudis, and N. F. Matsatsinis (2005). UTA methods, in: Figueira, J., S. Greco, and M. Ehrgott (eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York, 297-343.
- Γρηγορούδης, Β. και Γ. Σίσκος (2000). *Ποιότητα Υπηρεσιών και Μέτρηση Ικανοποίησης του Πελάτη*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Γρηγορούδης, Ε., Γ. Σίσκος και Ν.Φ. Ματσατσίνης (2004). Η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση και οι μέθοδοι UTA, στο: Γρηγορούδης, Ε., Μ. Δούμπος, Κ. Ζοπουνίδης και Ν.Φ. Ματσατσίνης (επιμέλεια), *Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων: Μεθοδολογικές Προσεγγίσεις και Εφαρμογές*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, 45-76.
- Δημητριάδης, Α. (2007). *Διοίκηση – Διαχείριση Πληροφοριακών Συστημάτων*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Δημητριάδης, Α., Χ. Κοίλιας, και Α. Κώστας (2005). *Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας στη Σύγχρονη Επιχείρηση*, 2η Έκδοση, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Σίσκος Ι. (2002). *Γραμμικός Προγραμματισμός*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Σίσκος Ι. (2008). *Μοντέλα Αποφάσεων*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Σπυριδάκος, Α. (1996). *Ένα Ολοκληρωμένο Ευφύες και Αλληλεπιδραστικό Πολυκριτήριο Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων*, Διδακτορική Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά